Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: J. Biethahn† • L. M. Kolbe • M. Schumann

Shanna Appelhanz

Tracking & Tracing-Systeme in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe

Band 81

Cuvillier Verlag Göttingen

Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Göttinger Wirtschaftsinformatik
Herausgeber: J. Biethahn† · L. M. Kolbe · M. Schumann

Band 81

Shanna Appelhanz

Tracking & Tracing-Systeme in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe

CUVILLIER VERLAG

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Herausgeber

Prof. Dr. J. Biethahn† Prof. Dr. L. M. Kolbe Prof. Dr. M. Schumann

Georg-August-Universität
Wirtschaftsinformatik
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.
1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2016
Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2015

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2016
Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen
Telefon: 0551-54724-0
Telefax: 0551-54724-21

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.
1. Auflage, 2016
Gedruckt auf umweltfreundlichem, säurefreiem Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

ISBN 978-3-7369-9207-8
eISBN 978-3-7369-8207-9

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Tracking & Tracing-Systeme in Wertschöpfungsnetzweken für die industrielle stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe

Dissertation

zur Erlangung des wirtschaftswissenschaftlichen Doktorgrades der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Göttingen

vorgelegt von

M.Sc. in Wirtsch.-Inf. Shanna Appelhanz

geboren in Prokopjewsk, Russland

Göttingen, 2015

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Erstgutachter:	Prof. Dr. Matthias Schumann
Zweitgutachter:	Prof. Dr. Jutta Geldermann
Weitere Mitglieder der Prüfungskommission:	
	Prof. Dr. Carsten Mai
Tag der mündlichen Prüfung:	17.12.2015

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Geleitwort

von Prof. Dr. Matthias Schumann

Will man nachwachsende Rohstoffe stärker als bisher für die industrielle Produktion nutzen, so ist man damit konfrontiert, dass diese bzgl. ihrer verfügbaren Menge, der jeweiligen Qualität und der zeitlichen Verfügbarkeit Unsicherheiten unterliegen. Dieses erfordert besondere Beachtung in Planungsprozessen und kann in ungünstigen Fällen dazu führen, dass andere Rohstoffe als Einsatzmaterialien verwendet werden. Die notwendigen Planungsprozesse erhöhen sich noch einmal in ihrer Komplexität, wenn eine kaskadenartige Nutzung der nachwachsenden Rohstoffe vorgesehen ist, um eine möglichst optimale Nutzung der nachwachsenden Rohstoffe zu erreichen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob Tracking & Tracing-Systeme in Wertschöpfungsnetzwerken, in denen nachwachsende Rohstoffe verwendet werden, einen Beitrag leisten können, die genannten Unsicherheiten abzuschwächen oder ob die aus solchen Systemen bereitgestellten Daten helfen, Planungen pro-aktiver zu gestalten, um die Risiken angemessen berücksichtigen zu können. Frau Appelhanz nimmt dazu eine differenzierte Analyse der Wertschöpfungsketten von der Ernte der Agrarprodukte oder dem Holzeinschlag in den Wäldern bis zu Produkten für Konsumenten oder die industrielle Produktion vor. Ausgangspunkt bildet dabei der aktuelle State-of-the-Art in der wissenschaftlichen Literatur sowie im praktischen Einsatz. Die Arbeit konzentriert sich auf Lignocellulose-basierte nachwachsende Rohstoffe. Ein erster Schritt ist dabei die Frage, welche Möglichkeiten zur eindeutigen Produktkennzeichnung gegeben sind, auch unter Berücksichtigung von Produktteilungen oder Mischungen.

Für die holzbasierten Wertschöpfungsketten schließen sich nun drei konkrete Anwendungsfelder an, die differenziert betrachtet werden. So wird anhand einer Konsumentenbefragung u. a. dargelegt, welche Produktinformationen Konsumenten am Beispiel von Holzregalen honorieren, die über Tracking & Tracing-Systeme bereitgestellt werden können. Es wird nun ein Referenzmodell erarbeitet, mit dem anhand von vier Modellebenen die relevanten Tracking & Tracing-Systeme schrittweise konzipiert werden. Es werden detailliert die Traceability Resource Units und zugehörigen Rückverfolgbarkeitsmethoden definiert, die fachliche Ebene differenziert und die Infrastrukturebene behandelt. Das Konzept wird jeweils mit einem Datenmodell veranschaulicht. Im ersten Schritt wird die Holzmöbel-Supply Chain untersucht, bei der im B2B-Bereich Beschaffungsunsicherheiten zu reduzieren sind und für die Konsumenten die nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes nachgewiesen werden soll. Dieses Konzept wird dann um die Chain of Custody-Zertifizierung ergänzt sowie schließlich mit einem Beispiel zur Erfüllung gesetzlicher Vorgaben für die Rückverfolgbarkeit von Verpackungseinsatzstoffen abgerundet. Dieses führt zu einer schrittweisen Erweiterung des Referenzmodells, einer Diskussion wer die relevanten Tracking & Tracing-Systeme betreiben soll sowie einer differenzierten Modellrechnung der jeweiligen Wirtschaftlichkeit einer solchen Lösung.

Mit dieser Arbeit wird damit erstmal eine umfassende Analyse und Aufarbeitung dieses Themas vorgenommen. Die vorgestellten Konzeptionen können als Grundlage für eine praktische Umsetzung entsprechender Lösungen dienen. Insofern wünsche ich der Autorin einen breiten Leserkreis, sowohl aus der Wissenschaft als auch aus der Praxis.

Göttingen, im Februar 2016 Matthias Schumann

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Tracking & Tracing-Systemen in Unternehmensnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen. Dabei wurden insbesondere eine Analyse der fachlichen Anforderungen durchgeführt und darauf basierend Gestaltungsempfehlungen erarbeitet, damit Tracking & Tracing-Systeme sowohl unter technischen als auch unter betriebswirtschaftlichen Aspekten von Unternehmen akzeptiert werden. Die Idee zu diesem Thema entstand, ebenso wie die Arbeit selbst, während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin im DFG-Graduiertenkolleg 1703 und an der Professur für Anwendungssysteme und E-Business der Georg-August-Universität Göttingen. Im Dezember 2015 wurde die Arbeit von der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät als Dissertation angenommen. An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich in dieser Zeit begleitet haben und die durch Anregungen, Ratschläge, lebendige Diskussionen sowie Kritik zum erfolgreichen Abschluss dieser Promotion beigetragen haben.

Der erste Dank gebührt meinem Doktorvater, Prof. Dr. Matthias Schumann, für die Gelegenheit zur Promotion, die gewährte akademische Freiheit und für zahlreiche Anregungen und Hinweise während der Fertigstellung der Dissertation. Mein Dank gilt auch meiner Zweitprüferin, Prof. Dr. Jutta Geldermann, für interessante Gespräche und die gute Zusammenarbeit bei Publikationen im Rahmen des DFG-Graduiertenkollegs 1703. Ebenso gilt mein Dank Prof. Dr. Carsten Mai für das Übernehmen der Rolle als Drittprüfer der Disputation.

Wesentlich zum Gelingen der Promotion haben Kollegen an der Professur für Anwendungssysteme und E-Business beigetragen. Sebastian Rohmann, Aaron Mengelkamp, Björn Pilarski, Dr. Stefan Friedemann, Dr. Christian Tornack, Janne Kleinhans, Sebastian Hobert, Jasmin Decker, Nils Thonemann und Pascal Freier standen jederzeit für Diskussionen und Fragen zur Verfügung und haben durch ihren großen Teamgeist zu einer angenehmen Arbeitsatmosphäre beigetragen. Ebenso gilt mein Dank unserem Sekretariat, vertreten durch Maria Wiederhold und Nicole Fiedler, die viele Dinge des Tagesgeschäftes unkomplizierter gemacht haben und gute Freundinnen geworden sind.

Besonderer Dank geht an die Teilprojektleiter und Kollegiaten im Graduiertenkolleg 1703. Uns verbinden nicht nur mehrere Diskussionen, sondern auch die gemeinsamen Publikationen. Besonders möchte ich mich bei meinen Co-Autoren Prof. Dr. Waldemar Toporowski, Sebastian Ludorf, Mohammad Sadegh Taskhiri und meiner Tandempartnerin Victoria-Sophie Osburg bedanken. Zu großem Dank verpflichtet bin ich auch Kristin Golombek und Meike Schmehl, die mir bei organisatorischen Angelegenheiten geholfen haben.

Der größte Dank gilt jedoch meinen Eltern, welche mich mein gesamtes Leben lang unterstützt haben und durch alle Phasen der Promotion ein unverzichtbarer Rückhalt für mich waren. Ich möchte mich bei ihnen für ihr großes Interesse an meiner persönlichen und beruflichen Entwicklung bedanken. Ihnen möchte ich daher diese Arbeit widmen.

Göttingen, im Februar 2016 Shanna Appelhanz

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Inhaltsüberblick

Inhaltsverzeichnis III

Abbildungsverzeichnis VII

Tabellenverzeichnis IX

Abkürzungsverzeichnis XI

1 Einleitung 1

2 Grundlagen 9

3 Stand der Forschung zu Tracking & Tracing-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen 45

4 Untersuchung der Potenziale von Tracking & Tracing-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen 65

5 Konzeption von Tracking & Tracing-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen 119

6 Fazit und Ausblick 205

Anhang 213

Literaturverzeichnis XV

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis ..... **VII**

Tabellenverzeichnis ..... **IX**

Abkürzungsverzeichnis ..... **XI**

1 Einleitung **1**

1.1 Motivation und Problemstellung 1
1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen 2
1.3 Positionierung und Forschungsmethodik 5
1.4 Gang der Untersuchung 6

2 Grundlagen **9**

2.1 Nachwachsende Rohstoffe 9
2.1.1 Definition 9
2.1.2 Klassifizierung 10
2.1.3 Eingrenzung der betrachteten Rohstoffe 13
2.2 Beschreibung des Einsatzbereiches 14
2.2.1 Industrien der Wertschöpfungskette für Lignocellulose-basierte nachwachsende Rohstoffe 14
2.2.2 Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen 20
2.2.3 Besondere Charakteristika der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen 22
2.2.3.1 Besondere Charakteristika von NawaRo 22
2.2.3.2 Organisatorische Strukturen von Wertschöpfungsnetzwerken 24
2.2.3.3 Illegaler Holzeinschlag 25
2.3 Tracking & Tracing-Systeme 26
2.3.1 Definitionen 26
2.3.2 Kernbereiche von Tracking & Tracing-Systemen 30
2.3.3 Klassifizierung von Tracking & Tracing-Systemen 33
2.3.4 Rückverfolgbarkeitsmethoden für kontinuierliche und diskontinuierliche Prozesse 36
2.3.5 Gründe für die Einrichtung von Tracking & Tracing-Systemen 40

3 Stand der Forschung zu Tracking & Tracing-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen **45**

3.1 Vorgehensweise bei der Literaturauswertung 45
3.2 Ergebnisse der systematischen Literaturanalyse 47
3.2.1 Forschung über Kernbereiche von Tracking & Tracing-Systemen 48

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

3.2.1.1 Identifikation und Datenerfassung 48
3.2.1.2 Datenverknüpfung und -kommunikation 52
3.2.2 Forschung über die Gründe für die Einrichtung von Tracking & Tracing-Systemen 53
3.2.3 Pilotprojekte und Implementierung von kompletten Tracking & Tracing-Systemen 56
3.2.3.1 Pilotprojekte in der Rundholz-Supply Chain: Tracking & Tracing-Systeme im Kampf gegen illegalen Holzeinschlag 56
3.2.3.2 Pilotprojekte in der Rundholz-Supply Chain: Nutzung von Tracking & Tracing-System-Daten zur Verbesserung der Rundholz-Supply Chain 58
3.2.3.3 Pilotprojekte außerhalb der Rundholz-Supply Chain 61
3.3 Diskussion über Forschungslücken 62

4 Untersuchung der Potenziale von Tracking & Tracing-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen 65

4.1 Unterstützung der Zertifizierungsprozesse – IT-gestützte Chain-of-Custody 65
4.1.1 Darstellung des Konzeptes der CoC-Zertifizierung 65
4.1.2 Schwachstellen der praktischen Umsetzung 69
4.1.3 Ableiten von Anforderungen an Tracking & Tracing-Systeme 72
4.2 Nutzen von Daten aus Tracking & Tracing-Systemen in B2C- und B2B-Bereichen 75
4.2.1 Nutzen im B2C-Bereich: Erfüllung der Kundenanforderungen bezüglich Produktinformationen 75
4.2.1.1 Untersuchungsgegenstand und -ziel 76
4.2.1.2 Vorgehensweise 77
4.2.1.3 Auswertung der empirischen Untersuchung 81
4.2.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse und Ableiten von Anforderungen an Tracking & Tracing-Systeme 85
4.2.2 Nutzen im B2B-Bereich: Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten in der Stammholz-Supply-Chain 88
4.2.2.1 Untersuchungsgegenstand und -ziel 88
4.2.2.2 Vorgehensweise 90
4.2.2.3 Auswertung der empirischen Untersuchung 92
4.2.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse und Ableiten von Anforderungen an Tracking & Tracing-Systeme 100
4.3 Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben 101
4.3.1 Systematisierung der gesetzlichen Rückverfolgbarkeitsvorgaben 102
4.3.2 Rückverfolgung von Lebensmittelverpackungen 105
4.3.2.1 Untersuchungsgegenstand 106
4.3.2.2 Gesetzliche Pflichten 108
4.3.2.3 Analyse der praktischen Umsetzung der Pflichten anhand von branchenspezifischen Leitfäden 110
4.3.2.4 Ableiten von Anforderungen an Tracking & Tracing-Systeme 115
4.4 Zusammenfassung der Anforderungen 117

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

5 Konzeption von Tracking & Tracing-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen 119

5.1 Tracking & Tracing-Systeme für die Bereitstellung der Produktinformationen am Beispiel Holzmöbel 120
5.1.1 Informatisierung der Supply Chain für Holzmöbel 120
5.1.1.1 Beschreibung der Supply Chain für Holzmöbel 121
5.1.1.2 Datenerfassung entlang der Supply Chain für Holzmöbel 122
5.1.1.2.1 Festlegung der Traceable Resource Units und zugehörigen Rückverfolgbarkeitsmethoden entlang der Supply Chain für Holzmöbel 123
5.1.1.2.2 Festlegung der Datenstandards 126
5.1.1.2.3 Infrastrukturebene 127
5.1.1.3 Datenverknüpfung 129
5.1.1.4 Systemarchitektur 133
5.1.2 Kosten-Nutzen-Verhältnisse für Tracking & Tracing-Systeme für die Bereitstellung von Produktinformationen 138
5.1.2.1 Aufstellung des Kosten-Nutzen-Modells 139
5.1.2.2 Anwendungsfall 144
5.1.3 Diskussion 151
5.1.3.1 Umsetzung der Anforderungen 153
5.1.3.2 Diskussion über getroffene Annahmen 153
5.1.3.3 Herausforderungen 156
5.2 Tracking & Tracing-Systeme für die Unterstützung der CoC-Zertifizierung am Beispiel Holzmöbel 157
5.3 Tracking & Tracing-Systeme für die Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten in der Stammholz-Supply-Chain 162
5.3.1 Informatisierung der Stammholz-Supply Chain 163
5.3.2 Kosten-Nutzen-Verhältnisse für Tracking & Tracing-Systeme für die Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten 172
5.3.2.1 Anpassung des Kosten-Nutzen-Modells 173
5.3.2.2 Anwendungsfall 175
5.3.3 Diskussion 177
5.4 Tracking & Tracing-Systeme für die Rückverfolgbarkeit von papierbasierten Lebensmittelverpackungen 179
5.4.1 Informatisierung der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen 179
5.4.1.1 Datenerfassung entlang der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen 179
5.4.1.2 Datenverknüpfung 184
5.4.1.3 Integration, Kommunikation und Applikation 186
5.4.2 Nutzeffekte durch den Einsatz von Tracking & Tracing-Systemen in der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen 189
5.4.3 Diskussion 193
5.5 Aggregation der erarbeiteten Modelle 195

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

5.5.1 Systemarchitektur ... 196
5.5.2 Kosten-Nutzen-Verhältnisse durch den Einsatz von Tracking & Tracing-Systemen ... 200
5.5.3 Herausforderungen ... 203

6 Fazit und Ausblick ... 205

6.1 Zusammenfassung ... 205
6.2 Implikationen für Praxis und Wissenschaft ... 210
6.3 Ausblick ... 211

Anhang ... 213

Anhang A: Darstellung der Markertechnologien für die Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo ... 213
Anhang B: Auflistung der identifizierten Quellen ... 214
Anhang C: Seidels Fallstudienbeschreibung ... 216
Anhang D: Kauls State-of-the-Art-Analyse von Rückverfolgbarkeitssystemen ... 218
Anhang E: Komponenten der IK-Systemarchitektur ... 219
Anhang F: Kommerzielle Tracking & Tracing-Systeme ... 220
Anhang G: Gesamteuropäische Kriterien und Indikatoren zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung ... 222
Anhang H: Die ausgewählten Produktinformationen, deren Abkürzungen und Referenzen ... 225
Anhang I: Umfrage zu Produktinformationen ... 226
Anhang J: Umfrage zu Beschaffungsunsicherheiten bei Rundholz/Stammholz-verarbeitern ... 235
Anhang K: Beschreibung der Partnerschaftsstrategien in Supply Chains ... 241
Anhang L: Produktsicherheitsrichtlinien ... 242
Anhang M: Holzhandelsrichtlinien ... 245
Anhang N: Richtlinien über genetisch veränderte Organismen ... 250
Anhang O: Verbände, die an der Entwicklung des JRC-Leitfadens mitgewirkt haben ... 252
Anhang P: Prinzipien des EPC-Konzeptes ... 253
Anhang Q: Middleware ... 254
Anhang R: Hardware-Ausstattung in der Supply Chain für Holzmöbel ... 257
Anhang S: Auflistung der Modellparameter ... 258
Anhang T: Auswirkungen der Parameteränderungen auf den Kapitalwert der TTS-Investitionen ... 261
Anhang U: Zusammenfassung der Antworten auf die Fragen während der Konzeption auf Basis der Vier-Schichten-Systemarchitektur ... 262

Literaturverzeichnis ... XV

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Gang der Untersuchung 8
Abbildung 2-1: Kaskadennutzung von NawaRo 10
Abbildung 2-2: Lignocellulose-basierte Wertschöpfungskette 15
Abbildung 2-3: Industrien der Wertschöpfungskette „Lignocellulose“ mit zugehörigen Materialflüssen 16
Abbildung 2-4: Produktanteile am Produktionsvolumen von Papier, Pappe und Karton 18
Abbildung 2-5: Verpackungsmarkt in Deutschland im Jahr 2010 19
Abbildung 2-6: Tracking & Tracing entlang der Lignocellulose-basierten Wertschöpfungskette 27
Abbildung 2-7: Transformationsprozesse 29
Abbildung 2-8: Zusammenhang zwischen den Begriffen 30
Abbildung 2-9: Kernbereiche von T & T-Systemen 32
Abbildung 2-10: Konzepte der Datenhaltung in T & T-Systemen 36
Abbildung 2-11: Arten und Quellen von Abweichungen bei NawaRo 43
Abbildung 3-1: Verwendete Suchbegriffe der Literaturrecherche 46
Abbildung 3-2: Quellenstruktur der identifizierten Literatur (N=78) 47
Abbildung 3-3: Nutzen von T & T-Systemen im B2B-Bereich 55
Abbildung 3-4: Architektur der Plattform zur Verbesserung des Rundholzstransportes 59
Abbildung 3-5: Komponenten des APDS 62
Abbildung 4-1: Beispiel für die vollständige Chain-of-Custody 67
Abbildung 4-2: Schwachstellen der praktischen Umsetzung der CoC-Zertifizierung und darauf basierende Anforderungen an T & T-Systeme 74
Abbildung 4-3: Vier-Schichten-Systemarchitektur eines integrierten T & T-Systems 75
Abbildung 4-4: Komponentendiagramm im rotierten Raum 83
Abbildung 4-5: Streudiagramm der vier identifizierten Konsumentensegmente 84
Abbildung 4-6: Informationsabruf auf Basis der QR-Code mit verschlüsselten HTTP-URL der Webseite mit spezifischen Produktinformationen 87
Abbildung 4-7: Diffusion von Partnerschaftsstrategien (N=11, 15 Antworten) 93
Abbildung 4-8: Diffusion der technischen Unterstützung von Supply Chain-Aktivitäten (N=6, 10 Antworten) 94
Abbildung 4-9: Technische Unterstützung des Datenaustausches (N=20, 28 Antworten) 95
Abbildung 4-10: Relevanz von verschiedenen Unsicherheitsarten (N=44) 96
Abbildung 4-11: Häufigkeitsanalyse bzgl. negativer Folgen durch Beschaffungsunsicherheiten (N=25, 60 Antworten) 97
Abbildung 4-12: Häufigkeitsanalyse bezüglich qualitätsbezogenen Informationsitems (N=43, 415 Antworten) 99
Abbildung 4-13: Drei Säulen gesetzlicher Rückverfolgbarkeit in der Holzwirtschaft (EU- und nationale Ebene) 103
Abbildung 4-14: Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen 108
Abbildung 4-15: Papierherstellungsschritte mit Rückverfolgbarkeitsanweisungen 111

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Abbildung 4-16: Herstellungsschritte der Wellpappenverpackung mit Rückverfolgbarkeitsanweisungen 113
Abbildung 4-17: Verteilung der Empfehlungen zur Umsetzung der Rückverfolgbarkeit entlang der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen 116
Abbildung 4-18: Vier-Schichten-Systemarchitektur mit Fragen, die während der Umsetzung der integrierten T & T-Systeme zu klären sind 117
Abbildung 4-19: Zusammenfassung der Anforderungen an T & T-Systeme 118
Abbildung 5-1: Supply Chain für Holzmöbel 122
Abbildung 5-2: Beziehungen zwischen Bewegungs- und Transformationsdaten am Beispiel der Integration 131
Abbildung 5-3: Datenmodell des Systems in Form eines UML-Klassendiagramms 132
Abbildung 5-4: EPCIS-Schnittstellen 136
Abbildung 5-5: Systemarchitektur für ein T & T-System zur Befriedigung der identifizierten Konsumentenbedürfnisse nach Produktinformationen 138
Abbildung 5-6: Kosten und Nutzenpotenziale im Modell 140
Abbildung 5-7: Auswirkungen der Parameteränderungen auf den Kapitalwert der TTS-Investition 150
Abbildung 5-8: Erweiterung des Datenmodells 159
Abbildung 5-9: Informationsbedürfnisse der Stammholzverarbeiter an die vorherigen Stufen der Supply Chain 163
Abbildung 5-10: Datenfluss im Forstbetrieb 165
Abbildung 5-11: Datenfluss im Transportunternehmen 166
Abbildung 5-12: SCEM-Phasen 167
Abbildung 5-13: Übersicht über die SCEM-Komponenten 169
Abbildung 5-14: Beispiel für SCEM-Aktivitäten bei der Fehlmenge 170
Abbildung 5-15: Erweiterung des Datenmodells zum Zweck der Reduktion von Beschaffungsunsicherheiten bei Stammholzverarbeitern 172
Abbildung 5-16: Fließdiagramm der Prozesse in Zellstoff- und Papierherstellung 180
Abbildung 5-17: Erweiterung des Datenmodells nach JRC-Rückverfolgbarkeitsanweisungen 186
Abbildung 5-18: Komplettes Datenmodell eines T & T-Systems 198

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Beiträge der Arbeit zu Wissenschaft und Praxis 4
Tabelle 1-2: Methoden zur Beantwortung der Forschungsfragen 6
Tabelle 2-1: Ausgewählte Rohstoffe für die industrielle stoffliche Nutzung 11
Tabelle 2-2: Klassifizierungsmöglichkeiten von NawaRo 12
Tabelle 2-3: Auswahl der in der Arbeit zu analysierenden NawaRo 13
Tabelle 2-4: Ausgewählte T & T-System-Definitionen 29
Tabelle 2-5: Merkmale für die Klassifizierung von T & T-Systemen 34
Tabelle 2-6: Vergleich zwischen papierbasierten und elektronischen T & T-Systemen 34
Tabelle 2-7: Vergleich von Rückverfolgbarkeitsmethoden 40
Tabelle 3-1: Methodische Positionierung der Literaturreviews 45
Tabelle 3-2: Quellen zu technischen Aspekten von T & T-Systemen 47
Tabelle 3-3: Quellen zu betriebswirtschaftlichen Aspekten von T & T-Systemen 48
Tabelle 3-4: Strukturierung der Quellen mit Pilotprojekten nach dem Einsatzfeld und dem Einsatzgrund 56
Tabelle 4-1: Vorteile der Forstzertifizierung für verschiedene Interessenparteien 66
Tabelle 4-2: Phasen und Anforderungen an Identifizierung, Segregation und Dokumentation der zertifizierten Produktion bei der nicht-exklusiven CoC-Zertifizierung 69
Tabelle 4-3: Schwachstellen der praktischen Umsetzung der CoC-Zertifizierung 72
Tabelle 4-4: Deskriptive Statistik der Stichprobe 81
Tabelle 4-5: Auflistung der präsentierten Produktinformationen, Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD), deren Relevanz und Erklärungsbedürftigkeit 82
Tabelle 4-6: Vergleich der ipsatierten Produktinformationsmittelwerte innerhalb der vier Konsumentensegmente (bevorzugte Informationen sind fett hervorgehoben) 85
Tabelle 4-7: Kundenbedürfnisse nach Produktinformationen, welche Vertrauen in das Produkt fördern und die Kaufwahrscheinlichkeit erhöhen 86
Tabelle 4-8: Prozessschritte der Stammholz-Supply Chain 89
Tabelle 4-9: Partnerschaftsstrategien bezogen auf Unternehmensgröße 93
Tabelle 4-10: IS-Nutzung bezogen auf Unternehmensgröße 94
Tabelle 4-11: Datenaustausch bezogen auf Unternehmensgröße 95
Tabelle 4-12: Unsicherheiten bezogen auf Unternehmensgröße 96
Tabelle 4-13: Unsicherheiten bezogen auf die Reichweite des Liefergebiets 96
Tabelle 4-14: Unsicherheiten bezogen auf Partnerschaftsstrategien, Einsatz von IS und Datenaustausch 97
Tabelle 4-15: Deskriptive Statistik bezogen auf die Strategien zur Reaktion auf Unsicherheiten (N=45) 98
Tabelle 4-16: Deskriptive Statistik bezüglich der Relevanz von Vorabinformationen (N=45) 99
Tabelle 4-17: Beschreibung der Rückverfolgbarkeitsanweisungen für eine Papierfabrik 112
Tabelle 4-18: Beschreibung der Rückverfolgbarkeitsanweisungen für Wellpappenverpackungshersteller 113
Tabelle 4-19: Struktur der SSCC-Nummer nach VVK 114

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Tabelle 4-20: Datenelemente des Transportetiketts 115
Tabelle 5-1: Stufen der Supply Chain für Holzmöbel mit zugehörigen Prozessen und Materialflüssen 122
Tabelle 5-2: Verteilung der zu erfassenden Informationen entlang der Supply Chain für Holzmöbel 122
Tabelle 5-3: TRUs entlang der Supply Chain für Holzmöbel einschließlich Rückverfolgbarkeitsmethoden 126
Tabelle 5-4: Beschreibung der Hardwarekomponenten entlang der Supply Chain für Holzmöbel 129
Tabelle 5-5: Bevorzugte Informationen und deren Darstellung in dem Klassendiagramm 133
Tabelle 5-6: Modellparameter 142
Tabelle 5-7: Werte für Kostenparameter 145
Tabelle 5-8: Werte für Nutzenparameter 145
Tabelle 5-9: Parameterwerte für Szenarien: Bücherregale aus Vollholz (Szenario 1) und Bücherregale aus furnierten Spanplatten (Szenario 2) 146
Tabelle 5-10: Beispiele für die Berechnung des Kapitalwertes der T &T-Systeminvestitionen 147
Tabelle 5-11: Verteilung der Kosten und Einzahlungsüberschüsse (in €) entlang der Supply Chain für Holzmöbel 148
Tabelle 5-12: Zusammenfassende Darstellung der Konzeption des vorgeschlagenen Systems 152
Tabelle 5-13: Erfüllung der Anforderungen (T & T-Systeme im B2C-Bereich) 153
Tabelle 5-14: Steigerung der Kapitalwerte der T & T-Systeminvestition durch die Erweiterung der Lösungen zum Zweck der Verbesserung der CoC-Zertifizierung 162
Tabelle 5-15: Auflistung der relevanten Ereignisse und Regeln mit zugehörigen Aktivitäten 169
Tabelle 5-16: Zusätzliche Modellparameter 173
Tabelle 5-17: Parameterwerte – Stammholz-Supply Chain 176
Tabelle 5-18: Beispiel für die Berechnung des Kapitalwertes in der Stammholz-Supply-Chain 176
Tabelle 5-19: Kapitalwerte der T & T-Systeminvestitionen bei Forstbetrieben und Sägewerken im Fall „Massivholzmöbel“ beim Erschließen von B2C- und B2B-Effekten 177
Tabelle 5-20: Erfüllung der Anforderungen (T & T-Systeme in Stammholz-Supply-Chains) 178
Tabelle 5-21: Prozessvariablen für die Rückverfolgbarkeit während der Zellstoff- und Papierherstellung 181
Tabelle 5-22: TRUs entlang der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen einschließlich Rückverfolgbarkeitsmethoden 183
Tabelle 5-23: JRC-Rückverfolgbarkeitsanweisungen und ihre Umsetzung im Datenmodell für T & T-Systeme 185
Tabelle 5-24: Zusätzliche Modellparameter für die Darstellung der Rückrufkosten 190
Tabelle 5-25: Erfüllung der Anforderungen (T & T-Systeme in Supply Chains für papierbasierte Lebensmittelverpackungen) 194
Tabelle 5-26: Zusammenfassung der relevanten Nutzen und Kosten entlang des Wertschöpfungsnetzwerkes für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo 202

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Abkürzungsverzeichnis

AI	Application Identifier
APDS	Agrarwirtschaftlicher Prozess-Daten-Service
API	Application Programming Interface
ASP	Application Service Provider
Auto-ID	Automatische Identifikation
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Consumer
BI	Business Intelligenz
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BUIS	Betriebliches Umweltinformationssystem
CEFIC	Verband der Europäischen chemischen Industrie (von Französisch: Conseil Européen de l'Industrie Chimique)
CEPI	Confederation of European Paper Industries
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora
CITPA	International Confederation of Paper and Board Converters in Europe
CMS	Collaborative Messaging Service
CNC	Computer Numerical Control
CO_2	Kohlenstoffdioxid
CoC	Chain-of-Custody
CPFR	Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment
CSV	Comma Separated Values
DDS	Due Diligence System
DESADV	Despatch Advice Message
DeSH	Deutsche Säge- und Holzindustrie
DIN	Deutsche Industrienorm
DNA	Deoxyribonucleic Acid
DNS	Domain Name Service
DSS	Decision Support System
EAI	Enterprise Application Integration
EAN	European Article Number
EANCOM	European Article Number Communication
ECMA	European Carton Maker Association
ECR	Efficient Consumer Response
EDI	Electronic Data Interchange
eFIDS	Electronic Forestry Industry Data Standard

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

EG	Europäische Gemeinschaft
ELDAT	Elektronischer Datenaustausch
EN	Europäische Norm
EPC	Electronic Product Code
EPCIS	Electronic Product Code Information Service
ERP	Enterprise-Resource-Planning
ESB	Enterprise Service Bus
EU	Europäische Union
EUTR	European Union Timber Regulation
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
FBG	Forstbetriebsgemeinschaft
FEFCO	European Federation of Corrugated Board Manufacturers
FHPDAT	Forst Holz Papier Datenaustausch
FLEGT	Forest Law Enforcement, Governance and Trade
FMCG	Fast-Moving Consumer Goods
FPE	Flexible Packaging Europe
FSC	Forest Stewardship Council
GDTI	Global Document Type Identifier
GenTG	Gentechnikgesetz
GIAI	Global Individual Asset Identifier
GIS	Geografisches Informationssystem
GLN	Global Location Number
GPS	Global Positioning System
GS1	Global Standards One
GSM	Global System for Mobile Communications
GTIN	Global Trade Item Number
GVK	Gemeinsamer Verbundkatalog
GVO	Gentechnisch veränderte Organismen
HKS	Handelsklassensortierung
HolzSiG	Holzhandels-Sicherungs-Gesetz
HoWiLit	Holz-Wirtschaft-Literaturdatenbank
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IAD	Individual Associated Data
ICELT	Independent Certificate for European Log Transport
ID	Identifikationsnummer
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IFIS	Integrierte Forstliche Informationssysteme

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

IFN	Initiative Furnier + Natur e.V.
IK	Indisputable Key
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
ILN	International Location Number
IP	Internet Protocol
IS	Informationssystem
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnik
JIT	Just-In-Time
JRC	Joint Research Centre
JSTORE	Journal Storage
KKP	Kritische Kontrollpunkte
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LAS	Legality Assurance System
LCI	Life Cycle Inventory
LKW	Lastkraftwagen
M	Mittelwert
MDF-Platten	Mitteldichte Faserplatten
MEX	Mobile Exchange
MHS	Message Handling Service
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NVE	Nummer der Versandeinheit
OCP	Online Claims Platform
ONS	Object Name Service
OSB-Platten	Oriented Strand Board Platten
PDA	Personal Digital Assistant
PEFC	Program for the Endorsement of Forest Certification Schemes
PIS	Produktinformationssystem
POS	Point-of-Sale
ProdSG	Produktsicherheitsgesetz
PSMNR	Program for the Sustainable Management of Natural Resources
QR	Quick Response
RAPEX	Rapid Exchange of Information System
RASFF	Rapid Alert System Food and Feed
RFID	Radio Frequency Identification
RTD	Residence Time Distribution
RVR	Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

SaaS	Software as a Service
SCC	Supply Chain Configuration
SCE	Supply Chain Execution
SCEM	Supply Chain Event Management
SCOR-Modell	Supply-Chain-Operations Reference Modell
SCP	Supply Chain Planning
SD	Standardabweichung
SGTIN	Serialized Global Trade Item Number
SOA	Service Object Architecture
SSCC	Serial Shipping Container Code
StanForD	Standard for Forestry Data and Communication
T & T	Tracking und Tracing
TDIS	Timber Data Interchange System
TGN	Transport Group-Nummer
TGPN	Transport Group-Positionsnummer
TRU	Traceability Resource Unit
UHF	Ultra-High-Frequency
UML	Unified Modeling Language
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
VMI	Vendor Managed Inventory
VPA	Voluntary Partnership Agreements
VVK	Verband Vollpappe-Kartonage
WBV	Waldbesitzervereinigung
WLAN	Wireless Local Area Network
WORM	Write-Once-Read-More
WPC	Wood-Plastic-Composites
WTP	Willingness To Pay
WWF	World Wide Fund For Nature
WWW	World Wide Web
XML	Extended Markup Language

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

„Die Erkenntnis der Wirkung hängt von der Erkenntnis der Ursache ab und schließt dieselbe ein."
(Spinoza 1841, o. S.)

1 Einleitung

In den folgenden Abschnitten wird die Problemstellung der vorliegenden Arbeit dargestellt (Kapitel 1.1). Danach werden die Zielsetzungen formuliert (Kapitel 1.2), die Positionierung der Arbeit und die Forschungsmethodik dargestellt (Kapitel 1.3) sowie abschließend der Aufbau der Arbeit skizziert (Kapitel 1.4).

1.1 Motivation und Problemstellung

Nachwachsende Rohstoffe (NawaRo) wurden Jahrtausende lang als Brennstoffe, Baumaterialien und Rohstoffe zur Herstellung von Textilien, Papier, Medikamenten, Ölen, Farbstoffen etc. genutzt (vgl. FNR 2012, S. 5). In den letzten Jahren hat die Nutzung von NawaRo an Bedeutung gewonnen. Die Gründe für diesen Trend sind der „Beitrag von NawaRo zum Klima- und Umweltschutz, zur Einsparung von fossilen Rohstoffen, zur Verbreiterung der heimischen Rohstoffbasis und zur Stärkung ländlicher Räume" (BMELV 2009, S. 3). Somit kann mit der Verwendung von NawaRo ein ökologischer und ökonomischer Beitrag geleistet werden. So sind NawaRo Kohlenstoffdioxid (CO_2)-neutrale Rohstoffe, die als CO_2-Speicher agieren, sowohl die Materialsubstitution von Rohstoffen mit starker umweltbelastender Wirkung als auch die Energiesubstitution von fossilen Rohstoffen ermöglichen und für 100 % stoffliche und/oder energetische Verwertung stehen (vgl. Narodoslawsky 2003, S. 55). Zudem ist es durch die Verwirklichung der Kaskadennutzung von NawaRo möglich, den Zeitpunkt der CO_2-Emissionen bei der energetischen Verwertung durch die mehrfache stoffliche Nutzung zu verzögern (vgl. Fraanje 1997, S. 21 ff.; Kim/Song 2014, S. 199 ff.). Deutschland ist ein rohstoffarmes Land, weshalb sich Schwankungen der Rohstoffpreise in besonderem Maße auf die Wirtschaft auswirken (vgl. FNR 2010, S. 5 ff.). NawaRo können hierbei eine wesentliche Rolle spielen, weshalb die Bundesregierung 2009 einen Aktionsplan „zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe" veröffentlichte und in ihren „Nationalen Forschungsstrategien BioÖkonomie 2030" den strukturellen Wandel zu einer biobasierten deutschen Wirtschaft betont (vgl. BMBF 2010, S. 2). Holz ist dabei einer der am vielseitigsten genutzten NawaRo (vgl. Sathre/Gustavsson 2006, S. 332 ff.). Holz steht für eine stark verzweigte Wertschöpfungskette in Deutschland, deren Unternehmen in der Lage sind, einen Umsatz in Höhe von 180 Mrd. € zu erwirtschaften und 1,3 Mio. Menschen zu beschäftigen (vgl. DFWR o. Jg., S. 9). Zum größten Teil handelt es sich hier um inhabergeführte Familienbetriebe, die in ländlichen und infrastrukturschwachen Regionen angesiedelt sind.

Die Zusammenführung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekte macht es möglich, die Potenziale der stofflichen Nutzung von NawaRo zu verstehen. Jedoch ist es wichtig, bei der stofflichen Nutzung von NawaRo Besonderheiten zu berücksichtigen. Die typischen Besonderheiten sind die Abweichungen in Quantität, Qualität und Erntezeitpunkten von NawaRo (vgl. Friedemann

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

2014, S. 1; Geldermann 2012, S. 192; Saphores 2003, S. 509), hohe Risiken illegalen Holz-Einschlags (vgl. WWF o. Jg.) und Holzdiebstahls während der Lagerung sowie des Transportes (vgl. Kasturi 2005; Timbertheft o. Jg.), steigende Kundenanforderungen bzgl. der detaillierten Informationen über das Produkte aus NawaRo (vgl. Gleim et al. 2013, S. 44 ff.) usw. Diese Eigenschaften stellen die Wertschöpfungsnetzwerke vor Herausforderungen bzgl. des Überwachens, Steuerns und Verwaltens von Geschäftsprozessen. Aktuelle und detaillierte Daten über die Prozesse und Materialflüsse entlang der Wertschöpfung können dabei helfen, diesen Herausforderungen gerecht zu werden (vgl. Christopher 2005, S. 179 ff.). Als Datenlieferant und Enabler des effektiven Managements von Wertschöpfungsnetzwerken werden Tracking & Tracing (T & T)-Systeme genannt (vgl. Bretzke et al. 2002, S. 3). Mit Tracking und Tracing wird der „Wunsch der Hersteller und Verbraucher, die Historie von Produkten festzuhalten“, befriedigt (Lange 2008, S. 263). Während Tracking die Ermittlung des aktuellen Status und Ortes eines Objektes (z. B. Verpackungseinheit, Sendung, einzelnes Produkt etc.) bezeichnet, steht Tracing für die Ex-post-Rekonstruierung der Objekthistorie (vgl. Logistik Lexikon 2008, S. 577).

Die meist erforschten Einsatzfelder von T & T-Systemen sind die Lebensmittelindustrie und die Logistikbranche, insbesondere Kurier-, Paket- und Expressdienste, Stückgutverkehre sowie die Konsumgüterdistribution (vgl. Bellon-Maurel et al. 2014; Bretzke et al. 2002; Golan et al. 2003; Marguin/Balvay 2009). Im Gegensatz dazu gibt es nur wenige Werke zu T & T-Systemen während der industriellen stofflichen Nutzung von NawaRo. Der Fokus dieser Studien liegt auf technischen Aspekten wie der Entwicklung von entsprechenden Technologien zur automatischen Identifikation (Auto-ID) und Hardware zur Informationsübermittlung (vgl. Häkli et al. 2010; Häkli et al. 2013; Korten/Kaul 2008; Timpe 2006). Es besteht ein großer Nachholbedarf für Unternehmen von Wertschöpfungsnetzwerken in der Analyse betriebswirtschaftlicher Aspekte, welche durch den Einsatz von T & T-Systemen entstehen (vgl. Bretzke et al. 2002. S. 2). Die Nutzenpotenziale von T & T-Systemen für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo wurden bislang kaum untersucht.

1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen

Ausgehend von der vorhandenen Forschungslücke ist die Zielsetzung dieser Arbeit zum einen, die Potenziale von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo zu untersuchen. Zum anderen werden darauf aufbauend Handlungsempfehlungen für das Erschließen dieser Potenziale sowie Gestaltungsempfehlungen einschließlich Referenzmodellen (Systemarchitektur, Datenmodelle etc.) abgeleitet. Zudem wird ein Kosten-Nutzen-Modell für die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Systemumsetzung herausgearbeitet.

Diese Zielsetzung kann mithilfe der Forschungsfragen operationalisiert werden. Im ersten Schritt soll die Strukturierung des Forschungsfeldes durchgeführt werden.

> **Forschungsfrage 1:** Welche relevanten Teilgebiete der Forschung können identifiziert werden, um den Einsatz von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo zu untersuchen?

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die Systematisierung erfolgt auf Basis der vorherigen Forschungsarbeiten und Pilotprojekte und nutzt die in Kapitel 2 aufgeführten Grundlagen für den Themenkomplex. Die unterschiedlichen Treiber für den Einsatz von T & T-Systemen führen dazu, dass verschiedene fachliche Anforderungen an Systeme gestellt werden, was wiederum bedeutet, dass Systeme heterogene Leistungen anbieten sollen. Unterschiedliche Treiber für den Einsatz von T & T-Systemen können grob in drei Gruppen aufgeteilt werden: Unterstützung der Zertifizierung, Nutzen von T & T-Daten in den Business-to-Consumer (B2C)- bzw. Business-to-Business (B2B)-Bereichen und Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben. Auf Grundlage der drei Treibergruppen können die folgenden drei Forschungsfragen identifiziert werden.

> **Forschungsfrage 2:** Welche Auswirkungen hat der Einsatz von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo auf die Zertifizierungsprozesse?

Diese Forschungsfacette fokussiert sich auf die Zertifizierung der nachhaltigen Waldbewirtschaftung über die gesamte Lieferkette von der Forstwirtschaft über das Sägewerk bis zum Fertigwarenhersteller (Chain-of-Custody-Zertifizierung). Die Chain-of-Custody (CoC) ist dabei ein Rückverfolgbarkeitssystem für Holz über alle Verarbeitungsstufen hinweg, das sicherstellt, dass der gesamte Materialfluss lückenlos dokumentiert und überwacht wird (vgl. Nussbaum/Simula 2005, S. 64). Bei der praktischen Umsetzung der CoC bestehen jedoch Schwachstellen, die dazu führen, dass illegal geschlagenes bzw. nicht zertifiziertes Holz als zertifiziertes Produkt verkauft werden kann und die Zertifizierungssysteme somit ihr Ziel nicht erfüllen (vgl. Forstpraxis 2011). Deswegen ist im Rahmen dieser Forschungsfrage zu klären, welche Schwachstellen der praktischen Umsetzung vorhanden sind. Auf Basis dieses Wissens können im Anschluss konkrete T & T-System-basierte Lösungsansätze ausgearbeitet und Handlungsempfehlungen am Beispiel der Wertschöpfungsnetzwerke für Holzmöbel abgeleitet werden.

> **Forschungsfrage 3:** Welchen wirtschaftlichen Nutzen hat der Einsatz von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo? Wie sollen T & T-Systeme bei diesem Einsatzzweck konzipiert werden, damit die Implementierung als wirtschaftlich sinnvoll zu beurteilen ist?

Der wirtschaftliche Nutzen entsteht aus den B2B- und B2C-Bereichen. Im B2C-Bereich können die detaillierten Produktinformationen dabei helfen, die existierenden Kaufbarrieren bei Konsumenten bezüglich Produkten aus NawaRo zu überwinden und die Kaufabsichten und somit die Nachfrage zu erhöhen (vgl. Gleim et al. 2013, S. 44). Es ist vor allem vom Interesse, die konkreten Informationsbedürfnisse der Konsumenten bzgl. der Produkte aus NawaRo zu untersuchen. Auf Basis von Informationsbedürfnissen der Konsumenten am Beispiel Holzmöbel können die Anforderungen an T & T-Systeme abgeleitet und anschließend umgesetzt werden. Ebenso kann auch das Kosten-Nutzen-Modell aufgestellt werden, das Hilfestellung bei den Entscheidungen bzgl. der Investitionen in T & T-Systeme anbietet.

Im B2B-Bereich erhöhen T & T-Systeme die Transparenz der Stoffströme entlang des Wertschöpfungsnetzwerkes und ermöglichen eine darauf basierende Verbesserung der Geschäftsprozesse. Die in Kapitel 2 durchgeführte Analyse der Wertschöpfungskette für NawaRo zeigt, dass viele Prob-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

leme immer noch entlang der Rundholz-Supply-Chain vorhanden sind: Abweichungen in Holzqualität und -quantität, illegaler Holzeinschlag und Holzschwund während des Transports. Aus den genannten Problemen entstehen die Unsicherheitsfaktoren, welche eine Herausforderung für die Produktionsplanung bei Rundholzverarbeitern darstellen. Welche Strategien und Informationen dabei helfen können, diesen Herausforderungen gerecht zu werden, ist im Rahmen dieser Forschungsfrage zu untersuchen. Die identifizierten Informationsbedürfnisse können mithilfe von entsprechenden T & T-Systemlösungen befriedigt werden. Die Handlungsempfehlungen unter Berücksichtigung der Informationsbedürfnisse und Spezifika der Rundholz-Supply-Chain müssen anschließend herausgearbeitet werden.

> **Forschungsfrage 4:** Wie kann die Implementierung von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken zum Zweck der Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben realisiert werden? Wie können diese Systeme um weitere Funktionalitäten (F2 und F3) erweitert werden?

Die Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben wird als einer der wichtigsten Treiber für den Einsatz von Tracking & Tracing-Systemen angesehen (vgl. Böse/Uckelmann 2006, S. 135 f.; Hollmann-Hespos 2008, S. 43 ff.). Es ist vor allem zu klären, welche gesetzlich vorgeschriebene Rückverfolgbarkeitspflichten der industriellen stofflichen Nutzung von NawaRo bestehen. Basierend darauf kann die Umsetzung der zwei besonders wichtigen Verordnungen untersucht werden: allgemeine Produktsicherheitsrichtlinie (2001/95/EG) und darauf basierende Verordnung (Europäische Gemeinschaft (EG)) 1935/2004 über die Rückverfolgbarkeit von Materialien und Gegenständen, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen. Anschließend können die Lösungsansätze für die T & T-System-basierte Umsetzung der Rückverfolgbarkeitsprozesse herausgearbeitet werden. Für ihre Umsetzung am Beispiel von papierbasierten Lebensmittelverpackungen müssen die Ausarbeitungen zu vorherigen Forschungsfragen herangezogen werden. Letztendlich muss untersucht werden, unter welchen Bedingungen eine Aggregation der ausgearbeiteten Systemlösungen möglich ist, so dass die Unternehmen des Wertschöpfungsnetzwerkes mit einem T & T-System mehrere Nutzeffekte erschließen können.

Die Beantwortung der gestellten Forschungsfragen leistet damit folgende Beiträge für Wissenschaft und Unternehmenspraxis (Tabelle 1-1):

Wissenschaft	Praxis
• Zusammenfassung des Forschungsstandes zu T & T-Systemen für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo speziell (F1) • Verbesserungsvorschläge zur Informationstechnik (IT)-gestützten Umsetzung der Zertifizierungsprozesse (F2) • Identifikation der Konsumentenbedürfnisse nach Produktinformation aus NawaRo (F3) • Identifikation der Informationsbedürfnisse bei Rundholzbearbeitern zur Reduktion von Unsicherheiten (F3) • T & T-System-basierte Umsetzung gesetzlicher Vorgaben (F4) • Aufstellen von Anforderungen an T & T-Systeme für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo • Referenzmodelle (Systemarchitektur, Datenmodelle, Kosten-Nutzen-Modelle) für T & T-Systeme nach dem jeweiligen Anwendungsbereich (F2-F4)	• Treiber (Einflussfaktoren) für die Entscheidung, T & T-Systeme einzuführen (F1) • Darstellung des Potenzials von T & T-Systemen zur Unterstützung der Zertifizierung (F2) • Darstellung des Potenzials von T & T-Systemen zur Befriedigung von Konsumentenanforderungen nach detaillierten Produktinformationen (F3) • Darstellung des Potenzials von T & T-Systemen zur Reduktion der Unsicherheiten während der Beschaffung von Rundholz (F3) • Darstellung des Potenzials von T & T-Systemen zur Erfüllung gesetzlicher Vorgaben (F4) • Handlungsempfehlungen für das Erschließen von aufgezeigten Potenzialen sowie Gestaltungsempfehlungen für die Implementierung von T & T-Systemen für einzelne und mehrere Funktionalitäten (F2-F4)

Tabelle 1-1: Beiträge der Arbeit zu Wissenschaft und Praxis

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

1.3 Positionierung und Forschungsmethodik

Die T & T-Systeme als Datenlieferanten stellen eine Querschnittsfunktion entlang des gesamten Wertschöpfungsnetzwerkes dar, beginnend bei der Forst- und Agrarwirtschaft durchgehend über die verschiedenen Produktionsschritte sowie Distributionsaktivitäten bis hin zu den Konsumenten. Um die Daten über Prozesse und Materialflüsse zu erfassen, wird das Wissen aus den Disziplinen Agrar- und Forstwissenschaft sowie Betriebswirtschaftslehre benötigt. Die Arbeit ist in der Forschungsdomäne Supply Chain Management innerhalb der Wirtschaftsinformatik zu positionieren. Da die Systeme die richtigen Informationen an die richtigen Personen zum richtigen Zeitpunkt liefern sollen, sind sie somit in der Lage, die Entscheidungen in der Produktions- und Logistikplanung zu unterstützen (vgl. Dykstra et al. 2002, S. 13 ff.; Timpe 2006, S. 3; Uusijärvi 2010, S. 5 ff.). So können die Daten aus T & T-Systemen helfen, für alle Beteiligten des Wertschöpfungsnetzwerkes eine Lösung der auftretenden Planungs- und Verteilungsprobleme im Sinne einer anzustrebenden netzwerkweiten Effizienzsteigerung zu finden (vgl. Geldermann 2012, S. 209 f.). Unter anderem kann eine effizientere Nutzung von NawaRo auf Basis der Daten aus T & T-Systemen erreicht werden, indem die hohen Holzverluste bei geringer Ausbeuterate aufgrund der ineffizienten Verteilung der Rohstoffe reduziert werden (vgl. Uusijärvi 2010, S. 5 f.). Nach DEDRICK (vgl. 2010) und MELVILLE (vgl. 2010) werden die Systeme, die als Enabler für ressourceneffiziente Prozesse handeln, Green Informationssysteme (IS) genannt. Somit lassen sich die T & T-Systeme in Unternehmensnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo in den Bereich Green IS einordnen.

Um die Ziele der Arbeit zu erreichen, werden Methoden aus der gestaltungsorientierten Forschung verwendet. Die Gestaltungsorientierung ist das wesentliche Merkmal der deutschsprachigen Wirtschaftsinformatik (vgl. Fettke et al. 2010, S. 339). Ihre Methoden können dabei helfen, sowohl neue Lösungen für die vorgestellten Probleme (s. F3) als auch effizientere Lösungswege für die bekannten Probleme zu finden (s. F2 und F4).

Die argumentativ-deduktive Analyse bildet die Basismethode bei der Ausarbeitung aller Forschungsfragen. Die Literaturreviews mit anschließender Analyse und Interpretation der Ergebnisse erlauben es, die wesentlichen Facetten und zentralen Aspekte des Forschungsfeldes herauszuarbeiten. Bei der Forschungsfrage 1 findet diese Methode ausschließliche Verwendung. Bei den anderen Fragen kommen zusätzliche Methoden zum Einsatz. So werden bei Forschungsfragen 2 bis 4 T & T-System-basierte Lösungsansätze ausgearbeitet, welche anhand der Entwicklung von Artefakten (konzeptionelle Systemmodellierung) spezifiziert werden. Bei Forschungsfrage 3 handelt es sich um ein bis zu diesem Zeitpunkt ungelöstes Problem. Aufgrund des Mangels an Forschung in diesem Bereich werden die Anforderungen an T & T-Systeme sowohl im B2C- als auch im B2B-Bereich empirisch untersucht. Es handelt sich hier um die Methode der quantitativen Querschnittsanalyse. Die so identifizierten Anforderungen erlauben es, die neuen T & T-System-basierten Lösungen herauszuarbeiten. Um die Wirtschaftlichkeit der neuen Lösungen beurteilen zu können, sind die Kosten-Nutzen-Verhältnisse zu untersuchen und mit mathematischen Modellen zu formalisieren. Mit dem Ziel, die Anforderungen aus verschiedenen Anwendungsgebieten miteinander zu kombinieren und darauf aufbauend die Vorschläge für die Implementierung der T & T-Systeme in Wertschöp-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

fungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo herauszuarbeiten, kommt die konzeptuell-deduktive Analyse zum Einsatz, die im Rahmen der Forschungsfrage 4 angewandt wird.

Die vorliegende Arbeit folgt somit dem Methodenpluralismus der Wirtschaftsinformatik-Disziplin (vgl. Wilde/Hess 2007, S. 280). In der nachfolgenden Tabelle 1-2 ist zusammengefasst, welche Methoden zur Beantwortung der Forschungsfragen eingesetzt werden. Durch die vorgestellte Kombination aus theoretisch und praktisch orientierten Ansätzen sollen einerseits ein wissenschaftlicher Beitrag der Arbeit sichergestellt und andererseits die konkreten Umsetzungen und Handlungsempfehlungen für die Praxis herausgearbeitet werden.

Forschungs-frage	Verwendete Methoden
F1	Systematische Literaturanalyse (Levy/Ellis 2006; Webster/Watson 2002) Argumentativ-deduktive Analyse (Wilde/Hess 2007)
F2	Argumentativ-deduktive Analyse (Wilde/Hess 2007) Referenzmodellierung (Fettke/Loos 2004) Formal-deduktive Analyse (Wilde/Hess 2007)
F3	Argumentativ-deduktive Analyse (Wilde/Hess 2007) Quantitativ-empirische Analyse (Bortz/Döring 2006; Sarstedt/Mooi 2014) Referenzmodellierung (Feetke/Loss 2004) Formal-deduktive Analyse (Wilde/Hess 2007)
F4	Argumentativ-deduktive Analyse (Wilde/Hess 2007) Referenzmodellierung (Feetke/Loss 2004) Formal-deduktive Analyse (Wilde/Hess 2007) Konzeptionell-deduktive Analyse (Wilde/Hess 2007)

Tabelle 1-2: Methoden zur Beantwortung der Forschungsfragen

1.4 Gang der Untersuchung

Die vorliegende Arbeit ist in sechs Kapitel untergliedert (s. Abbildung 1-1): Nach dieser Einleitung folgen Grundlagen (**Kapitel 2),** welche die Themen NawaRo, Wertschöpfungsnetzwerke, die NawaRo stofflich nutzen, und T & T-Systeme umfassen. Neben den wichtigen Definitionen werden dort die notwendigen Einschränkungen für die Arbeit vorgenommen.

Kapitel 3 zeigt den Forschungsstand zu T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo mit einer systematischen Literaturanalyse auf. Dazu werden die Ergebnisse der Literaturanalyse dargestellt, analysiert und systematisiert, womit die erste Forschungsfrage dieser Arbeit beantwortet wird. Abschließend werden auf Basis der Ergebnisse Forschungslücken aufgezeigt, um so die Relevanz des bereits dargestellten Problems zu belegen.

In **Kapitel 4** werden die Potenziale von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo mit dem Ziel untersucht, die Anforderungen an T & T-Systeme abzuleiten. Ausgehend von den in Kapitel 3 identifizierten Forschungslücken wird zum einen das Unterstützungspotenzial für die IT-gestützte Chain-of-Custody-Zertifizierung untersucht. Dafür werden zuerst das Konzept dargestellt, die Schwachstellen der praktischen Umsetzung anhand von Leitfäden für die CoC-Umsetzung und branchenspezifischen Erklärungen zur CoC-Zertifizierung identifiziert und Lösungsansätze ausgearbeitet. Zum anderen wird der wirtschaftliche Nutzen von Daten aus T & T-Systemen analysiert. Zu diesem Zweck wurde jeweils eine empirische

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Untersuchung im B2C- und B2B-Bereich durchgeführt. Für jede Untersuchung wird die Forschungsmethodik geschildert und anschließend auf den Aufbau des Fragebogens und die Analyse der Ergebnisse eingegangen. Die ermittelten Informationsbedürfnisse werden danach in Form von Anforderungen an T & T-Systeme zusammengefasst. Als letztes wird die Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben untersucht. Zuerst werden dabei die gesetzlichen Rückverfolgbarkeitsvorgaben bei der stofflichen Nutzung von NawaRo systematisiert und die relevanten Verordnungen ausgewählt. Für diese Verordnungen werden sowohl die gesetzlichen Pflichten als auch die praktische Umsetzung der Pflichten anhand von branchenspezifischen Leitfäden analysiert. Darauf aufbauend werden die vorhandenen Herausforderungen identifiziert. Am Ende des Kapitels werden die Anforderungen aus drei Potenzialrichtungen zusammengefasst und anschließend die Einsatzfelder für die zu konzipierenden Systeme festgelegt.

In **Kapitel 5** wird zunächst das Design Science Research-Paradigma dargestellt. Danach wird es auf drei Einsatzfelder von T & T-Systemen angewandt. Dabei kommen die Systeme zum Einsatz bei der Bereitstellung der Produktinformationen einschließlich digitaler Zertifizierungsnachweise für Holzmöbel, der Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten in der Rundholz-Supply Chain und der Rückverfolgbarkeit von papierbasierten Lebensmittelverpackungen. Die Systemkonzeption für das jeweilige Einsatzfeld beginnt mit der Darstellung der zugehörigen Supply Chain. Weiterhin werden die Datenerfassung entlang der Supply Chain sowie die zugehörige Systemarchitektur entworfen. Darauf aufbauend wird analysiert, welcher Nutzen durch die jeweilige Informatisierung der Supply Chain entsteht und wie die Kosten-Nutzen-Verhältnisse aussehen. Anschließend wird über die Umsetzung der Anforderungen, getroffene Annahmen und Herausforderungen diskutiert. Da die Kombination der verschiedenen Potenzialrichtungen zu Synergyeffekten führen kann, wird während der Konzeption von Lösungen sukzessiv vorgegangen. Die bereits konzipierten Lösungen werden Schritt für Schritt für die Erschließung von zu untersuchenden Nutzeffekten angepasst und erweitert. Am Ende des Kapitels wird die Aggregation der Modelle bzw. der erfolgten Anpassungen zu dem Zweck durchgeführt, ein T & T-System vorzuschlagen, mit dem mehrere Nutzeffekte für Unternehmen erschlossen werden können. Mit Kapitel 4 und 5 werden die Forschungsfragen 2-4 beantwortet.

Die Arbeit schließt mit einem Fazit in **Kapitel 6**, in dem die zentralen Ergebnisse in Bezug auf Forschungsfragen beantwortet und zusammengefasst werden. Darüber hinaus werden daraus resultierende Implikationen für Forschung und Praxis dargestellt.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

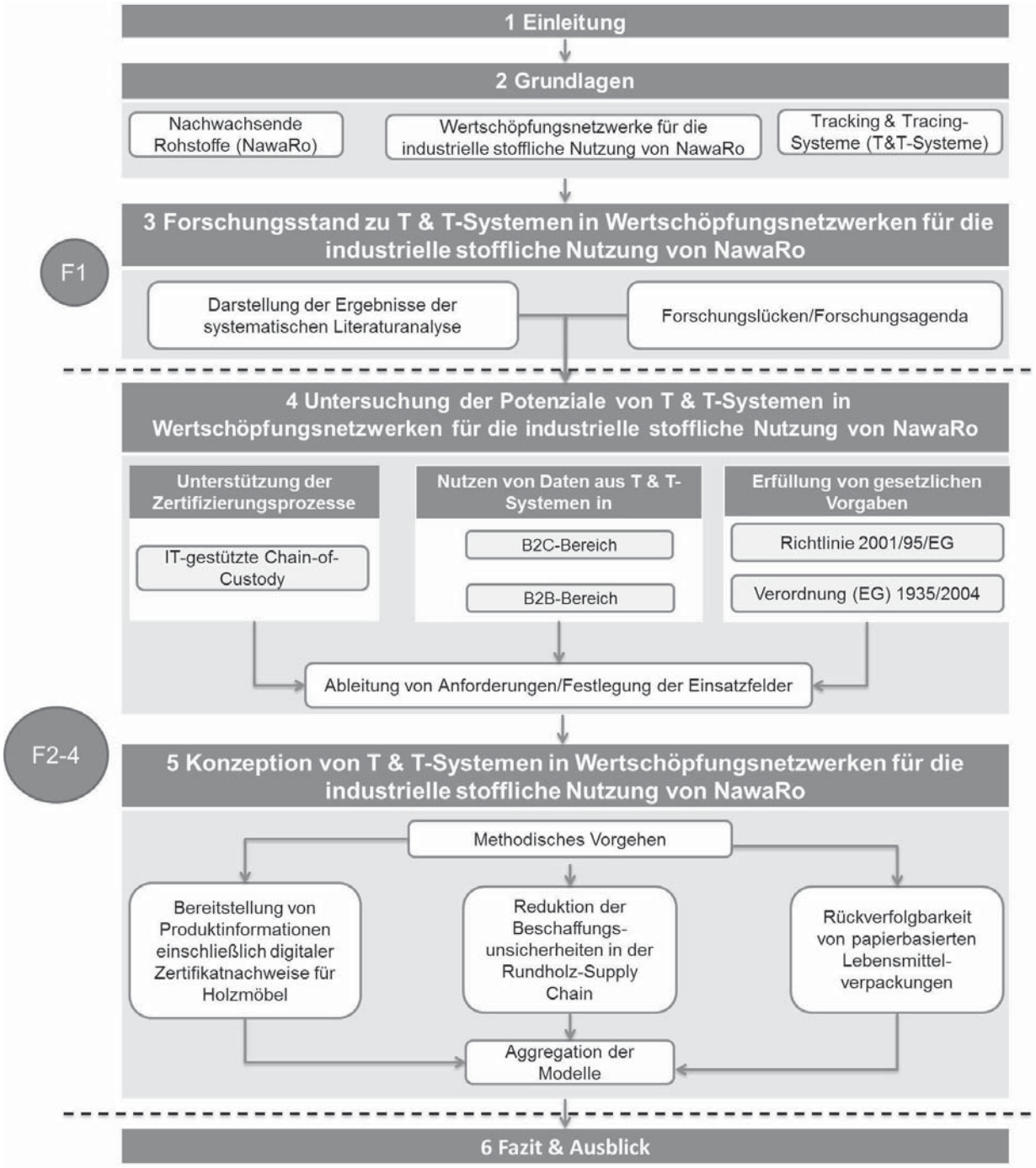


Abbildung 1-1: Gang der Untersuchung

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

2 Grundlagen

Nachfolgend werden die grundlegenden Begriffe der vorliegenden Arbeit, nachwachsende Rohstoffe (Kapitel 2.1), Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo (Kapitel 2.2) und Tracking & Tracing-Systeme (Kapitel 2.3), erläutert.

2.1 Nachwachsende Rohstoffe

In diesem Kapitel werden zum Zweck der Einschränkung der Untersuchung auf bestimmte Rohstoffe der Begriff der nachwachsenden Rohstoffe als spezifische Art der biogenen Stoffe definiert (Unterkapitel 2.1.1) sowie NawaRo anhand von verschiedenen Merkmalen klassifiziert (Unterkapitel 2.1.2). Diese Einschränkung (Unterkapitel 2.1.3) muss vor dem Hintergrund der Spezifität der Arbeit erfolgen, da der Untersuchungsbereich sonst zu weit gefasst wäre.

2.1.1 Definition

Nachwachsende Rohstoffe sind alle biogenen Stoffe pflanzlicher und tierischer Herkunft, die nicht als Nahrungs- oder Futtermittel eingesetzt, sondern einer stofflichen oder energetischen Nutzung zugeführt werden (vgl. Leible et al. 2001, S. 25). Diese Definition enthält einige Ein- und Ausgrenzungen, die der näheren Erläuterung bedürfen. NawaRo sind eine Untergruppe der Biomasse, welche „alle durch Lebewesen rezent anfallenden bzw. erzeugten organische Stoffe zusammenfasst“ (FNR 2010, S. 6). Als biogene Stoffe werden NawaRo in natürlichen Systemen erneuert (vgl. Karafyllis 2000, S. 87; Siebert 1983, S. 110; Waskow 1998, S. 9). Mit der Festlegung auf Zwecke außerhalb des Nahrungs- und Futterbereiches wird eine Eingrenzung vorgenommen, so wurden z. B. Gewürzpflanzen explizit ausgeschlossen. Ausgehend vom Begriff „Rohstoff“ sind NawaRo „Grundstoffe, die im Produktionsprozess in das Erzeugnis eingehen“ (Springer Fachmedien 2013, S. 367 f.). Somit ist ein NawaRo erst dann ein Rohstoff, wenn dieser vom Menschen gezielt genutzt wird (vgl. Karafyllis 2000, S. 87). Zudem werden auch die Nutzungsmöglichkeiten festgelegt: stoffliche oder energetische Nutzung. Diese Eingrenzung ermöglicht es, z. B. Zierpflanzen oder auch Stroh, wenn es nach der Getreideernte lediglich kurz untergepflügt wird, nicht als NawaRo zu betrachten. Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) (vgl. 2009, S. 38) weist darauf hin, dass neben der gezielten Nutzung auch die gezielte Erzeugung von NawaRo durch Land- und Forstwirtschaft relevant ist. Deswegen wird die oben angegebene Definition entsprechend angepasst:

Nachwachsende Rohstoffe sind land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe, die nicht als Nahrungs- oder Futtermittel genutzt werden, sondern einer stofflichen oder energetischen Nutzung zugeführt werden.

In Bezug auf die energetische Nutzung können NawaRo zur Erzeugung von Wärme und Strom Einsatz finden sowie Kraftstoffe ersetzen. Bei der stofflichen Nutzung werden die Inhaltskomponenten der NawaRo als Roh-, Hilfs-, Zusatz- oder Endstoff im gewerblich-industriellen Anwendungsbereich verwertet (vgl. Waskow 1998, S. 11). Dabei sind NawaRo Bestandteil der Erzeugnisse.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Ein wichtiges Merkmal der NawaRo ist die Fähigkeit zur Kaskadennutzung. Im Regelfall umfasst eine Nutzungskaskade dabei eine einfache bis mehrfache stoffliche Nutzung mit abnehmender Wertschöpfung sowie eine abschließende energetische Nutzung oder eine Kompostierung des Rohstoffs (vgl. Drossart/Mühlenhoff 2010, S. 20). Somit verbleibt der Rohstoff möglichst lange im Wirtschaftssystem und wird besonders nachhaltig und effizient genutzt. Mittels der Kaskadennutzung kann die Effizienz des Rohstoffes erhöht werden. Das Prinzip der Kaskadennutzung verbindet somit die stoffliche und energetische Nutzung (vgl. Arnold et al. 2009 S. 3). Die folgenden Vorteile der Kaskadennutzung können genannt werden: höhere Wertsteigerung mit sequenzieller Ausnutzung des vollen Potenzials von NawaRo, längere CO_2-Speicherung über den gesamten Lebensweg des Produktes aus NawaRo hinweg, Abschwächung der Konkurrenz um die Anbaufläche zwischen stofflicher und energetischer Nutzung von NawaRo. In Abbildung 2-1 wird das Konzept visualisiert.

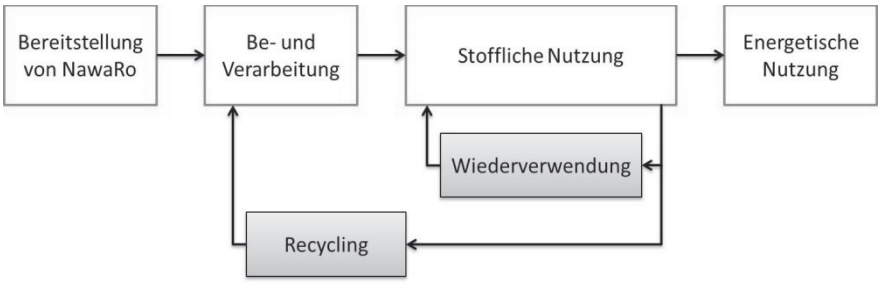


Abbildung 2-1: Kaskadennutzung von NawaRo[1]

Ein Kaskadenbeispiel für Holz kann wie folgt aussehen: Aus Rundholz werden Massivholzplatten hergestellt, die zur Herstellung von Möbeln verwendet werden. Nach einer Nutzungsphase kommt das Möbelstück zur Sammelstelle, wo es als Altholz behandelt wird. Das Altholz kommt zum Einsatz bei der Spanplattenherstellung. Die Spanplatten können zur Herstellung von billigeren Möbeln verwendet werden. Nach einer weiteren Nutzungsphase wird die Spanplatte als Altholz bei der Spanplattenherstellung wiederverwendet. Diese Iterationen können mehrmals wiederholt werden, bevor die Spanplatte der Verbrennung zugeführt wird. Dank der Kaskadennutzung kann Holz mehrere Jahrhunderte lang genutzt werden, bevor es verbrannt wird (vgl. Fraanje 1997, S. 21).

Im folgenden Kapitel werden die unterschiedlichen Arten von NawaRo systematisiert, um so eine Einschränkung der Betrachtungsfelder dieser Arbeit vornehmen zu können.

2.1.2 Klassifizierung

Da mehrere Klassifizierungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen, ist ihre Systematisierung erforderlich. Eine solche Systematisierung wurde bereits von FRIEDEMANN (2014, S. 8 ff.) vorgenommen und liegt der Arbeit zugrunde. Zwei Klassifizierungsmöglichkeiten wurden direkt mit der Definition angesprochen. Zum einen handelt es sich um den Ursprung des Rohstoffes (tierisch oder pflanzlich). An dieser Stelle ist zu betonen, dass im industriellen Umfeld mehr NawaRo pflanzlichen Ursprungs genutzt werden (vgl. Friedemann 2014, S. 9). Zum anderen werden zwei Verwendungsmöglichkeiten genannt: stofflich und energetisch. In Bezug auf energetische Nutzung beträgt der Anteil der

[1] Vgl. Arnold et al. 2009, S. 18.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

NawaRo an der erneuerbaren Stromerzeugung 31 % und an der erneuerbaren Wärmeerzeugung 88 % (vgl. BMELV 2013). Somit geben NawaRo mit dem größten Anteil an der Bereitstellung der erneuerbaren Energien neue Impulse zur Deckung der Energienachfrage und bieten ein hohes ökonomisches und ökologisches Potenzial. Dabei werden Holz zur Strom- und Wärmeerzeugung in Kraftwerken, Gülle zur Biogaserzeugung in Biogasanlagen, Raps zur Biodieselherstellung oder Getreide und Zuckerrüben zur Bioethanolherstellung verwendet (vgl. FNR 2011, S. 6). Die stoffliche Nutzung wird durch eine enorme Vielfalt und eine hohe Komplexität möglicher Herstellungspfade charakterisiert (vgl. Oertel 2007, S. 37). Normalerweise wird jeweils eine Inhaltskomponente wie Zucker, Stärke, Öle, Fette usw. für einen bestimmten Zweck verwendet; die Ausnahme bildet die mechanische Holzverarbeitung, bei welcher der komplette Rohstoff verwertet wird (vgl. Waskow 1998, S. 11). Die vielfältigen stofflichen Nutzungsmöglichkeiten von NawaRo sind Tabelle 2-1 zu entnehmen.

Rohstoff	Ursprung	Wichtigste Branchen	Produkte
Holz	Buche, Eiche, Kiefer, Fichte, Pappel, Weiden, ..	Säge-, Holzwerkstoff-, Papierindustrie, Möbelindustrie, Bauindustrie	Holzprodukte, Holzwerkstoffe, Papier
Kork	Korkeiche, Amur-Korkbaum	Bauindustrie, Werkstoffe	Flaschenkork, Fußböden, Werkstoffe
Zellstoff	Holz, Baumwolle, Chinaschilf	Chemische Industrie, Textilindustrie, Papierindustrie, Papierverarbeitung	Chemiefasern, Quellstoffe, Additive, Kunststoff, Papier, Verpackung
Naturfasern	Flachs, Hanf, Jute, Schilf, Baumwolle, Sisal, Kenaf, Fasernessel	Textil-, Automobil-, Papier-, Dämmstoffindustrie	Textilien, Non-wovens, naturfaserverstärkter Kunststoff, Spezialpapiere, Dämmstoffe
Zucker	Zuckerrohr, Zuckerrübe	Chemische Industrie inkl. Fermentation, Pharma-Industrie	Basis- und Feinchemikalien, Biokunststoffe
Stärke	Erbsen, Kartoffel, Mais, Maniok, Weizen	Chemische Industrie inkl. Fermentation, Pharma-Industrie, Papierindustrie	Basis- und Feinchemikalien, Biokunststoffe, Papierstärke
Pflanzenöle	Kokospalme, Hanf, Lein, Ölpalme, Raps, Soja, Sonnenblume, Flachs, Mohn, Krambe	Chemische Industrie (Oleochemie)	Farben, Tenside, Schmierstoffe, Kunststoffe, Additive, Kosmetik
Tierische Fette	Schwein, Fisch, Gans, Rind		
Glycerin	Pflanzenöle, tierische Fette	Chemische Industrie	Additive, Basis- und Feinchemikalien
Tierische Proteine (Gelatine, Casein, Wolle, Pelze, Leder)	Rind, Schwein, Schaf, Alpakas, Fuchs, Nerz	Chemische Industrie, Pharma-Industrie, Textil und Bekleidungsindustrie, …	Arzneimittelkapseln, Fotomaterialien, Etikettenkleber, Blutersatz, Leder-, Pelz- und Wollprodukte
Naturkautschuk	Kautschukbaum	Automobilindustrie, Kunststoffe / Elastomere	Autoreifen, techn. Gummiprodukte, Hygieneprodukte
Arzneipflanzen	Baldrian, Ginseng, Johanniskraut, Kamille, Salbei, Holunder, Kümmel	Pharma-Industrie, Kosmetik	Arzneimittel, Kosmetik
Sonstige Inhaltsstoffe (Farbstoffe, Harze, Gerbstoff)	Färberwaid, Färberwau, Henna, Krapp, Weide, Holz, Wallnussblätter, Galläpfel, Eichenrinde	Chemische Industrie, Pharma-Industrie, Textil und Bekleidungsindustrie	Naturfarben, Lacke, Linoleum, Lederverarbeitung
Getreidestroh	Schilf, Acker- und Wiesengras, Stroh	Landwirtschaft	Tiereinstreu, Baumaterial, Substrat beim Pilzanbau, Streu beim Obstbau

Tabelle 2-1: Ausgewählte Rohstoffe für die industrielle stoffliche Nutzung[2]

[2] In Anlehnung an Raschka/Carus 2012, S. 10 f.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Eine weitere Klassifizierungsmöglichkeit ist die Herkunft der Rohstoffe. Neben dem planmäßigen und zielgerichteten Anbau eines NawaRo in der Forst- oder Agrarwirtschaft können noch Nebenprodukte und Abfälle als Quelle der Rohstoffe differenziert werden (vgl. Geldermann 2012, S. 193; RICHTLINIE 2009/28/E, Artikel 2, Punkt e). Als Beispiel für Nebenprodukte können die Nebenprodukte, die beim Sägen des Holzes entstehen, genannt werden, welche entweder in der Holzwerkstoff-, Zellstoff- und Papierindustrie als Rohstoff eingesetzt (stoffliche Nutzung) oder zur Energieerzeugung genutzt (energetische Nutzung) werden (vgl. DGFH 2001, S. 16). Im Rahmen der Kaskadennutzung kommen Altholz und Altpapier zum Einsatz. Während früher Altholz und Altpapier auf Deponien verbracht und beseitigt wurden, stellt jetzt die Wiederverwendung dieser sekundären Rohstoffe den Status Quo dar. So werden in Deutschland 15,5 Mio. t Altpapier für die Papierherstellung und 5,4 Mio. t Altholz für die Herstellung von Plattenwerkstoffen und die Energieerzeugung verwendet (vgl. VDP o. Jg.a; Weimar/Mantau 2008, S. 9 ff.).

Klassifizierungsmerkmal	Klassen				
Ursprung	Tier			Pflanze	
Verwendung	Energetisch			Stofflich	
Herkunft	Planmäßig produziert		Abfallprodukt		Koppelprodukt
Nutzende Industrie	Bau	Biokraftstoff	Chemie	Energie- und Wärmeerzeugung	Möbel
	Papier	Pharma-Industrie/Kosmetik	Textil	Verpackung	Weitere
Rohstoffart	Arzneipflanze	Fasern	Getreidestroh	Glycerin	Holz
	Kork	Naturkautschuk	Pflanzenöle	Sonstige Inhaltsstoffe (Farbstoffe, Harze, Gerbstoffe)	Stärke
	Tierische Fette	Tierische Proteine	Zellstoff	Zucker	Weitere

Tabelle 2-2: Klassifizierungsmöglichkeiten von NawaRo[3]

Eine Unterscheidung kann nach den Branchen, die Rohstoffe verwenden, oder der Art des Rohstoffes erfolgen (vgl. Friedemann 2014, S. 11). Während bei der energetischen Nutzung zwei große Industrien genannt werden können, wie Strom- und Wärmeerzeugung sowie Biokraftstoffherstellung, so ist die Situation bei der stofflichen Nutzung enorm komplex (s. Tabelle 2-1). Die bedeutenden Industrien für NawaRo aus Agrarwirtschaft sind in der chemischen Industrie, einschließlich Oleochemie, Zellstoff- und Papierindustrie, Textilindustrie, Pharma- und Kosmetikindustrie beheimatet (vgl. Raschka/Carus 2012, S. 13). Holz ist der Ausgangsstoff für eine große Anzahl von verarbeitenden Industrien. Die Verarbeitung umfasst unterschiedliche Produkte aus Vollholz, aus Holzwerkstoffen und Produkten wie Zellulose und Papier, die durch mechanische, thermische und chemische Transformationsprozesse erzeugt werden (vgl. Niemz 2008, S. 75 ff.; Walker et al. 1993, S. 595). So ist Stammholz für die Säge oder Furnierindustrie vorgesehen; Industrieholz kommt zum Einsatz bei der Holzwerkstoff-, Zellstoff- und Papierindustrie[4]. Die von diesen Industrien erstellten Holzerzeugnisse werden von Bauwesen, Möbelindustrie, Verpackungsindustrie, papierverarbeitenden Industrien abgenommen und weiterverarbeitet. Im Gegensatz zu Stamm- und Industriehölzern wird Energieholz der energetischen Nutzung zugeführt, um Energie und Wärme herzustellen (vgl.

[3] In Anlehnung an Friedemann 2014, S. 11.

[4] Für eine detaillierte Darstellung der Rohholzsortierung sei an dieser Stelle auf die Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland (RVR) (vgl. DHWR 2014, S. 2 ff.) verwiesen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Schmithüsen et al. 2009, S. 60 f.). In Tabelle 2-2 werden die oben beschriebenen Klassifizierungsmöglichkeiten zusammengeführt.

2.1.3 Eingrenzung der betrachteten Rohstoffe

Im Rahmen dieser Arbeit sollen und können nicht alle Arten von NawaRo in sämtlichen Verwendungsarten analysiert werden. Deshalb muss eine Eingrenzung vorgenommen werden. Um die Ressourceneffizienz zu erhöhen sowie eine bessere Ausnutzung der in Deutschland zur Verfügung stehenden Fläche zu erreichen, werden in der Arbeit die Potenziale der T & T-Systeme für die stoffliche Nutzung von NawaRo untersucht. Wie bereits oben erwähnt wurde, spielen pflanzliche NawaRo eine dominante Rolle bei der stofflichen Nutzung. Aus der Vielzahl der Pflanzen, die industriell zu nutzen sind, werden Lignocellulosen ausgewählt. Lignocellulosen sind alle pflanzlich basierten Faserrohstoffe, die zum größten Teil aus Cellulose, Hemicellulosen und Lignin bestehen (vgl. Geldermann 2012, S. 195). Zu den Lignocellulosen zählen sowohl Holz als auch Bastpflanzen wie Hanf oder Flachs sowie Großgräser wie Miscanthus oder Schilfrohr. Die Bastpflanzen und Großgräser werden in dieser Arbeit auch Faserpflanzen genannt. Da Holz der stofflich und energetisch am meisten genutzte Rohstoff ist, kann bereits jetzt von der Ressourcenverknappung für die Holzindustrie gesprochen werden (vgl. HDH 2010). Die Faserpflanzen können somit für die Holzindustrie eine alternative Rohstoffbasis bilden (vgl. Geldermann 2012, S. 195).

Klassifizierungsmerkmal	**Klassen**				
Ursprung	Tier				Pflanze
Verwendung	Energetisch				Stofflich
Herkunft	Planmäßig produziert		Abfallprodukt		Koppelprodukt
Nutzende Industrie	Bau	Biokraftstoff	Chemie	Energie- und Wärmeerzeugung	Möbel
	Papier	Pharma-Industrie/Kosmetik	Textil	Verpackung	Weitere
Rohstoffart	Arzneipflanze	Fasern	Getreidestroh	Glycerin	Holz
	Kork	Naturkautschuk	Pflanzenöle	Sonstige Inhaltsstoffe (Farbstoffe, Harze, Gerbstoffe)	Stärke
	Tierische Fette	Tierische Proteine	Zellstoff	Zucker	Weitere

Tabelle 2-3: Auswahl der in der Arbeit zu analysierenden NawaRo

Die Betrachtung von Lignocellulosen macht es möglich, die Potenziale von T & T-Systemen während der Kaskadennutzung (Verwendung von Sägenebenprodukten und Recycling von Altholz und Altpapier) zu untersuchen. Aufgrund der Vielzahl der Verarbeitungspfade von Lignocellulosen gibt es sowohl die etablierten Prozesse der Fertigungsindustrie als auch der Prozessindustrie. Somit ist es möglich, die Potenziale von T & T-Systemen in unterschiedlichen Industriearten zu analysieren. Die Untersuchung der Prozesse in der Fertigungsindustrie erfolgt mithilfe der Wertschöpfungskette für Holzmöbel. Dabei wird sowohl auf die Massivholz- als auch auf die Spanplattenherstellung als Zwischenschritte eingegangen. Die Prozessindustrie wird am Beispiel der Wertschöpfungskette für papierbasierte Lebensmittelverpackungen analysiert, wobei auch hier die Zellstoff- und Papierherstellung als Zwischenschritte der Wertschöpfung betrachtet werden. Zudem wird in den nächsten Kapiteln detailliert auf die Rundholz-Supply Chain eingegangen, welche die ersten Verarbeitungs-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

schritte jeder Supply Chain für die stoffliche Holznutzung umfasst. Auf Basis der zuvor ausgearbeiteten Tabelle 2-2 werden die Einschränkungen für die Auswahl von NawaRo dargestellt, indem die gewählten Klassifizierungsmerkmale dunkel hinterlegt werden (s. Tabelle 2-3).

2.2 Beschreibung des Einsatzbereiches

Im Folgenden wird ein Überblick über die Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo gegeben. Dies wird zu dem Zweck durchgeführt, die Besonderheiten der zu betrachtenden Wertschöpfungsnetzwerke zu identifizieren. Diese Besonderheiten werden im weiteren Verlauf der Arbeit explizit beachtet, um die Verbreitung von T & T-Systemen während der industriellen stofflichen Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo zu fördern. Hierzu werden zunächst die Industrien, die an der Wertschöpfung im Einsatzbereich teilnehmen, dargestellt (Unterkapitel 2.2.1) und anschließend der Begriff Wertschöpfungsnetzwerk definiert (Unterkapitel 2.2.2). Darauf folgend werden besondere Charakteristika der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo dargestellt (Unterkapitel 2.2.3).

2.2.1 Industrien der Wertschöpfungskette für Lignocellulose-basierte nachwachsende Rohstoffe

Die Erhöhung des Wertes von Gütern durch deren Bearbeitung oder durch das Erbringen von Dienstleistungen wird Wertschöpfung genannt (vgl. Thommen 2008, S. 708). Die betrieblichen Aktivitäten, „die zu einer Wertschöpfung führen, können in ihrer logischen Abfolge als Wertschöpfungskette dargestellt werden“ (Schmithüsen et al. 2009, S. 95). Die Wertschöpfungskette eines Produktes umfasst dabei „sämtliche Fertigungs- und Absatzstufen von der Rohstoffgewinnung bis hin zum Absatz“ an den Konsumenten (Klaus et al. 2012, S. 549). Die Wertschöpfungskette von Lignocellulose-basierten NawaRo beinhaltet konkret den gesamten Prozess von der Aufforstung bzw. Aussaat von Faserpflanzen über die Ernte, Bearbeitung bis zur Verarbeitung zum Endprodukt (vgl. Schmithüsen et al. 2009, S. 95 f.).

Das erste Glied der Wertschöpfungskette „Lignocellulose“ ist die Forstwirtschaft, welche „verschiedene Holzarten aus Nadel-, Laub- und Mischwäldern der Holzwirtschaft zur Verfügung“ stellt (DGfH 2001, S. 14) sowie die Agrarwirtschaft, die Faserpflanzen als alternative Rohstoffbasis für die Holzindustrie liefert. Die wirtschaftliche Verwertung von Lignocellulose-basierten NawaRo wird von Unternehmen der Holzwirtschaft durchgeführt. Die Industrien der Holzwirtschaft können in die Bereiche Halbwaren (Verarbeitung) und Fertigwaren (Herstellung von Konsum- und Investitionsgütern) gegliedert werden. Die Halbwaren werden von der Sägeindustrie (Verarbeitung von Holz zu Schnittholz), Furnierindustrie (Verarbeitung von Holz zu Furnieren[5]) Holzwerkstoffindustrie (Verarbeitung von Holz und Faserpflanzen zu Holzwerkstoffen[6] wie Span-, Faser, Massivholzplatten etc.) sowie

[5] Unter Furnieren sind dünne Blätter aus Holz (0,3 bis 10 mm) zu verstehen, die durch Sägen, Messerschnitt oder Schälen vom Stamm abgetrennt werden (vgl. Tsoumis 2009, S. 309).

[6] Holzwerkstoffe werden aus Schnittholz, Furnieren, Holzspänen/Holzstreifen oder Fasern verschiedener Holzarten bzw. Faserpflanzen unter Hinzufügung synthetischer, mineralischer bzw. holzeigener Bindemittel

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Zellstoff- und Papierindustrie (Verarbeitung von Holz und Faserpflanzen zu Holz-[7] und Zellstoff[8] und danach zu Papier, Pappe und Karton) hergestellt. Zum Bereich „Fertigwaren“ gehören die Holz- und Papierverarbeitenden Industrien, welche Halbwaren zu Fertigwaren Fenster, Holzkisten, Holzpaletten, Möbel, Verpackungen, Tapeten usw. verarbeiten.

Die Querschnittsfunktion übernehmen Transport und Handel. Zu den Endverbrauchern gehören sowohl Industrien (z. B. Wellpappenverpackungen werden von der Lebensmittelindustrie, chemischen Industrie, Elektroindustrie, Landwirtschaft, Metallverarbeitung etc. abgenommen) als auch private Haushalte (Möbel, Musikinstrumente, Särge, Türen etc. werden durch den Einzelhandel direkt an private Haushalte verkauft). Die idealtypische Wertschöpfungskette kann Abbildung 2-2 entnommen werden. Da die Verwendung von Lignocellulose-basierten NawaRo eine Kaskadennutzung ermöglicht, wird auch die Recyclingoption in der Abbildung dargestellt.

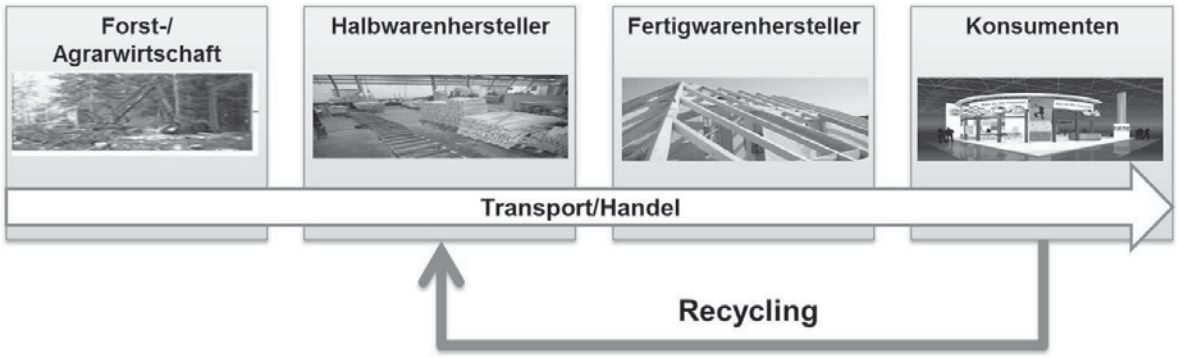


Abbildung 2-2: Lignocellulose-basierte Wertschöpfungskette

Abbildung 2-2 stellt die Wertschöpfung auf einem hohen Abstraktionsniveau dar. Um die einzelnen Industrien sowie die Materialflüsse zwischen ihnen abzubilden, ist eine Verfeinerung erforderlich, welche Abbildung 2-3 zu entnehmen ist. Im Weiteren erfolgt eine kurze Darstellung der in der Abbildung 2-3 skizzierten Industrien am Beispiel Deutschland.

Forstwirtschaft und Agrarwirtschaft

Ein Drittel der Fläche Deutschlands ist mit Wald bedeckt (11,1 Mio. ha), und der gesamte Holzvorrat umfasst ca. 3,4 Mrd. m³ (vgl. Holzabsatzfonds 2009, S. 6). Der Holzeinschlag in Deutschland betrug im Jahr 2013 53,2 Mio. m³ Holz, wobei 26,8 Mio. m³ (50,4 %) Stammholz für die Sägewerke und Furnierindustrie und 12,3 Mio. m³ (23,1 %) Industrieholz für die Holzwerkstoff-, Zellstoff- und Papierindustrie geschlagen wurden (vgl. DeSTATIS o. Jg.). Im Sektor Forstwirtschaft ist zwischen Waldbesitzern, Forstbetrieben[9] und Dienstleistungsunternehmen[10] zu unterscheiden. Insgesamt gibt es in

oder mit Hilfe mechanischer Verbindungsmittel sowie ggf. weiterer Additive wie Paraffin, Holzschutzmittel, Brandschutzmittel, Ruß, Farbe etc. hergestellt (vgl. Ambrozy/Giertlová 2005, S. 32).

[7] Geschieht die Holz- bzw. Faserpflanzenzerlegung auf mechanische Weise, wird so Holzstoff gewonnen (vgl. Sundholm 1999, S. 17 f.)

[8] Unter Einsatz von chemischen Verfahren wie Sulfat- oder Sulfitverfahren während der Holz- bzw. Faserpflanzenzerlegung entsteht Zellstoff (vgl. Gullichsen/Fogelholm 1999, S. A14).

[9] Unter Forstbetrieben sind Wirtschaftseinheiten von Waldeigentümern oder von Nutzungsberechtigten zu verstehen, „in denen im Rahmen einer planmäßigen Nutzung und Bewirtschaftung des Waldes eine wirtschaftliche Leistungserstellung erfolgt“ (Schmithüsen et al. 2009, S. 111).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Deutschland rund zwei Mio. Waldbesitzer mit einer Waldfläche von weniger als einem bis zu mehreren 10.000 Hektar (vgl. DeSH o. Jg.a) und rund 29.761 Forstbetriebe mit mehr als zehn Hektar Waldfläche, wobei ca. 68 % davon eine Waldfläche von 10 bis 50 ha bewirtschafteten (vgl. statista.de 2013a, S. 37). Neben Forstbetrieben und Waldbesitzern gibt es im Sektor Forstwirtschaft mehr als 7.000 forstliche Dienstleistungsbetriebe (vgl. DeSH o. Jg.a). Diese Dienstleistungsbetriebe bieten diejenigen Dienstleistungen an, welche Waldbesitzer in konkurrenzfähiger Weise selbst nicht leisten können, und agieren als Kontaktstellen zwischen Wald- und Holzwirtschaft (vgl. Schmithüsen et al. 2009, S. 117).

Im Gegensatz zu Holz ist die Anbaufläche von Faserpflanzen in Deutschland mit 500 Hektar gering (vgl. FNR 2012, S. 7). Für die Faserproduktion kommen unter den Standortbedingungen in Deutschland nur Flachs, Hanf, Fasernessel und in wärmeren Gebieten Kenaf in Frage (vgl. Graf et al. 2002, S. 3). Die Langfasern werden überwiegend in der Textilindustrie genutzt. Die Kurzfasern kommen bei der Herstellung von Baustoffen (Platten, Putz, Dämmstoffe, Vliesstoffe), Werkstoffen (Naturfaserverbundstoffe, Ersatz synthetischer Glasfasern), Papier (Verpackungsmaterial, Filtermaterial, Banknoten, Zigarettenpapier) und in der Autoindustrie (Formpressteile, Reibbeläge) zum Einsatz (vgl. FNR 2012, S. 12 f.).

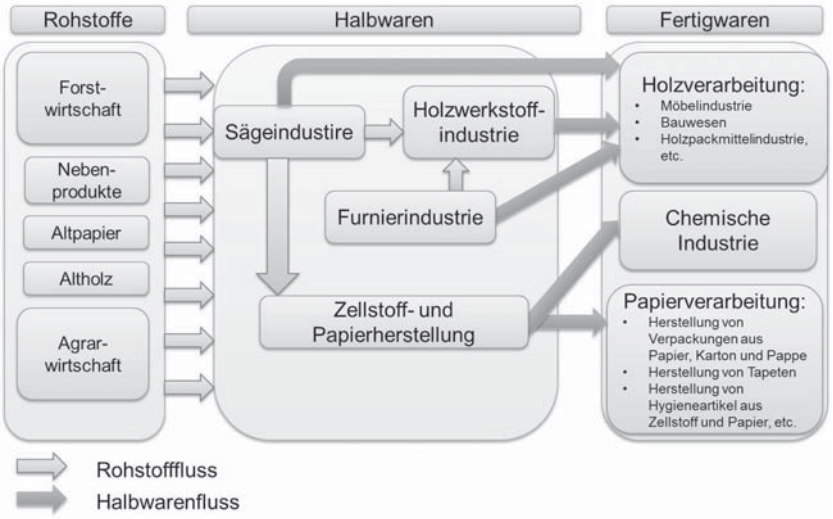


Abbildung 2-3: Industrien der Wertschöpfungskette „Lignocellulose“ mit zugehörigen Materialflüssen

Sägeindustrie

Die deutsche Sägeindustrie als wichtigste Abnehmer des Rohstoffes Holz umfasst ca. 2000 Betriebe, wobei lediglich 17 Unternehmen einen Umsatz über 50 Mio. € pro Jahr erwirtschaften (vgl. DeSH o. Jg.a und o. Jg.b). Im Jahr 2010 hat die deutsche Sägeindustrie 37,3 Mio. Fm. Stammholz zu 22,3 Mio. m³ Schnittholz eingeschnitten (vgl. Döring/Mantau 2012, S. 6), das zu zwei Dritteln in der Bauwirtschaft verbraucht wird (vgl. DeSH o. Jg.a). Der Rest wird zum größten Teil auf die Verpackungs- und Möbelindustrie verteilt. Zum Zweck der Wertschöpfungssteigerung werden mit Verarbeitungsschritten wie Hobeln, Trocknen, Sortieren usw. die Weiterverarbeitungssortimente wie trockenes, festigkeitssortiertes Bauschnittholz, Konstruktionsholz, Duo-/Trio-Balken und Brett-

[10] Zu diesen Unternehmen gehören die Unternehmen in den Bereichen forstliche Pflanzenproduktion, Holzernte und Rücken, Holztransport sowie forstliche Beratung (vgl. Schmithüsen et al. 2009, S. 112).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

schichtholz angeboten (vgl. VDS o. Jg., S. 12). Weitere Produkte sind Sägenebenprodukte wie Holzhackschnitzel, Säge- und Hobelspäne sowie Kappresten und Schwarten/Spreißel, die in Höhe von 14,4 Mio. m³ im Jahr 2010 entstanden sind (vgl. Döring/Mantau 2012, S. 6). Die wichtigsten Abnehmer der Sägenebenprodukte für die stoffliche Nutzung sind Holzwerkstoff- sowie Holz- und Zellstoffindustrie (vgl. Döring/Mantau 2012, S. 18).

Furnierindustrie

Im Vergleich zu den Input- und Output-Strömen der Sägeindustrie sind die Ströme der deutschen Furnierindustrie mit einem Holzeinsatz von 0,18 Mio. m³ und Furnieroutput in Höhe von 0,99 Mio. m³ viel geringer (vgl. von Knauf 2010, S. 1040 f.). Die Furnierherstellung erschließt jedoch neue Marktnischen und eröffnet neue Möglichkeiten für die Holzverwendung. In der Vergangenheit waren die Möbel- und Türenindustrie die wichtigsten Furnierabnehmer. Jetzt durchdringt das Furnier die hochwertigen Nischen wie Automobil, Flugzeug- und Schiffsbau sowie Handwerk (vgl. von Knauf 2010, S. 1040 f.).

Holzwerkstoffindustrie

Die Holzwerkstoffindustrie gewinnt aufgrund der hohen Holzausnutzung, der Möglichkeit der Verwertung von Holzresten und des Variierens der Eigenschaften wie Festigkeit, mechanische Beanspruchbarkeit, Formbeständigkeit, Schwundverhalten, Verhalten bei Nässe an Bedeutung (vgl. Bablick 2009, S. 61; Niemz/Wagenführ 2008, S. 194). Ca. 70 Betriebe der deutschen Holzwerkstoffindustrie erwirtschaften einen jährlichen Umsatz in Höhe von 4,6 Mrd. € und produzieren 11 Mio. m³ Holzwerkstoffe, die überwiegend von der Möbelindustrie und Bauwesen abgenommen werden (vgl. DeSH o. Jg.a; VHI o. Jg.a). Die Anlagenkapazität liegt zwischen 1.000 und 2.000 m³ pro Tag, so dass diese Industrie einer der am weitesten automatisierten Bereiche der Holzwirtschaft ist (vgl. Schmithüsen et al. 2009, S. 71). Die dominante Rolle bei dem Output spielen traditionelle Produkte wie Spanplatten (Anteil: 55 %), MDF-Platten (Mitteldichte Faserplatten; Anteil: 33 %) und OSB-Platten (Oriented Strand Board; Anteil 9 %) (vgl. Mantau 2012, S. 11). Eine ganz besondere Stellung nehmen die Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe (Wood-Plastic-Composites (WPC)) ein. WPC sind thermoplastisch bearbeitbare Verbundwerkstoffe aus unterschiedlichen Anteilen von Holz (bis 80 %), Kunststoffen – meist Polyethylen oder Polypropylen – und Additiven wie Haftvermittlern, Farbpigmenten etc. (vgl. Vogt et al. 2008, S. 6). Der Holzanteil kann auch durch Naturfasern aus Faserpflanzen ersetzt werden (vgl. Friedemann 2014, S. 15). Im Jahr 2012 wurden in Europa ca. 260.000 t WPC produziert, wobei die Spitzenposition mit 45 % 20 deutsche Unternehmen haben (vgl. Carus et al. 2014, S. 2). Die wichtigsten Abnehmer sind in den Bereichen Terrassen-Bodenbeläge, Automobilindustrie, Zäune und Fassaden, aber auch in den Bereichen Möbel, Büro- und Haushaltsartikel (Komposteimer, Zahnbürsten etc.) sowie technische Kleinteile und Gehäuse zu finden. Die immer steigende Nachfrage nach WPC ergibt sich aus den besonderen Eigenschaften wie „hohe Steifigkeit und geringe Schwingung (gegenüber reinen Kunststoffen) und verbesserte Halt- und Formbarkeit (gegenüber reinen Holzprodukten)“ (Vogt et al. 2008, S. 7).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Zellstoff- und Papierindustrie

Die 182 Unternehmen der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie erwirtschaften jährlich ca. 14,3 Mrd. € (vgl. DeSH o. Jg.a; statista.de 2013b, S. 12). Dabei wurden im Jahr 2013 2,6 Mio. t Holz- und Zellstoff und 22,4 Mio. t Papier, Pappe und Karton in rund 3.000 Sorten erstellt (vgl. statista.de 2013b, S. 30 ff.). Die Produktanteile am Produktionsvolumen von Papier, Pappe und Karton sind Abbildung 2-4 zu entnehmen. Der bedeutendste Rohstoff für die Papierindustrie sind die Sekundärfasern, die aus Altpapier für die Herstellung von Papier und besonders Karton und Pappe recycelt werden (vgl. VDP o. Jg.a). Die Einsatzquote von Altpapier in deutschen Papierfabriken betrug im Jahr 2013 bereits 72 % (vgl. VDP 2014). An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die Zellstoffproduktion durch die vertikale Integration zwischen Waldbesitz und industrieller Verarbeitung gekennzeichnet ist (vgl. hier und im Folgenden Schmithüsen et al. 2009, S. 75). Der Grund dafür ist ein hoher jährlicher Rohstoffbedarf von ca. 2 Mio. m³ Holz eines modernen Zellstoffwerkes. Die Papierindustrie nutzt hoch entwickelte kapitalintensive Technologien, was dazu führt, dass der Markt von wenigen, sehr großen international organisierten Konzernen dominiert wird.

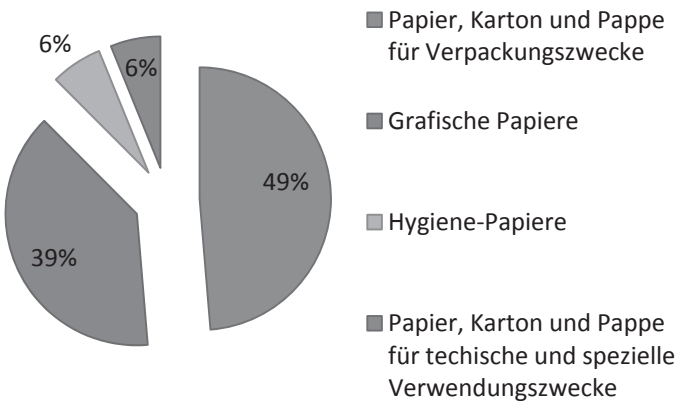


Abbildung 2-4: Produktanteile am Produktionsvolumen von Papier, Pappe und Karton[11]

Papierverarbeitung

Aus Papier, Pappe und Karton werden Wellpappe- und Vollpappeverpackungen, Getränkekartons, Papiersäcke, Kombidosen, Servietten, Etiketten, Briefumschläge, Tapeten und Bekleidungen etc. hergestellt. Die papierverarbeitenden Unternehmen erwirtschaften jährlich ca. 18 Mrd. €, wobei die Verpackungsindustrie einen Anteil in Höhe von 10,5 Mrd. € (58 %; vgl. WPV o. Jg.) hat. Wie Abbildung 2-5 zeigt, dominieren Wellpappenverpackungen den deutschen Verpackungsmarkt. Zudem ist die Wellpappe[12] mit 69,1 % des Marktanteiles die Nr. 1 unter den Transportverpackungen (vgl. VDW 2012). Im Jahr 2011 hat die Wellpappenindustrie in Deutschland 4,8 Mio. t Wellpappe produziert, was 9,2 Mrd. m² entspricht; die Industrie umfasst 39 Betriebe, welche ca. 4,9 Mrd. € jährlich erwirtschaften (vgl. VDW 2012). Die wichtigsten Abnehmer der Wellpappeverpackungen sind Nahrungs- und Genussmittel (33,8 %) und die chemische Industrie (10,1 %) (vgl. VDW 2012).

[11] In Anlehnung an VDP 2014.

[12] Wellpappe: „Pappe aus einer oder mehreren Lagen eines gewellten Papiers, das auf einer Lage oder zwischen mehreren Lagen eines anderen Papiers oder Pappe geklebt ist“ (Blechschmidt 2010a, S. 30).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

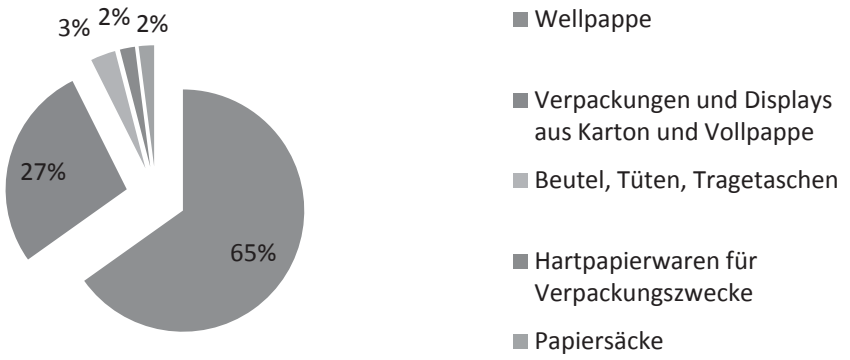


Abbildung 2-5: Verpackungsmarkt in Deutschland im Jahr 2010[13]

Mit 27 % des Marktanteiles (s. Abbildung 2-5) spielen auch Verpackungen aus Vollpappe[14] eine wichtige Rolle. Das Produktportfolio umfasst Schachteln und Schachtelzuschüsse, Versand- und Verkaufsverpackungen, handelsgerechte Umverpackungen, robuste Transportverpackungen (hier und im Folgenden VVK o. Jg.). Verpackungen aus Vollpappe kommen zum zwei Drittel bei der Ernährungsindustrie zum Einsatz. Weitere wichtige Abnehmer sind Gartenbau und Landwirtschaft, Versandhandel, chemische Industrie, Leder und Lederwaren etc. Als Unterelement von dieser Branche wird u. a. die Faltschachtelindustrie angesehen. Ca. 170 Betriebe stellen 850.530 Tonnen Faltschachteln mit einem Produktionswert von 1,88 Mrd. € (vgl. FFI 2014, S. 1) her. 58 % der Produkte werden von der Food-Industrie und 42 % von der NonFood-Industrie (Körperpflege, Kosmetik, Zigaretten, Pharma etc.) abgenommen (vgl. FFI o. Jg.).

Chemische Industrie

Cellulose als einer der wichtigsten Bestandteile von Holz und Faserpflanzen kann in der chemischen Industrie zur Herstellung von Viskosefasern, Cellophan, Lacken oder Tapetenkleister verwendet werden (vgl. DFWR o Jg., S. 11). Zudem können aus dem Holz Alkohole, Phenole, Lignin und weitere chemische Substanzen gewonnen werden, die u. a. zu wertvollen und innovativen Produkten verarbeitet werden können; z. B. können Holzabfälle aus der Papierproduktion (Ligninsulfat) als Rohstoff für Batterien (vgl. Löfken 2012, S. 25), Leiterplatten (vgl. Rüdiger 2012, S. 14) oder Carbonfasern (vgl. Bruckner 2012, S. 8; Etspüler 2015, S. 16) dienen. Weitere Produkte, die aus Lignocellullose-basierten NawaRo in der chemischen Industrie produziert werden können, sind Kunststoffe, Zement, Xylit, Furfural, Essigsäure usw. (vgl. Format-X o. Jg.).

Holzverarbeitung

Die Holzverarbeitung umfasst mehrere Industrien, wobei nur zwei dominante Industrien betrachtet werden: die Möbel- und Bauindustrie. 1.039 Unternehmen der *deutschen Möbelindustrie* erwirtschaften einen Umsatz in Höhe von 17,8 Mrd. € (vgl. statista.de 2014, S. 9, 26). Lediglich 40 Unternehmen haben dabei einen Umsatz in Höhe von mehr als 50 Mio. € (vgl. statista.de 2014, S. 29).

[13] Vgl. VDW 2012.

[14] Vollpappe: „Massive Pappe (im Gegensatz zu Wellpappe) mit einer flächenbezogenen Masse > 225 g/m², einlagig und geknautscht, auch zusammengeklebt, beklebt, imprägniert oder beschichtet als Maschinenpappe oder Wickelpappe hergestellt“ (Blechschmidt 2010, S. 30).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Allerdings ist der Umsatz nur zum Teil der betrachteten Wertschöpfungskette zuzurechnen, da Möbel auch aus anderen Materialen wie Metall, Textilien oder Leder hergestellt werden können. Dennoch handelt es sich bei den Möbelherstellern um wichtige Kunden der Säge- und Holzwerkstoffindustrie. So wurden in Deutschland im Jahr 2012 ca. 71 Mio. Möbelstücke aus Holz hergestellt (vgl. statista.de 2014, S. 12). Zu den wichtigsten Segmenten gehören dabei Küchenmöbel und Schlafzimmermöbel aus Holz.

247.000 Unternehmen *der Bauindustrie* erwirtschaften einen Umsatz in Höhe von 183 Mrd. € (vgl. Rein/Schmidt 2014, S. 14). Es handelt sich dabei um kleine Unternehmen, da die durchschnittliche Personalzahl 9,6 beträgt. Lediglich 10,3 % aller Unternehmen beschäftigen mehr als 200 Mitarbeiter (vgl. statista.de o. Jg.a). Seit 1991 trägt die Bauindustrie mit ca. 5,1 % zur gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung bei (vgl. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V 2013). Zu diesem Ergebnis hat überwiegend der Wohnungsbau beigetragen. Insbesondere hat sich in letzter Zeit der Niedrigenergie- und Passivhausbau durchgesetzt; so wurden im Jahr 2013 bereits 15.617 Ein- und Zweifamilienhäuser mit Hilfe des Fertigbaues gebaut, was einen Anteil von 15,7 % an den insgesamt gebauten Ein- und Zweifamilienhäuser ausmacht (vgl. BDF o. Jg.). Als Subindustrien können hier auch viele weitere Industrien wie die Fensterindustrie, Parkettindustrie, Dämmstoffindustrie, Tapetenindustrie etc. genannt werden (vgl. Kröppelin 2008, S. 503). Während bei der Fensterindustrie aufgrund der Innovation im Kunststoffbereich und der immer anhaltenden Diskussion über den Einsatz tropischer Hölzer die Nutzung des Rohstoffs Holz zurückgeht (vgl. Schmithüsen et al. 2009, S. 73 f.), so ist davon auszugehen, dass die Parkettindustrie ihre Marktposition verteidigen und sogar verstärken kann (vgl. statista.de o. Jg.b). Der Grund dafür ist, dass Parket nicht nur aus Massivholz sondern zunehmend aus dünnen Spanplatten bzw. aus hochdichten Faserplatten mit mehrschichtigen Kunstharzfolien hergestellt wird (vgl. Schmithüsen et al. 2009, S. 74).

2.2.2 Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen

Die tiefgreifenden Veränderungen in den Wirtschaftsstrukturen von Unternehmen der Wertschöpfungskette für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo führen zur Auflösung bzw. Verschiebung der klassischen Grenzen zwischen Unternehmen und Branchen. Einige Unternehmen konzentrieren sich auf ihre Kompetenzen und nehmen ein Outsourcing der Bereiche vor, die von anderen Anbietern effizienter durchgeführt werden, z. B. Forstbetriebe und Service-Unternehmen. Anderseits versuchen immer mehr kleine und mittlere Anbieter, sich gegenüber Großunternehmen durch kooperative Formen im Wettbewerb zu behaupten, z. B. durch die Entstehung von Einkaufsgenossenschaften von familiengeführten Holzhandwerksbetrieben (vgl. Schmithüsen et al. 2009, S. 73). Kapazitätskonzentration (z. B. Zellstoffindustrie), neue Produktentwicklungen (z. B. mehrschichtiges Parkett) sowie technologische Verbesserungen wie industrielle Holztrocknungen haben die Fokussierung auf unternehmerische Kernkompetenzen verstärkt und zu einer Verlängerung der Wertschöpfungsketten der Branchen geführt (vgl. Schmithüsen et al. 2009, S. 99). Somit wird die Wertschöpfungskette im eigenen Unternehmen verkürzt, stattdessen werden die Leistungen von anderen Unternehmen gezogen (vgl. Powell 1990, S. 318 ff.; Sydow 1995, S. 160), was zur Entstehung eines Netzes von verschiedenen Kernkompetenzen führt. Diese netz-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

werkartigen Strukturen ermöglichen es Unternehmen, Größen- und Kostenvorteile, Synergiepotentiale und Know-how zu erschließen, unternehmerische Risiken zu teilen und größere Flexibilität zu erreichen (vgl. Borchert/Urspruch 2003, S. 5). Die hier angesprochene Form der zwischenbetrieblichen Kooperation wird ein Wertschöpfungsnetzwerk genannt.

Ein Wertschöpfungsnetzwerk besteht aus rechtlich selbständigen, aber wirtschaftlich verflochtenen Unternehmen, die ihre spezifischen Kompetenzen und Ressourcen in das Netzwerk einbringen, um damit die gesamtnetzwerkbezogene Wertschöpfung zu optimieren (vgl. Bach et al. 2010, S. 2; Sydow, 1992 S. 79 f. und 98 ff.). *Somit ist das Ziel von Wertschöpfungsnetzwerken, „eine kollektive Effizienzsteigerung zu erreichen und damit die individuelle Wettbewerbsposition zu verbessern"* (Siebert 2010, S. 7).

Aus institutioneller Sicht sind Netzwerke als hybride Organisationsform zwischen Markt (Fremdbezug) und Hierarchie (Eigenleistung) anzusehen (vgl. Bach et al. 2010, S. 3). Während der Markt durch Preismechanismen koordiniert wird, besitzt die Hierarchie eine Koordinationsfunktion in Form von Anweisungen, die von einer übergeordneten Einheit erteilt werden (vgl. Springer Fachmedien 2013, S. 140 u. 243 f.). Als Koordinationsmechanismus der Wertschöpfungsnetzwerke wird das Vertrauen genannt (vgl. Bach et al. 2010, S. 3 f.; Thost 2010, S. 141 f.). Das Vertrauen in Wertschöpfungsnetzwerke bedeutet, dass die Partner sich kooperativ verhalten und riskante Vorleistungen erbringen, obwohl direkte Kontroll- und Sanktionsmechanismen nicht vorliegen (vgl. Bach et al. 2010, S. 4; Luhmann 2009, S. 27). Nach THORELLI (1986, S. 41) basiert das Vertrauen auf Reputation und bisheriger Erfahrung, d. h. es etabliert sich in täglichen Interaktionen. Somit kann die Entstehung von Vertrauen eine bestimmte Zeit in Anspruch nehmen. Der zeitaufwändige Entstehungsprozess vom Vertrauen kann mit der Abhängigkeit und gegenseitigen Verpflichtungen wie partnerspezifischen Investitionen oder der Preisgabe kritischer Informationen stimuliert werden (vgl. Siebert 2010, S. 13). An dieser Stelle soll auch die Bedeutung des Informationsstandes zwischen den beteiligten Unternehmen angesprochen werden. Der Informationsfluss wird zum zentralen Element von Wertschöpfungsnetzwerken (vgl. Schmithüsen et al. 2009, S. 100). Die Existenz einer Kommunikationskultur charakterisiert sich durch hohe Qualität und Intensität des Informationsaustausches. Informationsfluss zwischen den Partnerunternehmen ist dabei entscheidend für die Gesamtleistung des Netzwerkes (vgl. Johannson 1994, S. 525). Eine Vielzahl von Forschern unterstreicht die Notwendigkeit des Informationsaustausches (vgl. Chandrashekar/Schary 1999; D'Amours et al. 1999; Humphreys et al. 2001; Simchi-Levi et al. 2000; Stefansson 2002) und des Einsatzes von Internet-Technologien (vgl. Cross 2000; Deeter-Schmelz et al. 2001; Frohlich 2002) zur Etablierung dieser Kooperationsform. Die Entwicklungstendenzen der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) wie Leistungssteigerungen, Miniaturisierung, Virtualisierung und Integration fördern zwischenbetriebliche Kooperationen der Wertschöpfungsaktivitäten (vgl. Alps 2011, S. 3). So können zwischenbetriebliche Prozesse und Transaktionen durch bspw. Videokonferenzdienste, Datenübertragungsdienste oder Electronic Data Interchange (EDI) unterstützt, beschleunigt und vereinfacht werden (vgl. Picot et al. 2003, S. 296 f.).

Da Wertschöpfungsnetzwerke eine hybride Form zwischen Hierarchie und Markt darstellen, gibt es eine Vielzahl von Ausprägungen. Um verschiedene Ausprägungen zu differenzieren, wurden unterschiedliche Typologien entwickelt. Solch eine Typologie, z. B. nach der Stellung der Unternehmen in

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

der Wertschöpfungskette, kann dabei helfen, den Fokus der vorliegenden Arbeit genauer zu spezifizieren. Bei der Typologie nach der Stellung der Unternehmen in der Wertschöpfungskette ist zwischen horizontalen und vertikalen Netzwerken zu unterscheiden. Nach PICOT ET AL. (vgl. 2003, S. 305 f.) wird vom horizontalen Wertschöpfungsnetzwerk gesprochen, wenn die Partnerunternehmen auf der gleichen Stufe der Wertschöpfung stehen. Im Gegensatz dazu umfassen vertikale Wertschöpfungsnetzwerke Unternehmen auf vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsstufen (vgl. Gabler 2013, S. 252). Das bekannteste Beispiel für horizontale Wertschöpfungsnetzwerke stellen die Einkaufsgenossenschaften von familiengeführten Holzhandwerksbetrieben dar. Ein weiteres Beispiel ist der Zusammenschluss von über 10.000 Waldbesitzern im Allgäu zur Holzhandelsgenossenschaft in.Silva zum Zweck der Stärkung ihrer Marktmacht gegenüber der Säge- und Zellstoffindustrie (vgl. Weizenegger 2009, S. 24). Als Beispiele für vertikale Wertschöpfungsnetzwerke können die Integration zwischen Waldbesitz und Zellstoffindustrie (vor allem in Skandinavien) sowie die bereits vorhandene kooperative Planung zwischen Forstbetrieben und Unternehmen der Holzwirtschaft genannt werden (vgl. Günter/Grote 2009, S. 70 ff.; Schmithüsen et al. 2009, S. 75).

Die vorliegende Arbeit fokussiert sich auf vertikale Wertschöpfungsnetzwerke. Dabei werden sowohl die Netzwerke mit der Wertschöpfung von der Rohstoffernte bis zum Verkauf an Endverbraucher als auch die einzelnen Teile der Wertschöpfung betrachtet.

2.2.3 Besondere Charakteristika der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen

Bei der Untersuchung der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo sind spezifische Charakteristiken zu berücksichtigen, welche auf die Eigenschaften von NawaRo zurückzuführen sind (Unterkapitel 2.2.3.1), bzw. auf Basis der organisationalen Struktur (Unterkapitel 2.2.3.2) sowie durch illegalen Holzeinschlag (Unterkapitel 2.2.3.3) entstehen.

2.2.3.1 Besondere Charakteristika von NawaRo

Die stoffliche Nutzung von NawaRo ist mit einigen Herausforderungen verbunden. Zu diesen Herausforderungen gehören Dezentralisierung sowie die saisonabhängige (diskontinuierliche) Rohstoffproduktion und Heterogenität von NawaRo.

Dezentralisierung der Rohstoffproduktion

Holz und Faserpflanzen gewinnen organische Stoffe aus CO_2 mithilfe des Sonnenlichts während der Photosynthese (vgl. Jung/Steinbüchel 2001, S. 250). Die Verwendung von Sonnenenergie ist mit geeigneten wachstumsbedingten Gebieten verbunden, was die Kultivierung von NawaRo dezentralisiert (vgl. Narodoslawsky 2003, S. 56). Mit dieser dezentralisierten und im Wald sowie auf dem Acker verteilten Rohstoffproduktion sind hohe Ansprüche an die Infrastruktur verbunden. Jedoch ist diese im Wald bzw. auf dem Acker nicht immer gegeben. So kann es erforderlich sein, sogar bei hoch mechanisiertem Holzeinschlag einige Bäume mit der manuellen Motorsäge zu fällen. Weiterhin müssen die geernteten Rohstoffe zum Abtransport an den entsprechenden Ort gebracht werden.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die technische Holzproduktion umfasst neben der Ernte auch die Rückung des Holzes von der Erntestelle zur Waldstraße, wo das Holz gepoltert wird (vgl. Gronalt et al. 2006, S. 29). Sogar bei dem zum Transport aus dem Wald vorbereiteten Holz können Probleme auftreten, wie das Nichtauffinden von Poltern oder wetterbedingt unpassierbare Waldstraßen. Die Dezentralisierung zusammen mit geringer Transportdichte führen zu hohen Lagerbeständen sowohl bei Rohstoffproduzenten als auch bei industriellen Abnehmern (vgl. Narodoslawsky 2003, S. 56). NawaRo werden auch regionale Ressourcen genannt. Um unerwartete Transportereignisse sowie die Transportkosten zu reduzieren, findet ihre Verarbeitung in der Nähe der Rohstoffquelle statt (vgl. Narodoslawsky 2003, S. 56 f.). So beträgt die durchschnittliche Transportentfernung für Waldholz (Stamm- und Industrieholz) ca. 80 km (vgl. Mantau et al. 2002, S. 25).

Saisonabhängige Rohstoffproduktion

Die Ernte von NawaRo ist an die Zyklen des natürlichen Wachstums gebunden und somit in den meisten Fällen diskontinuierlich (vgl. Narodoslawsky 2003, S. 57). Faserpflanzen sind einmal pro Jahr in einem engen Zeitraum zu ernten (vgl. Vollrath/Kuhn 2010, S. 30). Um die bestmögliche spätere Verarbeitung zu erreichen, müssen zudem die Faserpflanzen auf dem Feld nach der Ernte zum Zweck der Trocknung und des Abbaus von Lignin und Pektinen gelagert werden (Röste) (vgl. Steger/Brockmann, 2008, S. 61 f.). Dabei sind die Dauer und Qualität der Röste wetterabhängig.

Der Erntezeitpunkt ist auch für Holz von besonderer Bedeutung. Laubholz wird vor allem im Winter geschlagen. Dafür bestehen folgende Gründe: Waldarbeiter können Gefahren besser abschätzen, da die Sicht in die Baumkronen frei ist; gefrorener Boden wird durch die Arbeiten weniger beeinträchtigt; die Stämme in den Wintermonaten haben einen geringeren Wassergehalt und können daher länger gelagert werden (vgl. Kreutz 2012). Aber auch bei Nadelholz wird in der Regel im Herbst und Winter geschlagen, am besten nach dem ersten Frost (vgl. hier und im Folgenden Bayerische Forstverwaltung 2010, S. 8). Der Holzeinschlag im Sommer ist möglich. Da die Gefahr des Befalls durch Holzschädlinge wie Pilze und Insekten sehr groß ist, müssen die eingeschlagenen Stämme unmittelbar zur Waldstraße gerückt und zum Holzabnehmer transportiert werden. Um die Gefahren von Qualitätsverlusten des Holzes zu vermeiden, muss der Holzeinschlag auf Kundenauftrag im Vorverkauf erfolgen. Seit Jahren werden z. B. jährliche Großverträge (Vorverkauf des Holzes) zwischen Forstbetrieben und großen Nadelholzsägewerken oder Zellstoffwerken als Abnehmer abgeschlossen (vgl. Baumann 2008, S. 26). Während der periodischen Absprachen werden die Holzmenge, Sortimente und Termine abgestimmt. Bei kleineren Unternehmen ist mit einem Nachverkauf zu rechnen. Somit kann die saisonale Natur auch zu höheren Holzbeständen insbesondere bei den kleinen und mittelständischen Sägewerken führen.

Heterogenität von NawaRo

NawaRo sind Produkte der Natur. Jede Faserpflanze sowie jeder Baum ist ein Unikat, mit eindeutigen anatomischen und chemischen Eigenschaften. Die inneren Eigenschaften des stehenden Stammes im Wald sind schwer einzuschätzen, sie werden erst bei der Holzernte oder beim Einschnitt im Sägewerk ans Licht gebracht (vgl. Baumann 2008, S. 31). Im Gegensatz zu quantitativen Merkmalen, wie Länge und Durchmesser sind qualitative Merkmale schwieriger zu erfassen. Ästigkeit, Krümmung und Abholzigkeit lassen sich bereits während der Ernte bzw. Kommissionie-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

rung bestimmen. Weitere Merkmale wie Risse oder Drehwuchs können erst beim Anschnitt des Stammes im Werk genau bestimmt werden.

Aufgrund der Individualität der Stämme muss bei der Ernte jeder Stamm einzeln vermessen und sortiert werden. Eine einheitliche Rohholzsortierung wurde bis zum 31 Dezember 2008 auf Basis des Gesetzes über gesetzliche Handelsklassen für Rohholz, kurz HKS, durchgeführt. Diese rechtliche Grundlage wurde mit Wirkung vom 31. Dezember 2008 (Europäische Richtlinie 68 / 89 / EWG (Europäische Wirtschaftsgemeinschaft)) aufgehoben. Seit dem wird an einer Nachfolgeregelung gearbeitet. Bis eine solche Nachfolgeregelung verabschiedet ist, gibt es keine allgemeingültige gesetzliche Grundlage für eine einheitliche Rohholzsortierung (vgl. Bayerische Forstverwaltung 2010, S. 50). Die Unternehmen, welche weiterhin die Sortierung nach der HKS vornehmen, differenzieren zwischen Stärkeklassen (Sortierung nach Länge oder Mittendurchmesser in Klassen L 1a bis L 6), Güteklassen (Sortierung nach qualitativen Eigenschaften in Wertholz (A), Holz mit normaler Qualität (B), Holz von geringer Qualität (C), Teilnutzholz (D)) sowie besonderem Verwendungszweck (Sortierung von Industrieholz) (vgl. Bayerische Forstverwaltung 2010, S. 50 ff.). Die gesamte Situation wird durch die unterschiedlichen Standards für die Definition von Güteklassen noch komplizierter gemacht. Sogar in Deutschland gibt es, je nach Bundesland, unterschiedliche Merkmale sowie deren Grenzwerte für die Zuordnung zu einer Güteklasse (vgl. Sauter et al. 2009, S. 759).

Somit entstehen hohe Herausforderungen für die Verteilung der Rohstoffe und Planung bei Holzverarbeitern. Die Heterogenität von Holz führt zur Fehlallokation dieser Ressource. Die Diskrepanzen zwischen eingeliefertem und angefordertem Holz haben im Jahr 2002 25 Millionen m³ Holzabfälle in der Holzverarbeitung der EU-27 verursacht (vgl. Uusijärvi 2010, S. 5).

2.2.3.2 Organisatorische Strukturen von Wertschöpfungsnetzwerken

Die in dem vorherigen Unterkapitel dargestellten Wertschöpfungsnetzwerke sind äußerst komplex und heterogen. Der Cluster Fort- und Holzwirtschaft wird von kleinen und mittelständischen Unternehmen dominiert. Diese Struktur ist der Grund dafür, dass Unternehmen über wenige Mittel für die Forschung & Entwicklung sowie Investitionen verfügen (vgl. Horvath 2005, S. 38).

Die Vielzahl von Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette verursacht viele Schnittstellen, an denen dieselben Arbeitsvorgänge oft mehrmals durchgeführt werden. Ein Beispiel dafür ist das häufige Mehrfachvermessen des Holzes, woraus ein erheblicher Mehraufwand entsteht. Es können bis zu drei Vermessungen durchgeführt werden: (1) bei der Holzernte durch das Forstunternehmen; (2) bei der Polterung durch Waldbesitzer; (3) bei der Kommissionierung oder dem Holzeingang durch Holzverarbeiter. Besonders oft wird die Logistikkette Wald-Werk kritisiert, welche durch Redundanzen, Medienbrüche, mehrfache Datenerhebung sowie den mangelhaften Einsatz von IT-Unterstützung geprägt ist (vgl. Holzmann 2009, S. 5; von Bodelschwingh et al. 2005, S. 955 ff.; von Itzenplitz 2004, S. 917 f.). Nach BAUER ET AL. (2005, S. 1163) beträgt die Zwischenzeit zwischen dem Einschlag und der Anlieferung beim Werk ca. 49 Tage und bis zur Auszahlung an den Waldbesitzer weitere 39 Tage. Dabei betragen die Leerzeiten ca. 64 Tage. Die kleinen Waldflächen mit häufigen Ortswechseln der Erntestellen führen zu Problemen im Auffinden von Poltern im Wald, was wiederum einen zusätzlichen signifikanten Zeitaufwand beim Transport bedeutet. Der Suchfahrten-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

anteil kann bei 42 % der gesamten Transportzeit liegen (vgl. von Itzenplitz 2004, S. 917). Sehr oft müssen Lastkraftwagen (LKW)-Fahrer durch Forstarbeiter eingewiesen werden, da Fuhrunternehmer unpräzise Anfuhrbeschreibungen und Lagerpläne erhalten (vgl. Bauer et al. 2005, S. 1163). Des Weiteren kann es vorkommen, dass Restmengen im Wald verbleiben, wenn die Ladekapazität des Transportfahrzeuges bereits erreicht ist. Somit sind wiederholte Kontrollfahrten nötig, um die vollständige Holzabfuhr durchzuführen. Laut BAUMANN (2008, S. 35) kann eine Holzlieferung bis zu 83 Schnittstellen überwinden, bis sie beim Holzverarbeiter anlangt. Hierdurch entstehen lange Lagerzeiten, die bei einem Naturprodukt wie Holz zu Qualitätsverlusten führen kann, z. B. Fäule oder Verfärbung (vgl. Bayerische Forstverwaltung 2010, S. 8). Während der langen Lager- und Transportzeiten kommt es häufig zu Diebstählen. So werden mehr als 10 % aller eingeschlagenen Bäume in US-Wäldern (vgl. Timbertheft o. Jg.) gestohlen. Dazu kommen noch Holzverluste während des Transportes in Höhe von 10 bis 15 % des gesamten Holzvolumens (vgl. Kasturi 2005).

Darüber hinaus wird Rundholz aus dem Kleinprivatwald häufig von Forstbetriebsgemeinschaften (FBG) oder Waldbesitzervereinigungen (WBV) vermarktet. Diese Zusammenschlüsse „bündeln Liefermengen aus dem kleinen und mittleren Privatwald und verkaufen das Holz im Auftrag der Waldbesitzer an die Abnehmer der Holz- und Papierindustrie“ (Holzmann 2009, S. 2). Da aus Zeit- und Kostengründen oft nur ein Teil der Stämme gekennzeichnet wird, ist bei einem gemeinsamen Transport eine physische Trennung von Kleinmengen nicht mehr durchführbar. Der einzelne Waldbesitzer erhält deshalb häufig einen Paulschalpreis für die von ihm gelieferte Holzmenge, ohne Berücksichtigung der Holzqualität.

Die komplizierten organisatorischen Strukturen führen auch zu mangelnder Kommunikation, Informationsbrüchen und -Defiziten (vgl. Bauer et al. 2005, S. 1163, 1166; Holzmann, 2009 S. 1 f.; von Itzenplitz 2004, S. 917 f.). Die heterogene Akteurlandschaft mit ihren vielfältigen IKT-Lösungen erschwert sowohl eine zwischenbetriebliche Dokumentation des Materialflusses, als auch den Informationsaustausch zwischen den Unternehmen des Wertschöpfungsnetzwerkes (vgl. Holzmann 2009, S. 1).

2.2.3.3 Illegaler Holzeinschlag

Die komplexe Struktur erschwert es auch, die Herkunft von NawaRo lückenlos nachzuverfolgen. Besonders kritisch ist die Situation bei Holz. Durch die leichte Zugänglichkeit von Wäldern, die vergleichsweise einfache Erntetechnik sowie die Vielzahl von Schnittstellen entlang des Transportes wird illegaler Einschlag gefördert, der in der Praxis durch spätere Einbringung des illegal geschlagenen Holzes in die Wertschöpfungsnetzwerke profitabel wird. Der wirtschaftliche Wert des illegalen Einschlags liegt zwischen 30 und 100 Milliarden US Dollar oder 10-30 % des globalen Holzhandels (vgl. Nellemann/INTERPOL Environmental Crime 2012, S. 6). Allein in Deutschland kommen bis zu neun Prozent der Holzimporte aus illegalen Quellen (vgl. WWF o. Jg.). Unter illegalem Holzeinschlag ist „der Einschlag von Bäumen unter Verstoß gegen gesetzliche Vorschriften im Ernteland“ zu verstehen (BMELV o. Jg.). Unter gesetzlichen Vorschriften sind die folgende Bereiche zu berücksichtigen: Holzeinschlagsrechte in per Gesetz ausgewiesenen Gebieten einschließlich Zahlungen von Steuern und Gebühren für Einschlagsrechte und Holz; umwelt- und forstrechtliche Vorschriften, einschließlich Vorschriften zur Waldbewirtschaftung und Erhaltung der biologischen Vielfalt; Land-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

nutzungs- und Grundbesitzrechte Dritter sowie Handel und Zoll, sofern diese von dem Holzeinschlag betroffen sind (vgl. IPD 2014, S. 9).

Durch nicht gezahlte Steuer und Abgaben sowie die Vermeidung von Investitionen in die Waldbewirtschaftung kann illegal geschlagenes Holz günstiger als legales Holz angeboten werden. Dies führt zum einen zur Senkung der Holzpreise weltweit um ca. 7-16 %, zum anderen zum unfairen Wettbewerb für Waldbesitzer und Unternehmen, die Wälder nachhaltig bewirtschaften (vgl. WWF o. Jg.). Der illegale Holzeinschlag bringt zudem die sensiblen Ökosysteme der Wälder aus dem Gleichgewicht, so dass die mit ihnen verbundenen Pflanzen- und Tierwelten vernichtet werden können. Darüber wird immer öfter in den Medien diskutiert. So berichten Artikel über den Kahlschlag im Regenwald (vgl. Liebrich 2010; Vidal 2013) sowie über die daraus resultierende Bedrohung für die biologische Vielfalt (vgl. Barnes 2012; Schadwinkel 2013). Diese kritischen Medienberichte tragen wiederum zu dem Imageschaden für den Rohstoff Holz und den gesamten Forstsektor bei (vgl. WWF o. Jg.)

Als Reaktion auf diese Situation entstand eine verstärkte Regulierung des Holzmarktes durch Zertifikate der nachhaltigen Waldbewirtschaftung, Richtlinien und Gesetze. Sie regeln die Einfuhr von Holz in verschiedene Länder oder sollen sicherstellen, dass das auf dem Markt eingeführte Holz legal und nachhaltig abgebaut wurde. Um die festgelegten Ziele zu erreichen, sind Systeme erforderlich, die in der Lage sind, Holzflüsse vom Ernteort bis zum Endverbraucher zu verfolgen (vgl. Dykstra et al. 2002; Lawson/MacFaul 2010, S. 18 ff.)

Nach der Analyse der Besonderheiten der ausgewählten Wertschöpfungsnetzwerke werden im folgenden Unterkapitel die Systeme dargestellt, die in der Lage sind, das Handeln mit diesen besonderen Charakteristiken zu unterstützen.

2.3 Tracking & Tracing-Systeme

Im Nachfolgenden werden T & T-Systeme näher betrachtet. Zunächst wird Schritt für Schritt, beginnend mit den Begriffen Rückverfolgbarkeit, Tracking und Tracing, die Definition von T & T-Systemen hergeleitet (Unterkapitel 2.3.1). Weiterhin werden die Kernbereiche von T & T-Systemen dargestellt (Unterkapitel 2.3.2). Anschließend werden die Systeme anhand von verschiedenen Merkmalen klassifiziert (Unterkapitel 2.3.3). Darauffolgend werden die Rückverfolgbarkeitsmethoden dargestellt (Unterkapitel 2.3.4[15]). Am Ende des Kapitels werden die Gründe für die Errichtung von solchen Systemen analysiert (Unterkapitel 2.3.5).

2.3.1 Definitionen

Es gibt zwei Vorgehensweisen zur Festlegung von Definitionen für Tracking & Tracing. Zum einen können die Begriffe unter einem gemeinsamen Nenner „**Traceability**“ (auf Deutsch Rückverfolgbarkeit) zusammengeführt werden (vgl. Beulens et al. 1999; Kim et al. 1995; Moe 1998; Wilson/Clarke 1998; etc.). Nach der DIN EN ISO (Deutsche Industrienorm, Europäusche Norm, International

[15] Dieses Unterkapitel basiert auf APPELHANZ und SCHUMANN (2013) und ist teilweise daraus entnommen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Organization for Standardization) 9000 (ISO 9000 2005, S. 26) ist unter Traceability die Möglichkeit zu verstehen, „den Werdegang, die Verwendung oder den Ort des Betrachteten zu verfolgen“[16]. Die Rückverfolgbarkeit umfasst laut dieser Definition die Herkunft von Materialen und Teilen, die Verarbeitungsgeschichte des Objektes (z. B. Verpackungseinheit, Sendung, einzelnes Produkt etc.) und die Verteilung sowie den Verbleib nach seiner Auslieferung. Zum anderen können Tracking und Tracing separat definiert werden (vgl. Jansen 1998; Rijn/Schyns 1993; Stefansson 2002; Bretzke et al. 2002; etc.): Den aktuellen Status und Ort eines Objektes kann mit **Tracking** ermittelt werden; die Objekthistorie wird mit **Tracing** rekonstruiert (vgl. Gabler Lexikon Logistik 2012, S. 587)[17]. Mit der Betrachtung der beiden Begriffe kann festgestellt werden, dass Tracking die notwendige Bedingung für Tracing darstellt, welches wiederum als eine Sammelmappe aller relevanten Trackingdaten agiert. Das Zusammenspiel von beiden Komponenten kann an einem Beispiel erklärt werden. Der Handel stellt eine Gesundheitsgefährdung von einem Spielzeug aus Holz fest. Um den Verursacher des Schadens ausfindig zu machen, muss mithilfe von Tracing die Herkunft der betroffenen Einheit ermittelt werden. Tracing hilft dabei, die Haftungsfragen zu klären, da das Handelsunternehmen, wenn es den Verursacher des Schadens nicht ermitteln kann, für Schäden selbst haftet. Wenn die Ursache festgestellt wird, dann wird mit Tracking der Verbleib der betroffenen Waren (Chargen) ermittelt. Wenn Tracking & Tracing entlang der gesamten Wertschöpfungskette zum Einsatz kommt, dann ist es möglich, mit Tracking des Rohmaterials (z. B. Holzstamm) bis zum Endprodukt (z. B. Bücherregal aus Massivholz) zu verfolgen und mit Tracing des Endprodukts bis zum Rohmaterial rückzuverfolgen (s. Abbildung 2-6).

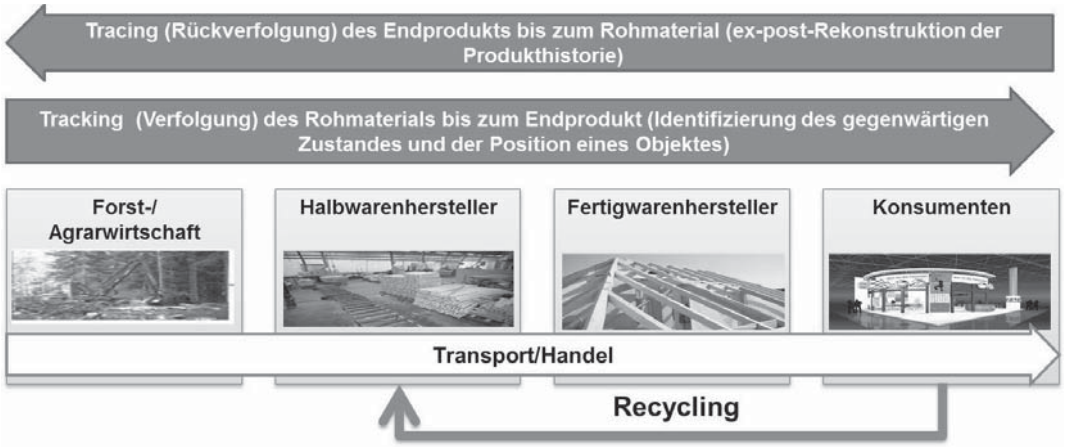


Abbildung 2-6: Tracking & Tracing entlang der Lignocellulose-basierten Wertschöpfungskette

Die angesprochene Form der Rückverfolgbarkeit, welche über die Unternehmensgrenzen hinweg die Materialflüsse verfolgen kann, wird eine externe Rückverfolgbarkeit genannt (vgl. Moe 1998, S. 211 ff.). Interne Rückverfolgbarkeit stellt sicher, dass die Informationen zum eingeflossenen Material mit dem Output innerhalb des eigenen Unternehmens verknüpft werden können (vgl. GS1 2009a, S. 23). Dabei ist zu beachten, dass die Umsetzung der internen Rückverfolgbarkeit die Voraussetzung für die Einführung der externen Rückverfolgbarkeit ist. Wenn ein Unternehmen des

[16] Da die DIN-Definition sowohl Tracking als auch Tracing berücksichtigt und dank der Normung einen eindeutigen und weltweiten Einsatz findet, wird diese Definition der Arbeit zugrunde gelegt.

[17] In der Arbeit werden die Begriffe Tracking & Tracing, Traceability und Rückverfolgbarkeit als Synonyme verwendet.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Wertschöpfungsnetzwerkes nicht in der Lage ist, den Lieferanten der Charge zu nennen, dann bricht die Rückverfolgbarkeit an dieser Stelle zusammen (vgl. Hollmann-Hespos 2008, S. 90).

In der Definition nach der DIN ISO Norm wurde ein weiterer wichtiger Begriff angesprochen – betrachtete Einheit, die zu verfolgen ist. Diese Einheit wird **Traceability Ressource Unit (TRU)** genannt und ist definiert als eine Einheit, deren Eigenschaften keine andere Einheit exakt aufweist (vgl. Kim et al. 1995, S. 109). TRUs können natürlich gegeben sein, bspw. bei dem Holzeinschlag. Liegt eine derartige Gegebenheit nicht vor z. B. während der Papierherstellung, muss eine TRU anhand verschiedener Bezugsobjekte gebildet werden. POIGNÉE (2008, S. 97) hat die Bezugsobjekte wie folgt strukturiert: Lokation (Stadt, Einzelunternehmen, Wareneingangsrampen, einzelne Silozellen etc.); produktbezogen (Siloinhalt, Ernte eines Ackerschlags, Gesamternte eines Waldbesitzers etc.); prozessbedingt und zeitbezogen (Tagesproduktion, Produktionsmenge der Schicht oder eines definierten Prozessintervalls wie Verweildauer der Inputstoffe in einem Kocher bei der Zellstoffherstellung etc.); prozessbedingt und mengenbezogen (Los, Charge, Serie, logistische Einheit etc.).

Die Bildung von Chargen ist mit Abstand der am weitesten verwendete Ansatz (vgl. Poignée 2008, S. 98). Chargen sind Produktmengen, „die gleiche Transformationsprozesse durchlaufen haben“ (GS1 2009a, S. 25). Chargenrückverfolgbarkeit wird dabei als „Möglichkeit der eindeutigen Zuordnung bestimmter Zutaten oder Rohstoffchargen zu bestimmten Endproduktchargen und umgekehrt“ definiert (Waldner 2006, S. 84). Die Größe der Charge als TRU hat einen Einfluss auf die Präzision der Rückverfolgbarkeit. Je kleiner die TRU ist, desto präziser fällt die Rückverfolgbarkeit aus (vgl. GS1 2009a, S. 25). Jedoch führen kleinere TRUs generell zu höheren Kosten für die Rückverfolgbarkeit (vgl. Wegner-Hambloch 2004, S. 27 ff.). Die Festlegung der Größe einer TRU wird von mehreren Faktoren beeinflusst: Zusatzkosten für das Rückverfolgen kleinerer TRUs; Risikobewertung von Rohstoffen, hergestellten Produkten und Verpackungsmaterialien; Entdeckungswahrscheinlichkeit eines Schadensfalls; Rückrufkosten in Abhängigkeit von der TRU-Größe; Komplexität der Prozesse; Möglichkeiten des Datenhandlings; externe Anforderungen; Netzwerkstrategien (vgl. Poignée 2008, S. 96). Mit letzten beiden Faktoren wurde die Netzwerkperspektive angesprochen, d. h. ein Unternehmen innerhalb der Wertschöpfungskette kann die Größe der TRU nicht aus einzelbetrieblicher Sicht festlegen, sondern muss die Anforderungen aller beteiligten Unternehmen beachten (vgl. BLL 2001, S. 32).

Eine TRU zeichnet sich auch durch dynamisches Verhalten entlang eines Gesamtprozesses aus (vgl. Cimino et al. 2005, S. 93). Die folgenden Prozesse (vgl. Abbildung 2-7) tragen zu diesem dynamischen Verhalten bei (vgl. Bechini et al. 2008, S. 346 ff.; Lee/Park 2010, S. 55 f.):

- Integration: Eine Reihe von Inputmaterialien werden zu einem einzigen Endprodukt transformiert, wie z. B. Herstellung von Möbeln oder Spanplatten;
- Trennung: Ein Inputmaterial wird in eine Reihe von Outputprodukten aufgeteilt, z. B Sägen von Schnitthölzern oder Furnieren;
- Veränderung: Ein Produkt wird zu einem anderen durch eine Veränderung transformiert, z. B. Veredelung von Schnittholz.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die dargestellten Prozesse können generell als Transformation von N Input TRUs zu M Output TRUs dargestellt werden, wodurch sie auch Transformationsprozesse genannt werden. Dabei ist der Akteur, der diese Transformation durchführt, dafür verantwortlich, dass eine Verbindung zwischen den Input und Output TRUs hergestellt werden kann (vgl. Cimino et al. 2005, S. 93).

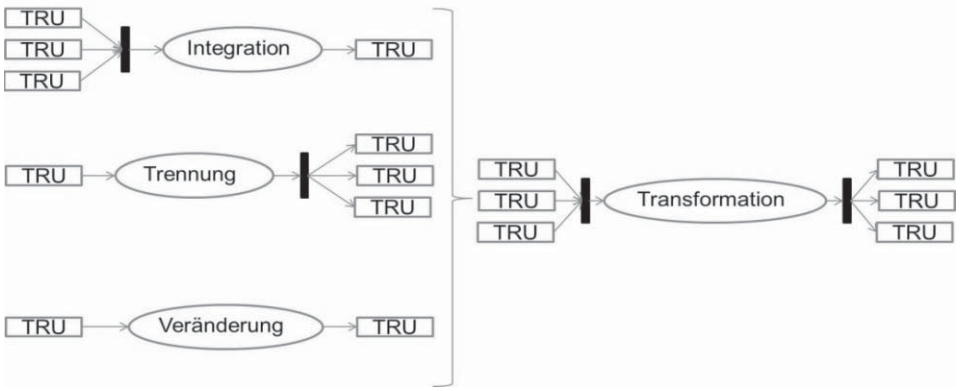


Abbildung 2-7: Transformationsprozesse[18]

Während für diskontinuierliche Prozesse TRUs in der Regel leicht zu definieren sind, ist ihre Definition bei kontinuierlichen Prozessen viel komplizierter (vgl. BLL 2001, S. 32; Moe 1998, S. 212). Die Produkte in kontinuierlichen Prozessen werden progressiv und mit minimalen Unterbrechungen durch eine Reihe von Operationen veredelt (vgl. Dennis/Meredith 2000, S. 1086; Fransoo/Rutten 1993, S. 47). Als typische Beispiele für solche Produkte in Wertschöpfungsnetzwerken für die stoffliche Nutzung von NawaRo sind Zellstoff, Papier, Holzwerkstoffe, Sägenebenprodukte etc. zu nennen. Somit sind in den ausgewählten Wertschöpfungsnetzwerken Methoden erforderlich, die aus kontinuierlichen Flüssen TRUs erzeugen können. Diese Methoden werden Rückverfolgbarkeitsmethoden genannt. Die *Rückverfolgbarkeitsmethoden* ermöglichen es, die Position von TRUs zu verfolgen sowie die Prozessdaten mit TRU-Daten zu verknüpfen (vgl. Kvarnström 2010, S. XVIII). Diese Methoden erlauben es, die Materialflüsse entlang des Wertschöpfungsnetzwerkes digital oder papierbasiert abzubilden. Dabei entstehen Daten, die von T & T-Systemen zu verwalten sind. Einen Auszug von Definitionen bzgl. der T & T-Systeme ist Tabelle 2-4 zu entnehmen.

Quelle	Definition
Moe (1998, S. 211)	"Traceability must be managed by setting up a traceability system, which keeps track of product routes and of selected data."
Furness/Osman (2003, S. 476)	"A traceability system is required to provide an unambiguous, uninterrupted means of physically tracing and tracking an item, and/or its constituent components, through and between the inter-linking nodes of a supply chain. A node is distinguished as a point in the chain in which the item is handled or processed in some way."
Golan et al. (2004, S. 1).	"Traceability systems are recordkeeping systems designed to track the flow of product or product attributes through the production process or supply chain."
ISO 22005:2007 (2007, S. 1,3)	"The traceability system is a technical tool to assist an organization […] when necessary to determine the history, or location of a product or its relevant components. […] Traceability system is the totality of data and operations that is capable of maintaining desired information about a product and its components through all or part of its production and utilization chain."
FMRIC (2008, S. 15)	"A series of mechanisms for traceability, by which 'identification,' 'data preparation,' 'data collection and storage,' and 'data verification' are performed."
Kvarnström (2010, S. XVIII)	"Traceability system provides an unambiguous and uninterrupted means of traceability for a physical lot, its sub-components, and raw materials throughout the supply chain."

Tabelle 2-4: Ausgewählte T & T-System-Definitionen

[18] Vgl. Bechini et al. 2008, S. 347.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Ausgehend von den Definitionen in der Tabelle 2-4 wird eine folgende Arbeitsdefinition festgelegt:

Tracking & Tracing-Systeme (T & T-Systeme) sind Systeme für das Erfassen, Verknüpfen, die Kommunikation und Verwaltung von Daten zur Verfolgung und Rückverfolgung von Traceable Resource Units (TRUs) und ihren Komponenten entlang eines Teiles oder dem gesamten Wertschöpfungsnetzwerkes.

Diese Definition umfasst Kernbereiche der T & T-Systeme (s. Unterkapitel 2.3.2) und stellt damit die funktionale Sicht auf die Systeme dar. Zudem wird mit der Definition nur festgelegt, was die Systeme leisten können. Wie sie realisiert werden sollen, hängt von dem konkreten Einsatzbereich und Zweck ab.

Innerhalb des Unterkapitels wurden mehrere wichtige Begriffe definiert, die in einem Zusammenhang zueinander stehen. Um die Rückverfolgbarkeit umzusetzen, ist ein T & T-System erforderlich, das wiederum über verschiedene Rückverfolgbarkeitsmethoden verfügen muss, um die TRU zu bilden und/oder zu verfolgen (s. Abbildung 2-8).

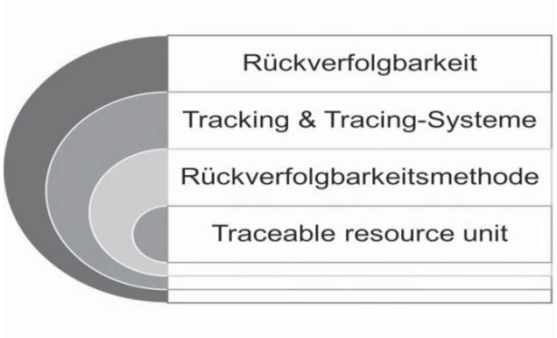


Abbildung 2-8: Zusammenhang zwischen den Begriffen

2.3.2 Kernbereiche von Tracking & Tracing-Systemen

Mit der Arbeitsdefinition wurden bereits Kernelemente bzw. die wichtigsten Funktionen von T & T-Systemen genannt: Identifikation, Datenerfassung und -aufzeichnung, Datenverknüpfung und Kommunikation (vgl. GS1 2009a, S. 58; Nguyen 2004, S. 6). Im Weiteren wird auf jeden Bereich kurz eingegangen (vgl. Fischer 2006, S. 179 ff.; GS1 2009a, S. 58 ff.; Wegner-Hambloch 2004, S. 61 ff.).

Identifikation

Das Konzept der Rückverfolgbarkeit ist erst dann realisierbar, wenn die TRUs eindeutig identifizierbar sind. Die Identifikation wird als Zugriffschlüssel auf alle relevanten Produktinformationen verstanden. Um die TRUs festzulegen, sind Kenntnisse über die Materialflüsse entlang der Wertschöpfungsnetzwerke erforderlich. Die quantifizierten Informationen über die Input- und Outputeinheiten für unterschiedliche Stufen des Wertschöpfungsnetzwerkes wurden bereits in Unterkapitel 2.2 beschrieben. Diese TRUs sowie die Zwischenprodukte während der Transformation werden mithilfe von Rückverfolgbarkeitsmethoden gekennzeichnet. Dabei ist es wichtig, dass zwischen einer Einheit und ihrer Kennzeichnung eine dauerhafte und möglichst untrennbare Verbindung besteht. Die für die Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo in Frage kommenden Rückverfolgbarkeitsmethoden werden in Unterkapitel 2.3.4 analy-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

siert. Neben den TRUs sind in Wertschöpfungsnetzwerken auch Geschäftspartner eindeutig zu identifizieren. Die Geschäftspartner führen verschiedene Aktivitäten bspw. Transformationen an TRUs durch. Es wird auch empfohlen, diese Aktivitäten zu identifizieren (vgl. Bechini et al. 2008, S. 345 ff.; Moe 1998, S. 212). Um die problemlose Rückverfolgbarkeit im Wertschöpfungsnetzwerk zu realisieren, müssen die Partnerunternehmen die Entscheidung über die TRUs, die eingesetzte Rückverfolgbarkeistmethode und die Informationsdichte treffen. Da die Rückverfolgbarkeit in Wertschöpfungsnetzwerken voraussetzt, dass Daten ausgetauscht, verstanden und weiter verarbeitet werden, sind Standards erforderlich, welche den eindeutigen schnittstellenübergreifenden schnellen und fehlerfreien Datenaustausch ermöglichen. Sie stellen sicher, dass die Geschäftspartner eine einheitliche Sprache sprechen (vgl. Buxmann et al. 1999, S. 134 ff.; Deska 2005, S. 35). Deswegen muss hier auch festgelegt werden, welche Datenstandards zu verwenden sind. Diese Entscheidung ist besonders wichtig, da sie das Schema beeinflusst, nach welchem die Zugriffschlüssel für die Identifikation festgelegt werden.

Datenerfassung und -aufzeichnung

Im nächsten Schritt müssen die Daten über eindeutig identifizierbare TRUs entlang des Wertschöpfungsnetzwerkes erfasst werden. Dabei wird die Erfassungstechnologie als Komplement der jeweiligen Identifikationstechnologie verstanden (vgl. Bretzke et al. 2002, S. 12 f.). Es handelt sich um aufeinander abgestimmte Rückverfolgbarkeitsmethoden, welche sowohl die Identifikation als auch die Erfassung ermöglichen. Die Datenerfassung kann dabei automatisch oder manuell, mit stationären oder mobilen Geräten sowie online oder offline (zeitverzögerte Datenübertragung z. B. vom Bordcomputer des Harvesters an den Zentralrechner am Ende des Tages) erfolgen. Die Erfassung der vordefinierten Informationen findet im Rahmen des eigenen Unternehmens oder entlang des Wertschöpfungsnetzwerkes statt. Die erfassten Daten sind zu archivieren. Die Faktoren hinsichtlich der Archivierungsdauer der Daten unterscheiden sich in der Lebensdauer der Ware, Datennutzung und -auswertung, Spezifikationen der Geschäftspartner, der Zeit, in der mögliche Reklamationen auftauchen könnten, sektorspezifischen Empfehlungen, rechtlichen Rahmenbedingungen und Kontrollen durch Behörden und sonstige Institutionen (vgl. GS1 2009a, S. 52). Für die Partner des Wertschöpfungsnetzwerkes sind hier die Entscheidungen über die Erfassungspunkte entlang des Netzwerkes sowie über die Archivierungsdauer der Daten zu treffen.

Datenverknüpfung

Bei diesem Kernbereich sind zwei Verknüpfungsarten relevant: die Verknüpfung zwischen physischen TRUs und die Verknüpfung zwischen Material- und Informationsflüssen. Die Verknüpfung physischer TRUs bezieht sich auf die Transformationsprozesse (s. Abbildung 2-7). Die Transformationsprozesse finden sowohl in der Produktion als auch in der Logistik (z. B. Umschlagspunkte oder die Bildung von logistischen Einheiten beim Warenausgang) statt. Aus Sicht der Rückverfolgbarkeit sind in einem T & T-System zu jedem Transformationsprozess folgende Informationen zu erfassen: welcher Prozess, mit welchen Inputeinheiten, an welchem Ort, zu welcher Zeit und mit welchen Outputeinheiten stattfindet (vgl. Wilson/Clarke 1998, S. 130). Dieser Kernbereich setzt die Analyse der Prozesse in Wertschöpfungsnetzwerken voraus. Bei diesem Kernbereich sind die folgenden Entscheidungen zu treffen: Welche Transformationsprozesse sind zu erfassen sowie ob zusätzliche

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Daten gespeichert werden sollen? Bei den zusätzlichen Daten handelt es sich um die Untersuchungsergebnisse, Zertifikate, Herkunftsnachweise, Rechnungen, Lieferscheine usw.

Kommunikation

Die Kommunikation umfasst hier sowohl das zur Verfügung Stellen von T & T-System-Daten für das eigene Unternehmen als auch für die Partner des Wertschöpfungsnetzwerkes. Da oft vorhandene Daten nicht verwendet werden, bezeichnen manche Experten T & T-Systeme als „Hygienekriterium“, was bedeutet, dass die Erfüllung der externen Anforderung nach T & T-Systemen „keinen Wettbewerbsvorteil […] verschafft, ihre Nichterfüllung jedoch das Ausscheiden aus dem Kreis der [...] Anbieter zur Folge hat“ (Bretzke et al. 2002, S. 2). Um dies zu vermeiden, müssen T & T-System-Daten kommuniziert werden. Dabei können die Daten entweder nach dem Push- (Informationen werden ohne Aufforderung vom Sender an den Empfänger übertragen) oder Pull-Prinzip (das Partnerunternehmen fragt die Informationen ab) ausgetauscht werden. Zudem kann die Kommunikation entweder sequenziell (one-Step-Kommunikation mit dem direkten Nachbarn) oder simultan (verfügbar für alle Partner unabhängig von der Position in Wertschöpfungsnetzwerken) erfolgen. Die Datenübertragung kann mithilfe verschiedener Technologien wie Electronic Data Interchange (EDI), World Wide Web (WWW) oder Global System for Mobile Communications (GSM) unterstützt werden (vgl. Bretzke et al. 2002, S. 19 f.). Die Harmonisierung der Technologien und der damit verbundenen Technologiestandards sind hier zu berücksichtigen.

Die bereits dargestellten Kernbereiche mit den zugehörigen Fragen, die bei der Einführung eines T & T-Systems zwischen den Teilnehmern des Wertschöpfungsnerzwerkes zu klären sind, werden in Abbildung 2-9 zusammenfassend dargestellt.

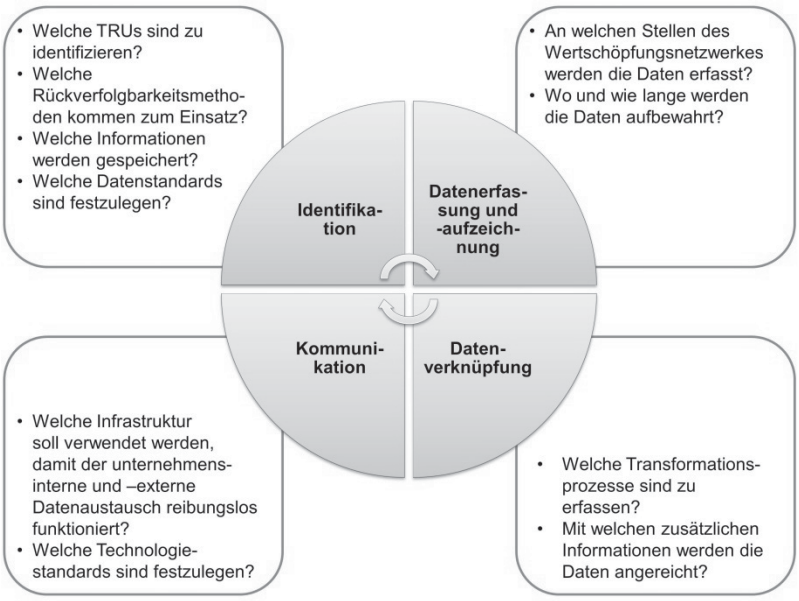


Abbildung 2-9: Kernbereiche von T & T-Systemen

Durch das Ineinandergreifen dieser vier Kernbereiche wird die Basis für einen durchgängigen T & T-Prozess geschaffen (vgl. GS1 2009a, S. 58). Nach der TRU-Bildung und Kennzeichnung wiederholt sich der zweistufige Prozess:

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

- An festgelegten Erfassungspunkten werden die Daten zur TRU erhoben, mit zusätzlichen Informationen angereichert und mit bereits vorhandenen Daten über die TRU verknüpft;
- Die so entstandene Produktgeschichte wird sowohl für interne Zwecke als auch nach vereinbarten Regeln der Teilnehmer des Wertschöpfungsnerzwerkes zur Verfügung gestellt.

2.3.3 Klassifizierung von Tracking & Tracing-Systemen

Die Definition von T & T-Systemen (s. Unterkapitel 2.3.1) lässt offen, wie die Systeme ausgestaltet werden sollen. Dies führt zu verschieden Ausprägungen, die anhand von verschiedenen Typologien zu systematisieren sind. GOLAN ET AL. (2004, S. 3) schlagen drei Merkmale für die Differenzierung von T & T-Systemen vor: Breite (die Informationsmenge, die das System aufzeichnet); Tiefe (Anzahl der im System abzubildenden Rückwärts- und/oder Vorwärtsstufen des Wertschöpfungsnetzwerkes); Präzision (Sicherheitsgrad, mit dem die Bewegung oder Charakteristika einer Einheit benannt werden kann).

STEFANSSON und TILANUS (2000, S. 256 ff.) schlagen acht Attribute vor, mit denen die Ausgestaltung eines Rückverfolgbarkeitssystems beschrieben werden kann (s. Tabelle 2-5).

Attribut	Ausprägung	Beschreibung
Identifikationstechnologie für TRUs	Mensch-lesbarer Text	Erfordert manuelle Eingabe
	Maschinen-lesbare Barcodes[19]	Erfordert manuelles Einscannen und ermöglicht automatische Eingabe
	Radio Frequency Identification (RFID)[20]	Automatisches Lesen und Schreiben
	Rundfunksysteme	Übertragung und Empfang der Daten mit Satelliten
Reichweite des Systems	Transformation des Ortes (Transport)	Verfolgen und Finden der TRU auf ihrem Weg von Punkt A zum Punkt B
	Transformation der Zeit (Lagerung)	TRU ist an einem gegebenen Platz gelagert und nach einer gegebenen Periode abgerufen
	Transformation der Form (Transformationsprozesse)	Verknüpfung von eingehenden und ausgehenden TRUs bei der Integration, Trennung und Veränderung
Registrierungszeit und -ort	Kontinuierlich	Kontinuierliches Tracking auf dem Weg von A bis B mithilfe von Satelliten, z. B. Global Positioning System (GPS)
	Diskontinuierlich	Tracking an festgelegten Orten und zu bestimmten Zeitpunkten, z. B. Wareneingang oder Holzeinschlag
Hierarchielevel (Größe der TRU)	Ladungsträger-Ebene	Verfolgung der einzelnen Produkteinheit, des Kartons, der Palette, der LKW-Ladung etc.
	Chargenverfolgung	Verfolgung der Chargen, deren Größe nach verschiedenen Kriterien variieren kann
	Verfolgung der Aufträge	Es handelt sich sowohl um Kundenaufträge als auch Arbeitsaufträge

[19] „Der Barcode ist ein Binärcode aus einem Feld von parallel angeordneten Strichen und Trennlücken. Diese sind nach einem vorbestimmten Bild angeordnet und stellen Elementen von Daten dar, die auf ein zugehöriges Zeichen verweisen. […] Die Ablesung geschieht durch optische Laserabtastung“ (Finkenzeller 2006, S. 2)

[20] RFID ist eine Technologie zur Kennzeichnung von TRUs. „Ein RFID-System besteht aus einem Lesegerät und einem Transponder. Beide enthalten eine integrierte Schaltung (Chip) und eine Antenne, über die sie durch Radiowellen miteinander kommunizieren“ (Kern 2007, S. 1)

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Attribut	Ausprägung	Beschreibung
Anzahl der registrierten Attribute	Notwendige Attribute	Identität der TRU, aktueller Platz und aktuelle Zeit
	Zusätzliche Attribute	Ergänzung der notwendigen Attribute um z. B. Qualitäts-, Quantitätsinformationen, Informationen über Hersteller, Kunde, digitale Zertifikate, Herkunftsnachweise
Organisation des Systems	Zentrale Datenhaltung	Zentrale Datenbank, die von einem meist dominanten Partner des Wertschöpfungsnetzwerkes oder von einem Informationsvermittler als Drittpartei bereitgestellt wird
	Dezentrale Datenhaltung	Jeder Teilnehmer des Wertschöpfungsnetzwerkes hält T & T-System-Daten in seinem eigenen System
Zugänglichkeit des Systems	Intern	Zugriff nur für eigene Mitarbeiter und Systeme
	Extern	Zugriff für berechtigte Dritte
Aktivitätsgrad des Systems	Passiv	Informationen müssen vom Nutzer abgerufen werden
	Aktiv	Automatische Benachrichtigung des Nutzers insbesondere bei Abweichungen zwischen Ist- und festgelegten Planwerten

Tabelle 2-5: Merkmale für die Klassifizierung von T & T-Systemen[21]

Ein T & T-System kann papierbasiert oder IT-gestützt umgesetzt werden. Darüber hinaus ist die Kombination beider Varianten möglich (vgl. Peterson/Green 2006, S. 11). Bei der papierbasierten Rückverfolgbarkeit folgen dem Materialfluss geschriebene Daten auf Lieferscheinen, Rechnungen, Import-/ Exportgenehmigungen, Holzlisten etc. (vgl. Magera/Beaton 2009, S. 14). Diese Variante ist preiswert und eignet sich für kleine Unternehmen mit begrenzten Produktionslinien (vgl. Petersen/Green 2006, S. 11 f.). Je größer das Unternehmen ist und je komplexer das Wertschöpfungsnetzwerk ist, desto mühsamer und unzuverlässiger ist die Verwendung von papierbasierten Systemen. Die Verwaltung der großen Mengen von Informationen kann mit der IKT unterstützt werden (elektronische Rückverfolgbarkeit). Die Gegenüberstellung von Vorteilen und Nachteilen der beiden Varianten ist Tabelle 2-6 zu entnehmen.

	Papierbasierte T & T-Systeme	Elektronische T & T-Systeme
Vorteile	• Basierend auf vorhandenen Dokumentationen (z. B. Qualitätssicherung oder Lagerverwaltung-Dokumentation) • Kostengünstig zu implementieren • Flexible Änderungen	• Mögliche automatische Dateneingabe • Einfache Anreicherung mit Zusatzinformationen • Quasi Echtzeit-Verfügbarkeit von Informationen • Einfache Übertragung von Informationen zur internen und externen Datenverarbeitung • Schnelle und Lage-angepasste Berichte
Nachteile	• Bedarf an intensiver manueller Arbeit • Durch manuelle Eingabe verursachte Fehler • Medienbruch, wenn die Datenverarbeitung IT-gestützt stattfindet • Rückverfolgung von Informationen ist zeitaufwendig und schwierig (sequenzielle Informationsübertragung)	• Teure Ausrüstung • Bedarf an robusten Auto-ID-Lösungen • Leserate ist immer noch weniger als 100 % • Bedarf an einheitlichen Datenstandards • Mangel an IT-Know-how bei kleinen und mittleren Unternehmen

Tabelle 2-6: Vergleich zwischen papierbasierten und elektronischen T & T-Systemen[22]

Die elektronischen T & T-Systeme können nach Systemen mit zentraler und dezentraler Datenhaltung unterschieden werden (s. Tabelle 2-5). Bei der zentralen Datenbank wird ein einheitlicher

[21] Vgl. Stefansson/Tilanus 2000, S. 256 ff.

[22] In Anlehnung an Peterson/Green 2006, S. 12.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Standard verwendet, was die Bereitstellung von Informationen entlang des Wertschöpfungsnetzwerkes vereinfacht. Der Betrieb einer zentralen Datenbank wird von einem dominanten Unternehmen des Wertschöpfungsnetzwerkes oder einem Informationsprovider übernommen, der Lese- und Schreibrechte auf einem Datenbankteil dem Partnerunternehmen zuweist. Der Betreiber kann nicht nur Lese- und Schreibrechte zur Verfügung stellen, sondern auch das komplette Informationssystem anbieten. In diesem Fall wird das T & T-System nicht lokal installiert, sondern von einem Application Service Provider (ASP) über das Internet als Service angeboten und nutzungsbasiert abgerechnet (vgl. Lemm/Thees 2009, S. 504). Zu den Vorteilen der Software as a Service (SaaS)-Lösung aus Sicht der Teilnehmer der Supply Chain gehören: kein Bedarf an eigenem Know-how, externe Lösung von Updates, Wartung und Sicherheitsproblemen, schnelle Implementierung/Konfiguration, genau kalkulierbare Kosten, weltweiter Zugriff von jedem Browser sowie Vereinheitlichung und Standardisierung (vgl. Lemm 2009, S. 17). Outsourcing einer komplexen Systemarchitektur und des Datenmanagements sind besonders vorteilhaft für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit geringen finanziellen Ressourcen und IT-Kenntnissen.

Die dezentrale Datenbanklösung macht es jedem Teilnehmer des Wertschöpfungsnetzwerkes möglich, die volle Kontrolle über die Informationen im eigenen Unternehmen aufzubewahren (vgl. Melski et al. 2007, S. 182 ff.). Eine skalierbare T & T-Systemlösung, die in einem kleinen Maßstab beginnt und nach und nach erweitert wird, basiert auf verteilten Datenbanken (vgl. Wakayama et al. 2007, S. 42 ff.). Die Netzwerkverbindung ist eine notwendige Voraussetzung für den Zugriff auf Informationen in einer verteilten Datenbank. Als wesentlicher Nachteil der dezentralen Datenhaltung kann die Heterogenität von Standards genannt werden, die zum Einsatz kommen, was zur Inkompatibilität führen kann.

GAMPL (2006, S. 14 ff.) differenziert zwischen verketteten und integrierten T & T-Systemen. Während bei der Verkettung die Kooperation erst nach Bedarf und mit direkten Nachbarn entlang des Wertschöpfungsnetzwerkes möglich ist, setzt die Integration eine dauerhafte Kooperation zwischen Partnerunternehmen voraus. Bei der Verkettung werden die Unternehmen der Wertschöpfungskette ausfindig gemacht, indem die Informationen einer Stufe mit den Informationen der benachbarten Stufe verknüpft bzw. verkettet werden (vgl. Gampl 2006, S. 15). Die Weitergabe von Informationen erfolgt sequenziell, was zu einer langwierigen Informationsgewinnung führt. Ein weiteres Problem ist die Leistungsfähigkeit des schwächsten Gliedes der Lieferkette. Dieses muss auch in der Lage sein, die Lieferanten einer TRU zu nennen (vgl. Gampl 2006, S. 15 f.; Hollmann-Hespos 2008, S. 90). Die integrierten T & T-Systeme erlauben es, die Nachteile der Verkettung zu überwinden, da sie den direkten Zugriff auf Informationen der anderen Unternehmen für alle Teilnehmer ermöglichen. Voraussetzung dafür ist die Bereitschaft der Teilnehmer, die Daten den Partnern zur Verfügung zu stellen und Standards einzusetzen, welche es erlauben, die empfangenen Informationen eindeutig zu verstehen. Die integrierten Rückverfolgbarkeitssysteme können wiederum in zwei Arten aufgeteilt werden: die bereits oben dargestellten datenbankbasierte Lösungen und informationsakkumulierende Systeme.

In informationsakkumulierenden Systemen werden alle relevanten Informationen mit dem Produkt weitergegeben. Bei dieser Art von integrierten Rückverfolgbarkeitssystemen hat das letzte Glied der Kette (Einzelhändler) den Zugang zu allen Informationen, die generiert wurden. Dabei steigt die

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anzahl an Dokumenten, die mit der Ware weitergegeben werden, fast quadratisch mit der Teilnehmerzahl an (vgl. Gampl 2006, S. 20). Diese große Anzahl von Dokumenten verlangsamt das Auffinden von relevanten Informationen. Zudem ist das Vorhandensein von TRUs die Voraussetzung für den Informationszugriff. Das informationsakkumulierende System kann auch IT-gestützt realisiert werden. So können als Datenträger an den TRUs wiederbeschreibbare RFID-Transponder angebracht werden (Konzept „Data-on-tag“). Im Gegensatz unterstützen Datenbank-basierte Lösungen das Konzept “Data-on-network”, bei dem alle TRU-relevanten Daten in einer oder mehreren Datenbanken gespeichert werden. Lediglich die Identifikations-(ID)-Nummer wird auf der TRU angebracht und an verschiedenen Erfassungspunkten abgelesen. Somit ist nur eine Datenbankabfrage erforderlich, um die gewünschten Informationen zu erhalten. Die hier beschriebenen Konzepte für die Datenhaltung sind Abbildung 2-10 zu entnehmen.

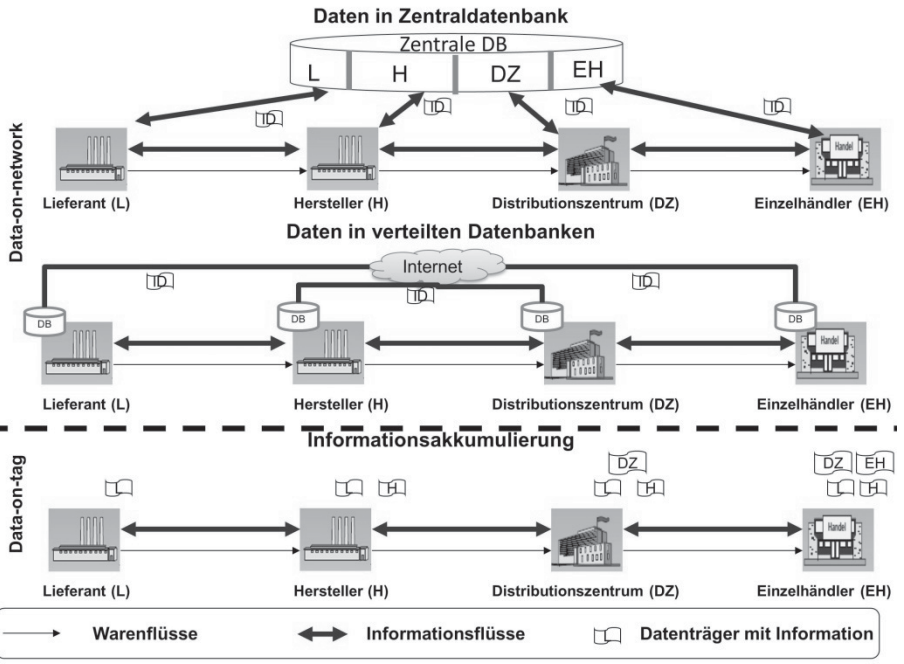


Abbildung 2-10: Konzepte der Datenhaltung in T & T-Systemen

Im Unterkapitel wurden mehrere Merkmale für die Klassifizierung dargestellt. Diese Merkmale werden im Weiteren verwendet, um die in Wertschöpfungsnetzwerken zum Einsatz kommenden T & T-Systeme präzise und vollständig zu beschreiben.

2.3.4 Rückverfolgbarkeitsmethoden für kontinuierliche und diskontinuierliche Prozesse

Wie Abbildung 2-8 zu entnehmen ist, wird die Verbindung zwischen T & T-System und TRUs mithilfe von Rückverfolgbarkeitsmethoden erstellt. Die zur Verfügung stehenden Methoden haben entweder die Kennzeichnung von physisch vorhandenen TRUs oder die Erzeugung von virtuellen TRUs aus kontinuierlichen Flüssen mit anschließender Datenverknüpfung zum Ziel. Nach KVARNSTRÖM (2010, S. 31 f.) ist zwischen vier Rückverfolgbarkeitsmethoden zu unterscheiden: Rückverfolgbarkeit mit Tracern, Rückverfolgbarkeit auf Basis von Prozessdaten, Rückverfolgbarkeit anhand von Materialsignaturen und markerbasierte Rückverfolgbarkeit.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Rückverfolgbarkeit mit Tracern

Zu den Tracern gehören chemische wie Lithiumchlorid (vgl. Aminian et al. 1998), Methylenblau (vgl. Pinheiro et al. 1998), Eisenpulver (vgl. Puaux et al. 2000) und radioaktive Substanzen wie Br^{82}, Na^{24}, Sc^{46} (vgl. Yianatos/Bergh 1992), die dem kontinuierlichen Fluss beigefügt werden, um das Verhalten dieser Ströme zu untersuchen. Es handelt sich um ein Experiment, das zu vorher festgelegen Zeitpunkten durchgeführt wird. In solchen Experimenten werden die Änderungen in dem Eingabeprozess durchgeführt, um die anschließenden Auswirkungen auf die Ausgabe zu verschiedenen Zeitpunkten zu messen (vgl. Fogler 2005, S. 871). Die Änderungen werden durch Einfügen von chemischen oder radioaktiven Tracern vorgenommen, die folgenden Regeln genügen (vgl. Wen/Fan 1975, S. 38 f.):

- Der Tracer sollte ähnliche physische Eigenschaften wie die zu untersuchende Strömung aufweisen und über die Fähigkeit zur Vermischung verfügen;
- Seine Einführung sollte das Strömungsverhalten nicht beeinflussen, somit sollte es auch in kleinen Mengen exakt feststellbar sein;
- Seine Konzentration sollte leicht überwacht werden;
- Eine Sorption der Tracer sollte nicht auftreten.

Bei den Experimenten wird die Verweildauer als einer der wichtigsten Parameter des Systemverhaltens in kontinuierlichen Prozessen ermittelt. ANDERSSON und PUCAR (1995, S. 9) definieren die Verweilzeit des Inputmaterials als die erwartete Zeit von der Eingabe am Eingang bis zum Verlassen am Ausgang des Strömungssystems. Mit anderen Worten, es handelt sich um die Zeit, welche das eingegebene Material im System verbringt (vgl. Fogler 2005, S. 870). Jedoch ist das Strömungsmuster in kontinuierlichen Prozessen in der Regel zu komplex, um sein Verhalten auf Basis experimenteller Messungen oder statistisch-theoretischer Überlegungen vorherzusagen (vgl. Wen/Fan 1975, S. 11). Darüber hinaus haben Ströme insbesondere bei heterogenen Materialien wie NawaRo einige Abweichungen von den idealen Strömungsmustern wie perfekte Vermischung oder Pfropfenströmung, z. B. Hold-Back, bei dem einige Elemente der Strömung mehr oder weniger als die durchschnittliche Zeit im System verbringen (vgl. Danckwerts 1953, S. 3857 ff.). Um das Systemverhalten besser einzuschätzen, kann anstatt von Residence Time die Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion (Residence Time Distribution (RTD)) mithilfe von Tracer-basierten Experimenten modelliert werden (vgl. Pinheiro Torres/Oliveirah 1998, S. 4). Die Strömungssimulation auf der Grundlage der RTD-Funktion ermöglicht es, die aktuelle Position eines Inputstoffes zu schätzen sowie den Ausgangszeitpunkt vorherzusagen. Die Residence Time legt dabei die Beziehungen zwischen den Ein- und Ausgabeeinheiten fest.

Der gravierende Nachteil dieser Methode ist die Nutzung von historischen Daten. Aktuelle Abweichungen können nicht berücksichtigt werden. Um die Output Zeit zu schätzen, ist neben der mit Tracern ermittelten Residence Time auch der Zeitpunkt des Einganges ins System (Prozessdaten) erforderlich. Somit ist diese Methode alleine nicht ausreichend. Sie wird als eine notwendige Voraussetzung für die Verwendung von Prozessdaten angesehen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Rückverfolgbarkeit auf Basis von Prozessdaten

Das Wissen über den Prozess in Form von Prozessdaten setzt auf mit der Tracer-Methode geschätzte Residence Time. Dabei gibt es zwei Vorgehensweisen. Zum einen kann ausschließlich der Zeitpunkt des Einganges der Inputstoffe in die kontinuierlichen Flüsse verwendet werden. Um den Zeitpunkt des Ausganges aus dem System zu ermitteln, ist zum Zeitpunkt des Einganges die bereits geschätzte Residence Time zu addieren. Diese Vorgehensweise ist einfach zu realisieren. Da sie auf historischen Daten basiert, werden Aspekte wie Segregation, Hold-Back sowie die heterogenen Eigenschaften von Inputstoffen vernachlässigt, was zu großen Abweichungen bei der Residence Time führen kann. Auf das Eliminieren dieser Nachteile setzt die zweite Vorgehensweise, bei der neben dem Zeitpunkt des Eingangs ins System die weiteren Prozessdaten in die RTD-Funktion einfließen, um den Zeitpunkt des Austritts genauer einzuschätzen. Die Auswahl der Prozessparameter spielt dabei eine große Rolle. Der Parameter muss Änderungen im Laufe des Prozesses aufweisen (vgl. Kvarnström 2010, S. 7). Zudem muss der Parameter kontinuierlich (oder zumindest regelmäßig) während des Prozesses gemessen werden. So haben LUNDQVIST und KUBULNIEKS (1995, S. 20 ff.) zwei Parameter für die Rückverfolgbarkeit in der Zellstoffindustrie identifiziert: Kappa-Zahl (Grad der Härte, Bleichheit oder Grad der Delignifizierung des Zellstoffes) und Helligkeit. Der Hauptvorteil dieser Vorgehensweise ist die Verwendung von bereits vorhandenen Daten (vgl. Kvarnström 2010, S. 7). Dies führt zu geringen Kosten, wobei die Residence Time auf der Grundlage von Quasi-Echtzeit-Daten bestimmt wird.

Rückverfolgbarkeit anhand der Materialsignatur

Bei dieser Methode wird anstelle der Prozessdaten die Variabilität in Strukturen oder der Menge und die Zusammensetzung von chemischen Elementen in einem Produkt überwacht. NawaRo sind Unikate, die unverwechselbare chemische, physikalische, genetische sowie radioaktive Eigenschaften aufweisen. Diese besonderen Eigenschaften wurden in mehreren Studien untersucht, mit dem Ziel, verschiedene auf der Materialsignatur basierende Rückverfolgbarkeitsansätze zu entwickeln (vgl. Charpentier/Choffel 2003; Chiorescu/Grönlund 2004a und 2004b; Fuentealba et al. 2004a usw.). Die Studien betrachten dabei alle Signaturarten: physikalischen Eigenschaften (physikalische Signaturen) wie Faserneigung, Dichte, Knoten (vgl. Charpentier/Choffel 2003) oder die Länge und Knoten (vgl. Flodin et al. 2008); chemische Zusammensetzung (chemische Signaturen) wie Holocellulose und Lignin (vgl. Nault/Manville 1997) oder emittierte flüchtige organische Verbindungen (vgl. Murphy/Franich 2004); radioaktive Spuren (radioaktive Signaturen) im Holz (vgl. Sandermann 1952); Holzartenbestimmung und Identifikation von Holzherkünften anhand von Genomen (genetische Signaturen) (vgl. BMELV o. Jg.).

Es gibt zwei Anforderungen für den Einsatz der Materialsignatur-Methode (vgl. Foster/Lees 2000, S. 4): Auswahl der Eigenschaft(en), die in der Lage sind, das Produkt eindeutig zu identifizieren und im Prozess unveränderbar sind; Vergleichbarkeit dieser Eigenschaften mit den Eigenschaften der anderen in diesem Prozess vorhandenen Produkte. Es ist empfehlenswert, das Verfahren während der Verformung oder Mischung zu verwenden, da bei den chemischen Prozessen die Eigenschaften verändert werden. Weitere Nachteile sind die relativ teure Ausrüstung für das Verfahren und der Mangel an praktischen Erfahrungen in Bezug auf die bereits entwickelten Methoden.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Markerbasierte Rückverfolgbarkeit

Markertechnologien kommen primär bei diskontinuierlichen Prozessen zum Einsatz. Dabei werden die Marker direkt an die TRU zum Zweck der eindeutigen Kennzeichnung angebracht. Die verschiedenen Markierungstechnologien für Holzprodukte wurden bereits von DYKSTRA ET AL. (2003) untersucht. Eine kurze Beschreibung der untersuchten Markertechnologien ist Anhang A zu entnehmen. Als meist verbreitete Markertechnologien für Rundholz werden der „branding hammer", Markierungen mit Farbe und Kreide sowie Plastikplättchen mit Nummern genannt, für Zwischen- und Endprodukte die konventionellen Labels mit Barcode (vgl. Dykstra et al. 2003, S. 265; Saunders 2006, S. 15; Hollmann-Hespos 2008, S. 3). Aufgrund der Vielzahl von Vorteilen wird die RFID-Technologie als die Markertechnologie der Zukunft bezeichnet (vgl. Murphy et al. 2012, S. 85). Die Vielzahl der Forschungen, die sich mit der RFID-Technologie für die Agrar-, Forst- und Holzwirtschaft beschäftigen, bestätigen diesen Trend (vgl. Du et al. 2010; Ehrhardt et al. 2010; Gan et al. 2011; Häkli et al. 2010 und 2013; Korten/Kaul 2008; Timpe 2006 usw.).

Marker können auch zum Zweck der Erzeugung von TRUs in kontinuierlichen Prozessen eingesetzt werden. Um dies zu erreichen, werden Marker in regelmäßigen Abständen dem Strom beigefügt. Die Marker dienen als Ausgangs- und Endpunkte für verschiedene Chargen (vgl. Kvarnström 2008, S. 375). Dieses Verfahren ist eine Weiterentwicklung der zuvor beschriebenen Tracermethode. Daher muss der Marker alle Anforderungen eines Tracers erfüllen. Zudem sollten Marker eindeutig sein, so dass die Mischung der Ströme modelliert werden kann. Diese Methode wird bereits in der Gesundheits- und Pharmaindustrie (vgl. Li et al. 2006) verwendet. Die gleiche Idee wurde bei der Entwicklung von RFID-Markern (Korn Dummies) sowie zucker- und cellulosebasierten Markern mit gedruckten 2D-Barcodes verwendet, um eine Rückverfolgbarkeit für Getreide (Schüttgut) zu realisieren (vgl. Liang 2013; Steinmeier et al. 2009).

Die Materialsignatur- und markerbasierte Rückverfolgbarkeit ermöglichen eine präzise Identifikation von TRUs ohne mathematische Kalkulationen und Schätzungen. Somit erlauben diese Methoden einen hohen Grad an Präzision. Jedoch ist die Umsetzung dieser Methode mit Investitionen in die entsprechende Infrastruktur verbunden. Zudem müssen sie in bereits bestehende Prozesse und Infrastrukturen integriert werden.

Die Gegenüberstellung von Vorteilen und Nachteilen der einzelnen Methoden ist Tabelle 2-7 zu entnehmen. Die Rückverfolgbarkeit mit Tracern und Prozessdaten gehört zu den indirekten Methoden, da sie primär bei kontinuierlichen Prozessen zum Einsatz kommt, um die TRUs auf Basis von Residence Time bzw. RTD-Funktion zu bilden. Dabei ist zu beachten, dass lediglich das Zusammenführen von beiden Methoden es ermöglicht, die Beziehungen zwischen Input und Output festzulegen. Deswegen wird im Weiteren immer von der Kombination dieser beiden Methoden gesprochen. Die Verwendung von Materialsignaturen und Markertechnologien ermöglicht im Gegensatz eine direkte Verfolgung von physischen TRUs. Da die Materialsignatur-basierten Methoden immer noch im Rahmen der Pilotprojekte umgesetzt werden, gehören unterschiedliche Markertechnologien zu den führenden Methoden für diskontinuierliche Prozesse. Um die lückenlose Rückverfolgbarkeit bei der komplexen Wertschöpfung während der stofflichen Nutzung von NawaRo, welche sowohl

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

kontinuierliche als auch diskontinuierliche Prozesse umfasst, zu realisieren, ist somit die Kombination von verschiedenen Methoden erforderlich.

Rückverfolgbarkeitsmethode	Vorteile	Nachteile
Rückverfolgbarkeit mit Tracern	Chemische Tracer	
	• Flexibel • Einfach zu nutzen • Geringe Kosten	• Bedarf nach Probensammlung • Basierend auf historischen Daten • Bedarf nach Prozessdaten
	Radioaktive Tracer	
	• Flexibel • Mögliche Messung von inneren Strömungen	• Gesundheitsgefahren • Genehmigungen erforderlich • Basierend auf historischen Daten • Bedarf nach Prozessdaten
Rückverfolgbarkeit auf Basis von Prozessdaten	• Nutzung von Daten aus Prozesskontrolle • Geringe Kosten	• Komplizierte Auswahl geeigneter Prozessparameter • Input-Daten für mathematische Modelle, die entwickelt und mit praktischen Experimenten nachgewiesen werden (Tracer-Methode) • Geringe Präzision
Rückverfolgbarkeit anhand Materialsignaturen	• Hohe Präzision • Innere Eigenschaft einer TRU (direkte Identifikation)	• Hohe Kosten • Zeitaufwändig (evtl. Probensammlung) • Verarbeitung von großen Datenmengen • Für chemische Prozesse nicht geeignet • Lediglich Pilotprojekte vorhanden
Markerbasierte Rückverfolgbarkeit	• Hohe Präzision • Direkte Anbringung an TRU (direkte Identifikation)	• Verarbeitung von großen Datenmengen • Entwicklung und Test von geeigneten Markern, die verschiedenen Regeln genügen müssen • Teilweise teure Implementierung und Integration

Tabelle 2-7: Vergleich von Rückverfolgbarkeitsmethoden[23]

In den Unterkapiteln 2.3.2 - 2.3.4 wurden die technischen Aspekte von T & T-Systemen betrachtet. Im folgenden Unterkapitel stehen die betriebswirtschaftlichen Aspekte im Fokus. Es wird geklärt, welche Gründe die Unternehmen dazu bewegen, T & T-Systeme einzurichten.

2.3.5 Gründe für die Einrichtung von Tracking & Tracing-Systemen

Die strenge Produkthaftung und die steigende Konsumentenmacht haben eine wichtige Rolle in der Historie von T & T-Systemen gespielt, die ihren Anfang in den späten 1960er Jahren haben (vgl. Ballou 1999, S. 129; Sohal 1997, S. 583; Steele 1995, S. 53). Fördernde Wirkung auf diese Entwicklung hatten die gesetzlichen Vorgaben, die in den letzten Jahrzenten verabschiedet wurden (z. B Verordnung (EG) 178/2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit; Verordnung (EG) 1935/2004 über Materialien und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen etc.). In den letzten Jahren wird viel über den Nutzen von Daten aus T & T-Systemen in den B2B- und B2C-Bereichen diskutiert (vgl. Bretzke et al. 2002; Khabbazi et al. 2010; Timpe 2006; Uusijärvi 2010). HOLLMANN-HESPOS (2008, S. 43) nennt die folgenden Nutzungsmöglichkeiten von T & T-System-Daten in diesem Kontext:

[23] In Anlehnung an Kvarnström, 2010 S. 33.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

T & T-System-Daten im Rahmen der Differenzierungsstrategie

Die Information über ein Produkt ist heute fast so wichtig wie das Produkt und dessen Preis selbst (vgl. Gampl 2006, S. 7). Sie wird als komplementäres Gut betrachtet. Die bereits durchgeführten Studien im B2C-Bereich zeigen, dass Verbraucher ein höheres Produktvertrauen und intensivere Kaufabsichten haben, wenn detaillierte Produktinformationen vorliegen (vgl. Aguilar/Cai 2010; Cai/Aguilar 2013a; Chen et al. 2008; Gracia/Zeballos 2005; Ortega et al. 2011; Scholz/Decker 2007; Ubilava/Foster, 2009). Weiterhin nehmen Verbraucher die Existenz eines Rückverfolgbarkeitssystems als Indiz für die Sicherheit wahr (vgl. Clemens 2003, S. 4 ff.). Die Bereitstellung von T & T-Informationen stellt einen neuen Service für Konsumenten dar und ist somit ein Differenzierungsmerkmal, was das Unternehmen von Wettbewerbern hervorhebt (vgl. Porter 1989, S. 34).

Das T & T-System trägt zur Differenzierung im Bereich der Zusammenarbeit entlang des Wertschöpfungsnetzwerkes bei. Die Anwesenheit von digitalen Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette kann helfen, die Informationsasymmetrie und Informationsunsicherheit zwischen den Partnern des Wertschöpfungsnetzwerkes zu reduzieren (vgl. Yu et al. 2001, S. 115). Zudem setzt die Teilnahme an dem System Hindernisse beim Zugang zu den Wertschöpfungsnetzwerken voraus und schützt somit die Marktanteile oder den Lieferantenpool, da die systematische Erhebung, Verarbeitung und Weitergabe von Informationen mit spezifischen Investitionen verbunden ist und somit die Einmaligkeit des Unternehmens für Partner bedeutet (vgl. Hollmann-Hespos 2008, S. 52). Die enge Zusammenarbeit zwischen den Partnern und der Austausch von Informationen führen auch zu einer verbesserten Koordination der Vorgänge und einer verbesserten Abstimmung der Produktion zwischen einzelnen Stufen des Wertschöpfungsnetzwerkes. Dies kann u. a. hohe Holzvorräte und Risiken der Holzverluste oder lange Durchlaufzeiten entlang der Wertschöpfungsnetzwerke (s. Unterkapitel 2.2.3) reduzieren.

T & T-System-Daten als Instrument des Risikomanagements

Kürzere Produktlebenszyklen und Entwicklungszeiten, Teilevielfalt und Komplexität in den Abläufen durch Mehr-Marken- und Mehr-Produktstrategie, erschwerte Qualitätssicherung durch Outsourcing von Aktivitäten sind die Gründe für die zunehmende Anzahl von Warenrückrufen (vgl. Fischer 2006, S. 178 f.). So hat sich die Anzahl von Warnungen über holzbasierte Produkte mit erheblichem Risiko für Verbraucher in Europa verdoppelt von 20 im Jahr 2005 auf 43 im Jahr 2014 (vgl. European Commission o. Jg.a). Eine entscheidende Rolle spielt die Rückverfolgbarkeit als Risikobewältigungsinstrument, um Schaden, der im Fall eines Rückrufes von Waren entsteht, für alle Beteiligten möglichst gering zu halten. Warenrückrufe können zu dramatischen wirtschaftlichen Konsequenzen führen. Es handelt sich um Umsatzeinbußen (nicht verkaufbare mangelhafte Ware, Nicht-Lieferfähigkeit bis zur Fehlerbehebung, Schwächung der Marke, der Kundenbindung und Wettbewerbsposition) und Kostensteigerungen (durch Entsorgung der mangelhaften Waren, Entschädigungen, Durchführung von Sonderanalysen und Kommunikationsmaßnahmen, evtl. Umpositionierung der Marke und Anpassung der Markenstrategie) (vgl. Hollmann-Hespos 2008, S. 59 f.). Warenrückrufe sind mit Imageverlust verbunden. Nach einer Studie von HENDRICKS und SINGHAL (2003) führen bekannt gewordene Störungen wie Rückrufaktionen zu dem Verlust von Unternehmenswert in Höhe von 10,82 %. Als Beispiel für bekannt gewordene Störungen kann hier

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

die Rückrufaktion von Coca Cola genannt werden, nachdem Getränkedosen durch Holschutzmittel auf Holzpalletten zu deren Lagerung kontaminiert wurden. Die Kosten der Rückrufaktion betrugen 800 Mio. $, wobei der Imageschaden dazu geführt hat, dass der Börsenwert des Unternehmens um 18 Mrd. $ sank (vgl. Fischer 2006, S. 176 f.). Es ist ersichtlich, dass T & T-Systeme solche Warenrückrufe nicht direkt eliminieren können. Diese Systeme erlauben es allerdings, das Problem schnell zu identifizieren, Ursachen zu finden und Gegenmaßnahmen einzuleiten, sodass die öffentliche Gesundheit geschützt und Folgekosten reduziert werden (vgl. Samarasinghe et al. 2009, S. 152). Da die Begrenzung der betroffenen Waren möglich ist und ihr Verbleib schnell ermittelt werden kann, ist es in einigen Situationen möglich, die Waren vor dem Verkauf an den Endverbraucher zurückzuführen, sodass die Öffentlichkeit durch den Rückruf nicht betroffen wird (stiller Rückruf). Dabei ist zu beachten, dass stille Rückrufe nur einen Bruchteil der Schäden, die beim öffentlichen Rückruf entstehen, verursachen (vgl. Hollmann-Hespos 2008, S. 58 f.). Es ist auch nicht zu vergessen, dass die Systeme die Ermittlung des Verursachers des Problems ermöglichen, was eine unabdingbare Hilfe bei den Haftungsfragen ist.

T & T-System-Daten für die Verbesserung der inner- und überbetrieblichen Prozesse

Die Analyse der T & T-System-Daten über inner- und überbetriebliche Geschäftsprozesse mit zugehörigen Materialflüssen macht es möglich, die Schwachstellen sowie das Verbesserungspotenzial bei diesen Prozessen zu identifizieren. Dies ermöglicht eine Verbesserung der Abläufe, bei der die Steigerung der Produktivität, eine Reduzierung der Kosten und der Abbau von Schwachstellen erreicht werden kann (vgl. Hollmann-Hespos 2008, S. 66 f.). Um auf Abweichungen in Prozessen rechtzeitig reagieren zu können, sind Informationen erforderlich, die in hoher Qualität und Aktualität von T & T-Systemen zur Verfügung gestellt werden können (vgl. Bretzke et al. 2002, S. 1 ff.). Diese Tatsache kann besonders wichtig im Kontext der stofflichen Nutzung von NawaRo sein. Wie in Unterkapitel 2.2.2 bereits beschrieben wurde, sind die Erntezeit, Qualität und Quantität von NawaRo aufgrund des natürlichen Wachstums von Faktoren wie Wetter und Umwelteinflüssen abhängig. Zudem wird die Qualität und Quantität von Transport- und Lagerbedingungen beeinflusst. Abbildung 2-11 fasst verschiedene Typen und Quellen von Abweichungen zusammen. Es ist anzunehmen, dass Informationen über die Abweichungen in Qualität, Quantität und Lieferungszeitpunkten so früh wie möglich Herstellern bekannt gegeben werden sollten, um darauf zu reagieren und Folgekosten zu reduzieren.

Ein weiterer Grund für die Einführung von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung ist die Unterstützung der Zertifizierung. Unter Zertifizierung wird ein „Evaluationsprozess durch eine neutrale Drittpartei, welche die Einhaltung bestimmter Standards überprüft“ verstanden (Freiling 2001, S. 1935). Als Ergebnis des erfolgreichen Audits gilt ein „Zertifikat“, das als Nachweis in der Kommunikation mit Konsumenten, Kunden und Behörden agiert. Dieser Nachweis informiert die externen Parteien darüber, dass das Unternehmen die vorgegebenen Standards gewissenhaft erfüllt (vgl. Bruhn/Georgi 2001, S. 814). Dabei enthalten fast alle Zertifizierungsstandards Vorgaben zur Dokumentation der Produktionsprozesse und Rückverfolgbarkeit von hergestellten Produkten (vgl. Hollmann-Hespos 2008, S. 64 f.). Als wichtigster branchenneutraler Zertifizierungsstandard gilt die ISO-Norm Reihe 9000ff, welche die Umsetzung des Qualitätsmanagements im Unternehmen regelt. Es ist die Aufgabe des Qualitätsmanagements, die einzelnen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Prozessschritte im Unternehmen zu überwachen. Die Rückverfolgbarkeit stellt dabei sicher, dass ein Nachweis über die Unbedenklichkeit der einzelnen Schritte geführt werden kann (vgl. Hannus et al. 2008, S. 60). Als Beispiel branchenspezifischer Zertifizierungsstandards können die CoC-Standards genannt werden, die das Vorhandensein eines Rückverfolgbarkeitssystems über das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk zur Dokumentation und Überwachung der holzbasierten Flüsse voraussetzt (vgl. Nussbaum/Simula 2005, S. 64).

Qualitätsdimension	Quantitätsdimension	Zeitbezogene Dimension
• Beschädigung durch Schädlinge oder Pilze während der Wachstumsphase, Lagerung oder des Transportes; • Beschädigung durch Unwetter, Naturkatastrophen; • Veränderte Eigenschaften aufgrund des Wetters (z. B. Reifegrad); • Sachmängel, die während des Wachstums oder der Ernte entstehen (Kallus, Narben, Insektengänge); • Natürliche Qualitätseinbußen (Vertrocknung oder Schrumpfung) während des Transportes oder Lagerung	• Ausfall durch Unwetter, Naturkatastrophen; • Ausfall durch Schädlinge oder Pilze während der Wachstumsphase, der Lagerung oder des Transportes; • Wachstumsschwankungen aufgrund von Witterungsbedingungen; • Natürlicher Schwund durch Verderb oder Verdunstung; • Illegaler Holzeinschlag und Holzdiebstahl während der Lagerung und des Transportes	• Verzögerung des Erntezeitpunktes durch Wachstumsschwankungen oder Wetterbedingungen; • Frühere Ernte oder vorzeitiger Transport durch Sturmschäden; • Veränderter Abtransportzeitpunkt auf Grund von Wetterbedingungen (z. B. unpassierbare Straßen, starker Regen während der Trocknung auf dem Feld) • Jede Störung in der Lieferkette, die Diskontinuität verursacht (Ausfall des Transportmittels, nicht ausreichende Anzahl von verfügbaren Erntemaschinen) • Fehlende Informationen über Abhol-/ und Lieferdaten • Ungewisser Anfall von Rohstoffen bei Kaskadennutzung

Abbildung 2-11: Arten und Quellen von Abweichungen bei NawaRo[24]

Zusammenfassend können drei Treibergruppen für die Einführung von T & T-Systemen genannt werden: Nutzen von Daten aus T & T-Systemen in den B2C- und B2B-Bereichen; Unterstützung der Zertifizierungsprozesse; Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben. Während die Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben (Rückverfolgbarkeit auf Zwang) und Nutzen von Daten aus T & T-Systemen in den B2C- und B2B-Bereichen (freiwillige Rückverfolgbarkeit) die Extrempunkte darstellen, liegt der Treiber „Unterstützung der Zertifizierungsprozesse“ dazwischen. Diese Position in der Mitte wird dadurch erklärt, dass die Zertifizierung auf Anforderung von externen Parteien durchgeführt und es sogar von dem Gesetzgeber erwartet wird, dass die erfolgreiche Umsetzung der Gesetze auf Basis der bereits vorhandenen Standards realisiert wird.

[24] In Anlehnung an Friedemann 2014, S. 40.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

3 Stand der Forschung zu Tracking & Tracing-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen

In diesem Kapitel wird der aktuelle Forschungsstand zu Tracking & Tracing-Systemen in dem ausgewählten Einsatzbereich dargestellt. Hierzu wird zunächst der Stand der Forschung systematisiert, analysiert und darauf aufbauend resultierende Forschungslücken dargestellt. In Kapitel 3.1 wird die gewählte Vorgehensweise bei der Literaturauswertung beschrieben, und in Kapitel 3.2 werden die Ergebnisse der Literaturanalyse dargelegt, wobei in Unterkapitel 3.2.1 die Untersuchung der Kernbereiche der T & T-Systeme dargestellt werden, in Unterkapitel 3.2.2 auf die Nutzenpotenziale von T & T-Systemen eingegangen wird und in Unterkapitel 3.2.3 die Pilotprojekte analysiert werden. Das Kapitel wird mit der Darstellung der Forschungslücken abgeschlossen (Kapitel 3.3).

3.1 Vorgehensweise bei der Literaturauswertung

Die Methode, die zur Untersuchung des aktuellen Standes in der Forschung gewählt wird, ist eine systematische Literaturanalyse auf Basis der Arbeiten von WEBSTER und WATSON (2002, S. xvii), FETTKE (2006a, S. 29), COOPER (1988) und VOM BROCKE ET AL. (2009). Tabelle 3-1 hilft bei der Charakterisierung der durchgeführten Literaturanalyse.

Kriterium	**Positionierung der Untersuchung**			
Inhaltliches Ziel	Integration	Kritik		**Erfassen zentraler Themen**
Literaturumfang	Schlüsselarbeiten	Repräsentativ	Selektiv	**Möglichst vollständig**
Fokus der Auswertung	**Forschungsergebnis**	Forschungsmethode	Theorie	**Anwendung**
Struktur	Historisch	Autorenzentriert	**Thematisch**	Methodisch

Tabelle 3-1: Methodische Positionierung der Literaturreviews

Das **inhaltliche Ziel** der Literaturanalyse ist es, bestehende Beiträge der wissenschaftlichen Literatur zu T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo zu identifizieren und zusammenzufassen. Der Fokus liegt dabei auf dem Herausfinden von Fragen und Facetten, welche die Forschung in den letzten Jahren dominiert haben.

Bei dem **Literaturumfang** wird angestrebt, alle bzw. zumindest die meisten relevanten Beiträge zu identifizieren. Zur Identifikation von Beiträgen wurden die gängigen wissenschaftlichen Suchmaschinen, insbesondere EbscoHost, SpringerLink, ScienceDirect, CiteSeer, Elsevier, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Xplore, InderScience, Journal Storage (JSTORE), Wiley Online Library, Google Scholar sowie die Holz-Wirtschaft-Literaturdatenbank (HoWiLit) durchsucht. Zudem wurde auch in den Bestandskatalogen deutscher Universitäten recherchiert, wobei der Fokus auf dem Gemeinsamen Verbundkatalog (GVK) lag. Als Suchbegriffe dienten die für diese Arbeit relevanten Fachbegriffe „Rückverfolgbarkeit“, „Traceability“, „Tracking“ und „Tracing“. Während der Suche wurde bewusst anstatt eines und-Operator ein oder-Operator zwischen den Begriffen „Tracking“ und „Tracing“ verwendet. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, gleichzeitig drei verschiedene

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Suchvarianten abzudecken: nach dem Fachbegriff „Tracking“; nach dem Fachbegriff „Tracing“ und nach dem Fachbegriff „Tracking & Tracing“. Da der Forschungsstand von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo untersucht werden soll, wurden bei allgemeinen Literaturdatenbanken die o. a. Fachbegriffe mit Begriffen aus den entsprechenden Forschungsdomänen kombiniert. Die Auswahl der Begriffe aus den Forschungsdomänen erfolgte auf Basis der NawaRo, die als Ausgangsmaterial der betrachteten Wertschöpfung agieren. Somit wird die Forst- und Holzwirtschaft mit dem Begriff „Holz“ und die Agrarwirtschaft mit dem Begriff „Faserpflanzen“ dargestellt. Da sowohl Holz als auch Faserpflanzen die typischen Vertreter der NawaRo sind, wurden Fachbegriffe auch mit dem Begriff „Nachwachsende Rohstoffe“ kombiniert. Die verwendeten Suchbegriffe für die durchgeführte Literaturrecherche (sowohl auf Deutsch als auch auf Englisch) sind in der nachfolgenden Abbildung 3-1 zusammengefasst.

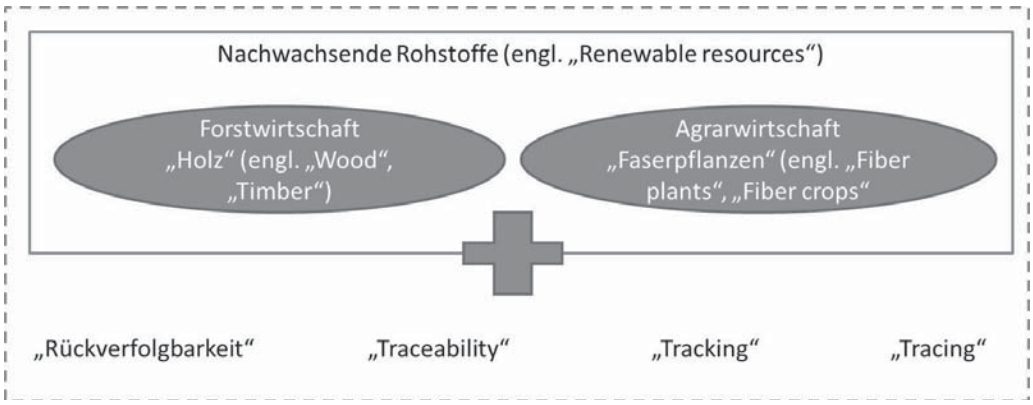


Abbildung 3-1: Verwendete Suchbegriffe der Literaturrecherche

Die Literaturrecherche wurde während der gesamten Erstellungszeit der Arbeit ständig aktualisiert, mit dem Ziel, ein möglichst vollständiges Abbild des aktuellen Forschungsstandes zu schaffen (vgl. Fettke 2006, S. 259 f.). Betrachtet wurden Journalbeiträge, Konferenzbeiträge, Arbeitsberichte, Monografien (Dissertations- und Habilitationsschriften), Beiträge in Sammelbänden sowie Lehrbücher.

Der **Fokus der Literaturauswertung** liegt sowohl auf den Forschungsergebnissen als auch auf den Anwendungen (Pilotprojekte), die im Rahmen dieser Arbeiten entstanden sind. Strukturell erfolgt die Ergebnisdarstellung **thematisch**. Die Ergebnisse werden sowohl gemäß der technischen als auch der betriebswirtschaftlichen Sicht dargestellt. Bei der technischen Sichtweise wird analysiert, welche Kernbereiche der T & T-Systeme (s. Abbildung 2-9) im Fokus der bisherigen Forschungsarbeiten lagen. Die betriebswirtschaftliche Perspektive wird anhand von Gründen für den Einsatz von T & T-Systemen (s. Unterkapitel 2.3.5) untersucht.

Nach COOPER und HEDGES (1994, S. 8 ff.) erfolgt die Literaturanalyse in drei Phasen: Ergebnissichtung, Ergebniszuordnung und Ergebnisanalyse. Die Ergebnissichtung umfasst eine Relevanzprüfung identifizierter Beiträge hinsichtlich der T & T-Systeme im ausgewählten Bereich. Hierbei werden solche Beiträge als nicht relevant eingestuft, welche die Rückverfolgbarkeit allgemein als Konzept auffassen, jedoch keine konkreten Erkenntnisse über die darunterliegende Ebene von T & T-Systemen (s. Abbildung 2-8) oder über die betriebswirtschaftlichen Aspekte beinhalten.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Während der Ergebniszuordnung werden alle als relevant identifizierten Beiträge nach den Kernbereichen (s. Abbildung 2-9) und Gründen für die Errichtung von T & T-Systemen (s. Unterkapitel 2.3.5) kodiert (vgl. Cooper/Hedges 1994, S. 11). Dies ermöglicht es, aufzuzeigen, wo bisher nur ein geringer bzw. kein Erkenntnisgewinn erfolgt ist. Im abschließenden Schritt werden die identifizierten Beiträge hinsichtlich der enthaltenen Erkenntnisse analysiert und diskutiert. Ausführliche inhaltliche Details sind den jeweiligen Arbeiten zu entnehmen.

3.2 Ergebnisse der systematischen Literaturanalyse

Nach Sichtung der Abstracts und einer Auswertung der Literaturverzeichnisse der gefundenen Arbeiten sind 78 Treffer verblieben, die für die vorliegende Arbeit relevant sind.[25] An der Spitzenposition stehen die Journalartikel, gefolgt von Konferenzbeiträgen. Die Quellenanalyse der identifizierten Literatur ist Abbildung 3-2 zu entnehmen.

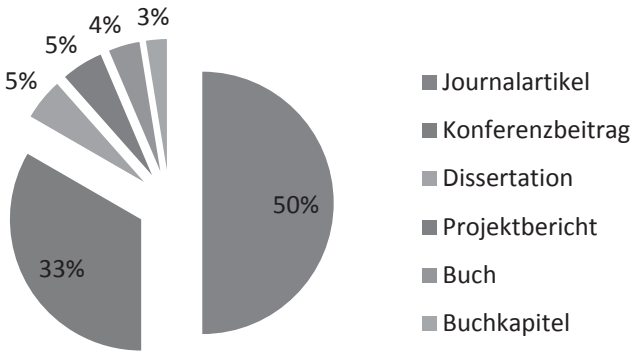


Abbildung 3-2: Quellenstruktur der identifizierten Literatur (N=78)

72 identifizierte Quellen fokussieren sich auf die technischen Aspekte der T & T-Systeme (s. Tabelle 3-2). Sie betrachten entweder die jeweiligen Kernbereiche oder komplette Systeme, die im Rahmen der Pilotprojekte implementiert wurden. Der Untersuchung der Kernbereiche widmen sich 59 Quellen (s. Unterkapitel 3.2.1). In 13 Quellen werden Pilotprojekte vorgestellt. Die Beschreibung von diesen Projekten erfolgt im Unterkapitel 3.2.3.

Kernbereiche von T & T-Systemen				**Pilotprojekte und Implementierung von kompletten T & T-Systemen**
Identifikation	Datenerfassung	Datenverknüpfung	Datenkommunikation	
54 Quellen	36 Quellen	2 Quellen	2 Quellen	13 Quellen

Tabelle 3-2: Quellen zu technischen Aspekten von T & T-Systemen

Es gibt lediglich sechs Quellen, die sich ausschließlich mit betriebswirtschaftlichen Aspekten beschäftigen. Zudem wurden 21 Quellen identifiziert, die primär auf die technischen Aspekte und sekundär auf die Gründe für die Errichtung von T & T-Systemen eingehen. Wie Tabelle 3-3 zu

[25] Die vollständige Auflistung der identifizierten Quellen ist Anhang B zu entnehmen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

entnehmen, sind die Potenziale aus allen drei Richtungen von Interesse. Die Darstellung dieser Quellen erfolgt in Unterkapitel 3.2.2.

Gründe für die Errichtung von T & T-Systemen		
Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben	**Unterstützung der Zertifizierungsprozesse**	**Nutzen von Daten aus T & T-Systemen in B2B- und B2C-Bereichen**
Quellen mit primärem Fokus auf die betriebswirtschaftlichen Aspekte		
2 Quellen	1 Quelle	4 Quellen
Quellen mit sekundärem Fokus auf die betriebswirtschaftlichen Aspekte		
4 Quellen	3 Quellen	16 Quellen

Tabelle 3-3: Quellen zu betriebswirtschaftlichen Aspekten von T & T-Systemen

3.2.1 Forschung über Kernbereiche von Tracking & Tracing-Systemen

Wie Tabelle 3-2 zu entnehmen, wird die Forschung durch die Entwicklung von neuen bzw. die Verbesserung von bereits vorhandenen ID-Technologien und zugehörigen Erfassungstechnologien dominiert (54 Quellen von 78). Der Untersuchung der restlichen Kernbereiche widmen sich lediglich vier Quellen.

3.2.1.1 Identifikation und Datenerfassung

Aus drei in Unterkapitel 2.3.4 dargestellten Rückverfolgbarkeitsmethoden wurden die Rückverfolgbarkeit anhand der Materialsignatur (28 Quellen) und die markerbasierte Rückverfolgbarkeit (18 Quellen) in den letzten Jahren intensiv untersucht. Im Gegensatz dazu ist die Rückverfolgbarkeit auf Basis von Prozessdaten lediglich in einer Quelle analysiert. So haben LUNDQVIST und KUBULNIEKS (1995) die Prozessvariablen identifiziert (Helligkeit und Kappa Nummer), welche verwendet werden können, um mithilfe der RTD-Funktion die zeitlichen Abweichungen bei dem Faservlies in einer Zellstofffabrik zu berechnen.

Im Mittelpunkt der Forschung bzgl. der Materialsignatur stehen:

- Rückverfolgbarkeit auf Basis stabiler Isotope wie Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Kohlenstoff (z. B. Boner et al. 2008; Förstel 2008);
- Rückverfolgbarkeit auf Basis mechanischer Holzeigenschaften wie Wassergehalt, Dichte, Neigung und Richtung der Faser, die mit der Mikrowellentechnologie gemessen werden (z. B. Charpentier/Choffel 2003; Fuentealba et al. 2004a ubd 2004b);
- Rückverfolgbarkeit auf Basis der äußeren Form des Holzstückes wie Länge, Durchmesser, Abholzigkeit, Ovalität, Krümmigkeit, die mit 2D-Scanner (z. B. Chiorescu et al, 2003), mit 3D-Scanner (z. B. Chiorescu et al. 2004), mit X-Ray-Laser und 3D-Scanner (z. B. Flodin 2008, Flodin et al., 2007, 2008a und 2008b) erfasst werden;
- Rückverfolgbarkeit auf Basis von Deoxyribonucleic Acid (DNA)-Barcodes wie Kern- und Chloroplasten-Mikrosatelliten sowie Einzelnukleotid-Polymorphismus (z. B. Degen/Fladung 2008; Degen et al. 2010; Deguilloux et al. 2003; Deguilloux et al 2004; Finkeldey et al 2008;

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Finkeldey et al. 2010; Jolivet/Degen 2012; Lowe et al. 2010; Nuroniah 2010; Smulders et al. 2008; Tnah et al, 2009 und 2012);

- Rückverfolgbarkeit auf Basis der mikrobiellen Flora im Holz (z. B. El Sheikha et al. 2013).

Während die Rückverfolgbarkeit auf Basis der mechanischen Holzeigenschaften oder der äußeren Form die Rückverfolgbarkeit der einzelnen Items ermöglicht, ist die Rückverfolgbarkeit auf DNA- oder mikrobieller Basis als Barcode zu verstehen, der eine Klasse und nicht die einzelnen Holzstücke eindeutig identifiziert, mit deren Hilfe die Holzherkunft überprüft werden kann. Um die Rate der richtigen Identifikation auf Basis der mechanischen Eigenschaften und der äußeren Form zu erhöhen, wurden verschiedene Algorithmen entwickelt (vgl. Pahlberg et al. 2015, Schraml et al. 2014a und 2014b). Nichtdestotrotz gibt es immer noch lediglich Pilotprojekte auf diesem Gebiet.

Auch bei der Markierung als Rückverfolgbarkeitsmethode existieren mehrere Forschungsrichtungen: RFID-Markierung, Code-Markierung und die Kombination aus verschiedenen Markierungsmethoden.

RFID-Markierung

EHRHARDT ET AL. (2010) diskutieren den Einsatz von RFID in Supply Chains für NawaRo. Sie kommen zu dem Fazit, dass aufgrund der besonderen Eigenschaften (Robustheit, automatisches Erfassen, Pulkerfassung, Data-on-Tag-Fähigkeit) diese Technologie ein hohes Potenzial aufweist. Jedoch müssen noch die Standards für den Datenaustausch entwickelt werden, um den RFID-Einsatz in der Praxis zu fördern. **HÄKLI ET AL. (2010)** betonen auch die Vorteilhaftigkeit des RFID-Einsatzes und leiten vier Anforderungen an RFID in der Rundholz-Supply Chain ab: (1) spezielle Lösungen für Holz aufgrund des Wassergehaltes; (2) einfache Anbringung, die eine hohe Leserate ermöglicht; (3) keine Störung der Prozesse durch die Bestandteile der RFID-Transponder; (4) Möglichkeit der kostengünstigen Massenproduktion von Transpondern. Auch **TIMPE (2005; 2006)** analysiert den Einsatz von RFID- und Barcodemarkierungen für Rundholz und empfiehlt, passive, nicht wiederbeschreibbare RFID-Transponder zu verwenden, auf welchen ausschließlich ID-Nummern gespeichert werden. Die zugehörigen Informationen sollen dabei in einer zentralen Datenbank gespeichert werden. Da die Transponder in einem offenen System verwendet werden, sind die laufenden Kosten groß. Um sie geringer zu halten, wurde vorgeschlagen, anstatt einzelner Holzstücke die Polter zu kennzeichnen.

Der RFID-Einsatz in der Rundholz-Supply Chain, differenziert nach motor-manuellem und hoch mechanisiertem Holzeinschlag, wurde zudem von **KORTEN und KAUL (2008)** untersucht. Während bei dem motor-manuellen Holzeinschlag die Transponder manuell eingetragen werden, erfolgt das Anbringen des Transponders im hochmechanisierten Holzeinschlag mithilfe des speziell entwickelten Gerätes am Harvesterkopf. Diese Vorgehensweise ermöglicht das Anbringen des Transponders, ohne die Arbeitsprozesse zu unterbrechen bzw. zu verzögern. Es wurden auch Anforderungen an die Position der Transponder als auch an die Lesevorgänge in Forstbetrieben und Sägewerken abgeleitet.

Es gibt auch Arbeiten, die sich auf die Entwicklung von Antennen und das Design von RFID-Transpondern für spezielle Einsatzgebiete fokussieren. So widmen sich **OHNIMUS ET AL. (2010)** der

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Entwicklung von passenden Transpondern für die Holzstücke. **LEHTO ET AL. (2009)** haben die entsprechenden Tag-Antennen für die Papierindustrie entwickelt und Leseeinheiten in die Papierbearbeitungsmaschine integriert. Es wurden auch die Erfassungspunkte für die mit RFID-Transpondern ausgestatteten Papierrollen entlang der Supply Chains festgelegt. Sie haben vorgeschlagen, auf Transpondern ausschließlich ID-Nummern zu speichern. Die dafür erforderliche Systemarchitektur soll allerdings erst in zukünftigen Forschungsarbeiten entwickelt werden. **VIRTANEN ET AL. (2013)** haben Inkjet-bedruckte Sperrholz-embedded-RFID-Tags entwickelt, welche mit direktem Tintenstrahldruck auf reines Birkenfurnier aufgetragen werden. Die Testergebnisse decken die Faktoren auf, welche Einfluss auf die Zuverlässigkeit und Leistung der entwickelten Transponder haben: Tagposition auf der Sperrplatte, gegenseitige Wirkungen zwischen Tags sowie die Dicke der Platte.

Code-Markierung

JUURMA und TAMRE (2010) haben ein System für die Kode-Markierung und -Dekodierung entwickelt. Um die Leserate zu erhöhen, wurden verschiedene Algorithmen herausgearbeitet. Zudem wurde empfohlen, eine lumineszierende Markierung zu verwenden, um den Einfluss vom Kode-Hintergrund auf das Bild deutlich zu reduzieren. In Arbeiten von **SEIDLA und UUSIJÄRVI (2004) sowie VON SEIDLA (2004)** wurde die Markierung der Holzstücke mit fluoreszierenden Farben als eine Art der lumineszierenden Markierung untersucht. Der wichtigste Vorteil dieser Methode ist die höhere Leserate aufgrund der besseren Erkennung durch Bildlesesysteme im Vergleich zu Imprägnierungsverfahren sogar unter Schneebedeckung. Als Nachteile können die Kosten der Farbe sowie die Empfindlichkeit gegenüber Witterungsbedingungen während der Markierung genannt werden.

Kombination von Markierungsmethoden

Um die Rückverfolgbarkeit vom stehenden Baum bis zu den Schnitthölzern zu realisieren, ist die Kombination von mehreren Methoden erforderlich. So schlagen **BLACKBURN ET AL. (2010)** vor, zwei verschiedene Markierungsmethoden zu kombinieren. Im Forstbetrieb wird ein nummerierter Plug unter die Rinde des stehenden Baums gebohrt. Vor dem Sägen wird auf das Holzstückende das Template mit der ID-Nummer des Baumes geklebt. Damit diese Kombination aus Markierungen funktioniert, benennen die Autoren eine Liste von Anforderungen: Anbringen von Plugs an den Holzstücken, wenn der Stamm geschnitten wird, Waschen der Holzstücke, um Nummer zu lesen, Bestimmung der Markierungsdichte für das Template, Position des Holzstückes und Sägemuster für Template etc.

Die Kombination von zwei Markierungsverfahren hat auch **SCHNEIDER (2010)** vorgeschlagen: RFID für Rundhölzer und Tinten- oder Laserdruck für Schnitthölzer. Als Herausforderungen, die im Rahmen der weiteren Forschung zu lösen sind, wurden genannt: die Entwicklung von für Holz geeigneten RFID-Transpondern, die leicht anzubringen, zu entfernen und nicht störend für die weiteren Prozessschritte sind, sowie die technisch anspruchsvolle Integration des ID-Systems in die Prozesse des Sägewerkes aufgrund von starken Vibrationen.

KVARNSTRÖM und OJA (2010) haben eine Fallstudie in einem Sägewerk durchgeführt. Dabei wurden drei verschiedene Markierungsmethoden kombiniert: RFID für Rundholz; Farbmarkierung für Schnitthölzer, Kodemarkierung für Schnitthölzer nach der grünen Sortierung. Als Herausforderungen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

wurden von den Autoren das Matching zwischen X-Ray-, 3D-Laser-Daten aus der Rundholzsortierung und den ID-Daten des Rundholzes sowie die geringe Präzision der Farbmarkierung genannt. Weiterhin werden drei Herausforderungen beim RFID-Einsatz in kontinuierlichen Prozessen erwähnt: Störung der Prozesse; kompliziertes Auslesen der Transponder in kontinuierlichen Flüssen; immer noch hohe Transponderpreise.

Zwei verschiedene Markierungstechnologien für Holzstücke betrachten auch **LYCKEN und SALIN (2007)**. Zum einen handelt es sich um RFID-Transponder, zum anderen um Nanopartikel-Tinte, welche beim Aussetzen von Infrarotlicht sogar über Dreck, Schnee etc. fluoreszieren kann. Während für die Rundholzmarkierung beide Methoden zum Einsatz kommen können, wird für die Schnittholzmarkierung das Ink-Printing vorgeschlagen. Die Idee der Rundholzmarkierung mit Ink-Printing wurde von **MÖLLER (2011)** implementiert. Auf dem Holzstückende wird während des Holzeinschlages eine 2D-Markierung aufgetragen, die mit speziellen Lesegeräten im Sägewerk ausgelesen wird. Bei diesem Verfahren ist es gelungen, den Applikator in den Harvester zu integrieren, so dass keine Zeitverluste durch das Anbringen der Markierung entstehen. Die Ink-Printing-Markierung für Schnitthölzer wurde in zwei Studien von **PÕLDER ET AL. (beide 2010)** untersucht. Sie haben u. a. die Probleme identifiziert, die hier auftreten können: Zum einen sind dies Abweichungen vom Kontrast zwischen Kode und Hintergrund aufgrund der Variabilität der Zweige, der Präsenz von alten Codes, Schnee und Dreck auf Brettenden, Oberflächenrauheit. Zum anderen kann die Markierungsqualität während der Markierungsprozesse durch Vibration, inkorrekte Brettposition, Geschwindigkeit der Sägelinie beeinträchtigt werden. Um die Leserate zu erhöhen, ist es möglich, den Clean Cut bei jedem Brett durchzuführen, eine falsche Position zu korrigieren, Sublinien oder Stabilisierungsski zur Reduktion der Vibration einzusetzen, die Printing-Intensität zu erhöhen.

Neben den traditionellen Methoden gibt es auch sehr innovative Studien, wie jene von **MURPHY und FRANICH (2004)**. Sie haben die ersten Experimente im Bereich der Aromamarkierung durchgeführt. Die Autoren haben Aroma-Tags auf den Holzstücken angebracht, die dann mithilfe von einer elektronischen Nase in Forstbetrieben und Sägewerken erfasst wurden. Die Verwendung dieser Technologie ist noch mit mehreren Herausforderungen verbunden: eine nicht ausreichend hohe Leserate, die mit der Zeit kontinuierlich abnimmt; Auswahl von Chemikalien; Kontamination zwischen Holzstücken; dramatischer Einfluss von Temperaturen, Druck, Luftfeuchtigkeit; keine eindeutige Identifikation von individuellen Holzstücken.

Sieben Quellen (Dykstra et al. 2002 und 2003; Lowe 2008; Lowe et al. 2010; Murphy et al. 2012; Tzoulis/Andreopoulou 2013; Tzoulis et al. 2014) stellen die verschiedenen Materialsignatur-basierten und Markierungsmethoden gegenüber. DYKSTRA ET AL. (2002 und 2003) weisen darauf hin, dass verbreitete ID-Methoden für Holzstücke wie Farben- und Hammermarkierungen für die erfolgreiche Umsetzung der Rückverfolgbarkeit nicht geeignet sind (s. Unterkapitel 2.3.4). Sie stellen zudem fest, dass die stark erforschte Identifikation anhand der Materialsignatur zur Bestimmung der Herkunft, jedoch nicht zur Rückverfolgbarkeit von einzelnen Items geeignet ist. Die größten Potenziale für die Rückverfolgbarkeit wurden dabei der RFID-Technologie zugeschrieben. Dieser Meinung schließen sich auch MURPHY ET AL. (2012) und TZOULIS ET AL. (2013 und 2014) an. Sie weisen darauf hin, dass die Auto-ID-Verfahren immer noch selten in der Holzwirtschaft zu finden sind.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Da die Datenerfassung auf die Identifikationsmethode abgestimmt ist (s. Unterkapitel 2.3.2), wurden in den oben genannten Studien nicht nur die Identifikation an sich sondern auch die Datenerfassung untersucht. Die einzige Ausnahme stellt die Rückverfolgbarkeit anhand von Materialsignaturen (insbesondere DNA- und Isotopen-basierte Verfahren) dar, bei der ausschließlich die Identifikationsmethode präsentiert wird. Für die Identifikation ist es erforderlich, dass entsprechendes authentisches Referenzmaterial mit bekannter Herkunft zum Abgleich der DNA- oder Isotopenwerte vorliegt (Referenzmuster-basierte Lösungen) oder entsprechende Daten in einer Datenbank verfügbar sind (Datenbank-basierte Lösungen).

3.2.1.2 Datenverknüpfung und -kommunikation

Im Vergleich zu den Kernbereichen „Identifikation“ und „Datenerfassung“ sind die Bereiche „Datenverknüpfung“ und „Datenkommunikation“ in der Forschung unterrepräsentiert. Es wurden lediglich jeweils zwei Quellen identifiziert.

Datenverknüpfung

SIRKKA (2008) präsentiert ein Datenmodell, das die Holzobjekte mit Prozessparametern entlang der Supply Chain verbindet. Die Prozessparameter gehören einem von drei Typen an: Informations-, Input- oder Output-Parameter. Die letzten zwei bilden entweder ökonomische oder ökologische Aspekte ab. Die Holzobjekte werden mit Prozessparametern durch Events (Nutzung, Herstellung, Transformation eines Holzobjektes) verbunden. Diese Vorgehensweise erlaubt die Berechnung von ökonomischen und ökologischen Indikatoren für die Supply Chain. Die Ausarbeitung dieser Idee erfolgt in einem weiteren Artikel von **JUNKKARI und SIRKKA (2011)**. Um kumulierte Ressourcen und Emissionen eines Produktes entlang der Supply Chain zu modellieren, wurde ein Traceability Graph genutzt. Prozesse wurden als Knoten dargestellt, welche Inputportionen für Outputprodukte beinhalten. Die Attribute liefern dabei Informationen über Prozesse, welche sowohl die aktuellen Werte für den durchzulaufenden Prozess als auch kumulative Werte, die von vorherigen Prozessen abgeleitet werden, präsentieren. Das Modell wurde auf einem hohen Abstraktionsniveau ausgearbeitet, so dass es für unterschiedliche Supply Chains für Holzprodukte zum Einsatz kommen kann. Welche konkreten Daten zu welchem Zweck erfasst und miteinander verknüpft werden sollen, gehört zu den Fragen für die zukünftige Forschung.

Datenkommunikation

DA SILVA ET AL. (2010) haben die Service Object Architecture (SOA) für die Datenkommunikation im Rahmen der Holzrückverfolgbarkeit vorgeschlagen. Diese Systemarchitektur sollte die Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Transport-, Produktions- und Überwachungssystemen sicherstellen. Das Modell wurde dabei auf einem sehr hohen Abstraktionsniveau dargestellt. So wurde erwähnt, dass der Enterprise Service Bus (ESB) die wichtigste Rolle spielt, da er die Datentransformation und das Management von Services und deren Routing übernimmt. Als Metadatenstandard wurde der Electronic Forestry Industry Data Standard (eFIDS) ausgewählt, obwohl diese Auswahl nicht begründet wurde. Der funktionale Umfang des Rückverfolgbarkeitssystems wurde mit Use Cases beschrieben. In zukünftigen Verfeinerungen der Architektur sollten jedem Use Case Services zugeordnet werden sowie Input- und Outputinformationen für diese Services festgelegt werden.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

BLANK ET AL. (2013) haben es sich zum Ziel gesetzt, einen effektiven Weg für den Informationsaustausch während der Produktion der Argrarprodukte zu finden. Im Fokus steht die Kommunikation von Maschinen auf dem Feld miteinander und mit festgelegten Knoten der Systemarchitektur. Die wichtigsten Komponenten sind die Online Box (off-board-Komponente) und der Machine Connector (on-board-Komponente). Die Online Box stellt alle Mittel für die Datenspeicherung und die Synchronisation für eine bestimmte Interessengruppe (Unternehmen, Behörde, Konsument) in der Daten-Cloud zur Verfügung. Dafür ist eine permanente Internet-Verbindung erforderlich. Die Kommunikation zwischen Maschinen und Online Box wird durch den Machine Connector ermöglicht. Der Machine Connector ist dabei das wichtigste Element, das zum einen über die Datenreplikation, -synchronisation und die Fähigkeit zur semantischen Analyse und zum anderen als Komplement der Onboard-Seite über eine dezentralisierte Datenspeicherung verfügt. In weiteren Studien ist es erforderlich, die Nachrichtenpriorisierung und die zeitlichen Aspekte der Bearbeitung dieser Nachrichten zu erforschen. Zudem ist die Standardisierung erforderlich, um diese Idee auch in der Praxis zu nutzen.

3.2.2 Forschung über die Gründe für die Einrichtung von Tracking & Tracing-Systemen

Vier Quellen aus sechs, die ausschließlich betriebswirtschaftliche Aspekte der T & T-Systeme betrachten, fokussieren sich auf den Nutzen von Systemen im B2B-Bereich und lediglich zwei auf gesetzliche Vorgaben, wobei eine davon auch auf die Unterstützung der Zertifizierung eingeht. Im Weiteren werden die identifizierten Quellen kurz beschrieben.

Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben und Unterstützung der Zertifizierung

AGUILAR (2013) betrachtet die gesetzlichen Vorgaben bezüglich des Handels mit vom Aussterben bedrohten Tier- und Pflanzenarten. Dabei wird die Notwendigkeit der Kennzeichnung und datenbankbasierten Rückverfolgbarkeit betont. So kann eine DNA-basierte Materialsignatur dabei helfen, die Pflanzenarten zu identifizieren.

BARTLEY (2014) analysiert die Konzepte gegen illegalen Holzeinschlag: gesetzliche Vorgaben bzgl. des Holzhandels und private Zertifizierungen. Er weist darauf hin, dass die Legalität auf Transparenz und Rückverfolgbarkeit der Holzproduktion basiert. Jedoch ist die aktuelle Rückverfolgbarkeit unvollkommen. Aufgrund der Intransparenz, Inkonsistenz und des Fehlens einer zentralen Datensammlung entlang der Supply Chain entsteht die große Wahrscheinlichkeit des Missbrauchs von vorhandenen Rückverfolgbarkeitssystemen. Um die Legalität in holzbasierten Supply Chains zu fördern, ist die Verbesserung der praktischen Umsetzung der Rückverfolgbarkeit erforderlich. Was und wie verbessert werden soll, gehören nach BARTLEY zu Forschungsfragen, die in der Zukunft zu beantworten sind.

Nutzen von Daten aus T & T-Systemen im B2B-Bereich

HAARTVEIT und KNOTTEN (2007) haben den wirtschaftlichen Nutzen eines RFID-basierten Systems für Stromleitungsmasten untersucht. Das Holzstück wurde im Wald mit einem RFID-Transponder gekennzeichnet und auf jeder Stufe der Wertschöpfung bis zum fertigen Produkt mit RFID-Reader

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

ausgelesen. Die Ergebnisse zeigen: Selbst wenn die einzelnen Akteure von der Umsetzung der Rückverfolgbarkeit profitieren können (Reduktion des Holzschwundes und nachfrageorientierte Lieferung aus Sicht der Forstbetriebe, Reduktion der Holzvorräte bei Mastherstellern oder die Unterstützung der Wartungsarbeiten bei Energieversorgungsunternehmen), ist es schwierig, gemeinsame und gewinnbringende Lösungen für verschiedene Akteure in einer Supply Chain zu entwickeln. Drei Gründe dafür wurden identifiziert:

- Unterschiede in Zielen. So konzentrieren sich einige Unternehmen auf die Optimierung der Logistik und Produktion, während die anderen auf die Reduzierung von Fehlern durch manuelle Eingabe achten.
- Unterschiede in den Anforderungen an technische Lösungen, insbesondere in Bezug auf die Transponderposition auf dem Baumstamm.
- Unterschiede in der Bereitschaft, neue Technologien einzuführen.

Die Auswirkungen des Einsatzes der RFID-Technologie zur Rundholzkennzeichnung auf die Prozessabläufe der Logistikkette Wald-Werk hat **HOLZMANN (2009)** untersucht. Dabei wurde eine Fallstudie am Beispiel zweier Rundholz-Bereitstellungsvarianten (die Ablauforganisation der Rundholzversorgung aus der Waldbesitzart Staatswald und aus dem Privatwald mit Hilfe einer zwischengeschalteten Forstbetriebsgemeinschaft) eines mittelständischen Sägewerks durchgeführt. Der Autor hat die Personaleinsparungen durch die Nutzung elektronischer T & T-Systeme untersucht. Diese Einsparungen basieren auf dem Eliminieren oder der Reduktion der manuellen Arbeit und automatischer Dokumentation der Sortierung, Kommissionierung, des Wareneingangs und der Kontrolle von holzbasierten Produkten. Den Personaleinsparungen steht der personelle Mehraufwand, der auf die durch die Einführung des Systems entstehenden Umstellungen der Prozesse zurückzuführen ist, gegenüber. Es handelt sich z. B. um das Befestigen und Lesen der Markierung besonders von mobilen Lesegeräten. Holzmann zeigt in seiner Dissertation, dass die Einführung von T & T-Systemen in der Rundholz-Supply Chain zu einer positiven Differenz zwischen Personaleinsparungen und höheren Personalkosten führt.

BELLON-MAUREL ET AL. (2014) analysieren die Nutzungsmöglichkeiten von Daten aus T & T-Systemen für Life Cycle Inventory (LCI) am Beispiel der Agrarprodukte. Von Interesse sind die elektronischen datenbankbasierten T & T-Systeme, welche die Verfolgung von landwirtschaftlichen Tätigkeiten ermöglichen. Als besondere Vorteile der Systeme in diesem Kontext werden die Relevanz (direkter Bezug zu landwirtschaftlichen Prozessen), Genauigkeit (Erfassung der Daten über individuelle Prozesse), Pünktlichkeit (Daten quasi in Echtzeit), Komplexität (Berücksichtigung von allen Prozessen) genannt. Es wurde dabei betont, dass die mit der Investition verbundenen Auszahlungen reduziert werden können, wenn die Systeme primär für die Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben und die Unterstützung der Zertifizierung eingesetzt werden und erst sekundär zur Unterstützung der Datensammlung während der LCI. Jedoch bleibt unklar, welche Daten für welchen Zweck zu verwenden sind.

Die ökonomischen und ökologischen Effekte, die durch den Einsatz von T & T-System entstehen, wurden auch von **JUURMA und PÕLDER (2011)** betrachtet. Diese Analyse wurde im Rahmen des

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Indisputable Key (IK)-Projektes durchgeführt. Analysiert wurde die Supply Chain vom Forstbetrieb über das Sägewerk bis zum Eingang beim Fensterhersteller. Die nachfrageorientierte Holzlieferung erlaubt es, die Wertschöpfung bis zu 15 % zu erhöhen. Erreicht wird die Steigerung der Ausbeuterate (bis zu 20 %), Reduktion der Fehler während der Trocknung sowie des Energiekonsums (bis zu 4 %). Der wirtschaftliche Nutzen von Teilnehmern des IK-Projektes wurde wie folgt geschätzt: Kostenreduktion während der Beschaffung, Produktion, des Transportes und der Lagerhaltung in Höhe von 1 - 4 €/m³ des Holzmaterials; aufgrund der höheren Holzausbeute eine Reduktion der Beschaffungsmenge von 8 % bis 10 %, Wertschöpfungssteigerung um ca. 6 % (vgl. Uusijärvi 2010, S. 25). Die meisten Unternehmen haben als Herausforderungen im Zusammenhang mit T & T-Systemen die Gesamtkosten des Systems sowie das mangelnde Verständnis für die Vorteile, die durch den Einsatz von diesen Systemen entstehen, genannt. Zudem haben die Unternehmen mitgeteilt, dass sie dazu bereit wären, die Systeme einzuführen, wenn gezeigt wird, dass die Systeme zur Reduktion der Unsicherheiten (bzgl. der Rohstoffe, Produktion, Lieferungen) und/oder zur Erhöhung der Erlöse beitragen.

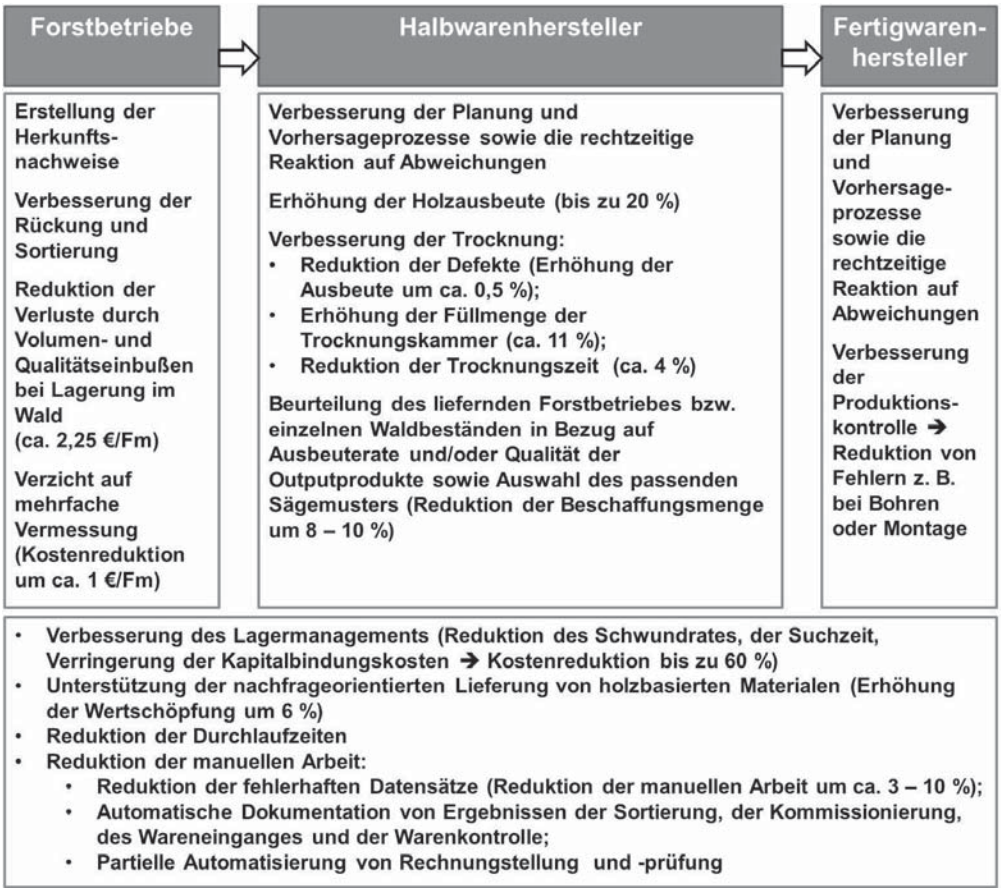


Abbildung 3-3: Nutzen von T & T-Systemen im B2B-Bereich

Tabelle 3-3 zeigt, dass auch bei den Quellen mit sekundärem Fokus auf betriebswirtschaftliche Aspekte der Nutzen von Daten aus T & T-Systemen im B2B-Bereich als wichtigster Treiber für die Entwicklung bzw. Verbesserung der Kernbereiche von T & T-Systemen agiert. Aus 21 Quellen sind sieben diejenigen Quellen, deren primärer Fokus auf die Entwicklung und Implementierung von Rückverfolgbarkeitssystemen gerichtet ist. Aufgrund der vorhandenen Testergebnisse wurde in diesen Arbeiten der Nutzen quantifiziert (Björk et al. 2011; Häkli et al. 2013; Kaul 2011; Kor-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

ten/Schneider 2006; Lycken/Salin 2007; Tribowski et al. 2009; von Bodelschwingh 2006). Die Quantifizierung des wirtschaftlichen Nutzens wurde auch von SCHNEIDER (2010) und TIMPE (2006) vorgenommen. In anderen Quellen wird der Nutzen argumentativ-deduktiv untersucht (da Silva et al. 2010; Dykstra et al. 2002 und 2003; Ehrhardt et al. 2010; Fuentealba 2004a; Lehto et al. 2009; Namuene et al. 2015; Schraml et al. 2014b; Sirkka 2008; Tzoulis et al. 2014). Diese Autoren kommen zu dem Fazit, dass die Systeme in der Lage sind, die Qualität der Produkte und die Ausbeuterate zu erhöhen sowie Produktions- und Lagerhaltungskosten zu reduzieren. Zudem können die Systeme auch verwendet werden, um die Herkunft des Holzes zu bescheinigen und illegalen Holzeinschlag sowie Holzdiebstahl zu verhindern. Ein Überblick über den Nutzen von Daten aus T & T-Systemen im B2B-Bereich auf Basis der identifizierten Quellen ist Abbildung 3-3 zu entnehmen.

3.2.3 Pilotprojekte und Implementierung von kompletten Tracking & Tracing-Systemen

Die überwiegende Anzahl der identifizierten Pilotprojekte (83 %) wurden in der Rundholz-Supply-Chain durchgeführt. Die Gründe dafür sind die bereits in Unterkapitel 2.2.3 dargestellten besonderen Charakteristiken dieser Supply Chains. Zum einen sind die Systeme erforderlich, um das Ausmaß des illegalen Holzeinschlags zu reduzieren. Zum anderen müssen die Ineffizienzen insbesondere bei der Rundholzlogistik eliminiert werden. Es wurden lediglich zwei Quellen identifiziert, welche Pilotprojekte außerhalb der Rundholz-Supply Chain beschreiben. Die Treiber, welche die Forscher dazu motiviert haben, die Pilotprojekte durchzuführen, wurden in Tabelle 3-4 zusammengefasst. Während die gesetzlichen Vorgaben und Unterstützung der Zertifizierung vier Pilotprojekte initiiert haben, wurden neun Projekte durchgeführt, um einen wirtschaftlichen Nutzen wie die Verbesserung der Logistik- und Produktionsprozesse zu erreichen. Basierend auf der in Tabelle 3-4 vorgenommenen Strukturierung erfolgt im Weiteren eine kurze Beschreibung der identifizierten Pilotprojekte.

<table>
<tr><th>Pilotprojekte in der Rundholz-Supply Chain</th><th>Pilotprojekte außerhalb der Rundholz-Supply Chain</th></tr>
<tr><td>T & T-Systeme im Kampf gegen illegalen Holzeinschlag (Treiber: Erfüllung von legislativen Vorgaben und Unterstützung der Zertifizierungsprozesse)
4 Quellen</td><td rowspan="2">Nutzung von T & T-System-Daten zur Verbesserung von externen und/oder internen Prozessen (Treiber: Nutzen von T & T-System-Daten im B2B-Bereich)
2 Quellen</td></tr>
<tr><td>Nutzung von T & T-System-Daten zur Verbesserung der Rundholz-Supply Chain (Treiber: Nutzen von T & T-System-Daten im B2B-Bereich)
7 Quellen</td></tr>
</table>

Tabelle 3-4: Strukturierung der Quellen mit Pilotprojekten nach dem Einsatzfeld und dem Einsatzgrund

3.2.3.1 Pilotprojekte in der Rundholz-Supply Chain: Tracking & Tracing-Systeme im Kampf gegen illegalen Holzeinschlag

SEIDEL ET AL. (2012) haben die elektronischen und semi-elektronischen Rückverfolgbarkeitssysteme, die in der Rundholz-Supply-Chain zum Zweck der Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben und zur CoC-Zertifizierung auf verschiedenen Kontinenten zum Einsatz kommen, untersucht. Neben der

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Betrachtung von modernen Technologien, welche die Umsetzung der Rückverfolgbarkeitssysteme unterstützen (insbesondere ID- und Erfassungstechnologien), wurden fünf Fallstudien analysiert, um frühere und aktuelle Projekte mit elektronischen und semi-elektronischen T & T-Systemen zu veranschaulichen (s. Anhang C). Die Autoren kommen zu dem Fazit, dass sich die T & T-Systeme im Wandel befinden. Aufgrund der gesetzlichen Vorgaben und der Umsetzung der freiwilligen Zertifizierung sind solche Systeme erforderlich, die auch IT-gestützt umgesetzt werden sollen. Papierbasierte Systeme werden sich mit der Zeit entweder zu semi-elektronischen oder zu elektronischen Systemen umwandeln.

KOCH ET AL. (2008) beschreiben ein System für die Identifikation der Holzherkunft im Rahmen der Erfüllung der EU-Verordnung 338/97/EG, welche den Handel mit vom Aussterben bedrohten Tier- und Pflanzenarten regelt. Diese Verordnung basiert auf der Convention on International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora (CITES) und wird auch CITES-Verordnung genannt. Das CITESwoodID-System nutzt zum Zweck der Identifikation die makroskopischen Holzeigenschaften[26]. Das Herzstück des Systems ist eine Datenbank mit der Beschreibung von acht CITES-geschützten Holzarten. Da die Anzahl von makroskopischen Eigenschaften gering ist sowie die Abweichungen in konkreten Ausprägungen aufgrund des natürlichen Wachstums groß sind, empfehlen die Autoren, nach der makroskopischen auch die mikroskopischen Identifikationen durchzuführen.

Ein ähnliches System für 110 Amazonas-Baumarten wurde von **SARMIENTO ET AL. (2010)** dargestellt. Das System Pl@ntWood erlaubt es Nutzern, unterschiedliche anatomische Eigenschaften wie Porosität, Anordnung und Durchbrechungen von Gefäßen, Gefäßanzahl pro mm², Mineraleinschlüsse etc. zum Zweck des Vergleiches von Holzproben mit Bildern auszuwählen. Jede Holzart wird zudem mithilfe unterschiedlicher Charakteristiken und zugehörigen Werten beschrieben.

Um den illegalen Holzeinschlag zu reduzieren und die Holzherkunft zu überprüfen, wurde das System KatLog Pro entwickelt **(NAMUENE ET AL. 2015)**. Holzeinschlagsdaten sowie Frachtbriefe, können manuell in die speziellen Eingabemasken eingetippt oder mithilfe des Program for the Sustainable Management of Natural Resources (PSMNR) Wood Exploitation-Softwaremoduls ins System importiert werden. Es wurden eigene Algorithmen entwickelt, um die Durchmesser von Holzstückenden sowie Volumen und Längen zu summieren. Zudem wurden Algorithmen herausgearbeitet, um die Durchmesser, Volumen und Längen, die bei dem Holzeinschlag, dem Abtransport sowie auf dem Rundholzplatz erfasst wurden, miteinander zu vergleichen und so die signifikanten Unterschiede mithilfe statistischer Module wie Minitab 17 zu identifizieren. Das webbasierte System stellt auch verschiedene Visualisierungs- und Berichtsfunktionen zur Verfügung. Es wurde ein proprietäres System für die ID-Nummer entwickelt. Die Nummer besteht aus der Feldnummer und der Zeilennummer des Baumes. Wenn die Stämme geschnitten werden, dann kommt noch die Nummer des

[26] Makroskopische Eigenschaften sind diejenigen Eigenschaften, die mit dem bloßen Auge und einer Lupe von ca. 10-facher Vergrößerung beobachtet oder wahrgenommen werden können (hier und im Folgenden Koch et al. 2008, S. 61ff.). Die wichtigsten Charakteristiken von Laubholz sind Fasern (mechanischer Träger), Parenchym (Lagerung und Transport der Nährstoffe), Gefäße (Leitung von Wasser) und Harzkanäle (Drüsengewebe). Beim Nadelholz handelt es sich um Tracheiden (kombinierte mechanische und leitende Funktionen), Parenchym (Speichergewebe) und Harzkanäle (Drüsengewebe).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Holzstückes dazu. Im System werden jedoch keine Vorgaben für den Kernbereich „Identifikation“ gemacht.

3.2.3.2 Pilotprojekte in der Rundholz-Supply Chain: Nutzung von Tracking & Tracing-System-Daten zur Verbesserung der Rundholz-Supply Chain

KAUL (2011) hat eine State-of-the-Art-Analyse der RFID-basierten Rückverfolgbarkeitssysteme in der Rundholz-Supply Chain durchgeführt. Die Beschreibung dieser Systeme ist Anhang D zu entnehmen. KAUL weist darauf hin, dass die bisherige Forschungs- und Entwicklungsarbeit sich vornehmlich mit der Markierung von Einzelstämmen mittels Transponder befasste. Um RFID ökonomisch sinnvoll im Bereich der Massensortimente einzusetzen, schlägt der Autor die Kennzeichnung auf der Polterebene vor. Kaul hat ein RFID-basiertes System zur Kennzeichnung von Poltern und Fuhren auf dem Rundholzplatz entwickelt und prototypisch implementiert. Die betrachtete Rundholz-Supply-Chain gliedert sich in die Prozessschritte Poltermarkierung, Rundholztransport zwischen Wald und Werk sowie innerbetriebliche Zwischenlagerung auf dem Rundholzplatz mit anschließendem Transport zur Vermessungsanlage. Das Kernelement des Systems ist ein elektronischer Lieferschein, der eine Weitergabe der vom Poltertransponder übernommenen Daten an das Sägewerk ermöglicht. Im Sägewerk zwischengelagerte Fuhren werden mit einem Transponderetikett markiert, was eine sichere Identifikation der Fuhre bei der späteren Vermessung ermöglicht. Durch den Einsatz von RFID-Transpondern und elektronischen Lieferscheinen wurde ein durchgängiger digitaler Informationsfluss vom Polter im Wald bis zur Vermessungsanlage im Sägewerk realisiert. Die vorgeschlagene Lösung funktioniert jedoch nur unter der Annahme, dass die Polter komplett abgeholt werden sowie keine Vermischung mit anderen Poltern während des Transportes stattfindet.

Um die Laufzeiten sowie die Anzahl der Fehler während des Rundholz-Transportes zu reduzieren, hat **VON BODELSCHWINGH (2006)** ein Rückverfolgbarkeitssystem konzipiert. Der Datenaustausch zwischen Akteuren der Rundholz-Supply Chain erfolgt über das Internet bzw. bei mobilen Einheiten über das Mobilfunknetz (GSM). Es stehen dabei zwei Varianten von Softwarelösungen zur Verfügung: der Austausch von E-Mails, die einen Koordinator als zentrale Anlaufstelle erfordern (z. B. GeoMail[27], TimberNavi[28]); eine internetbasierte Plattform, die auf standardisierten Datenformaten wie StanFord[29] und ELDAT[30] basiert. Neben der Kommunikationstechnologie sind zudem mobile

[27] GeoMail ist ein kommerzielles forstliches Datenverwaltungs- und Betriebssystem, welches die Möglichkeit bietet, sämtliche Informationen und Produktionsleistungen über eine Hiebsmaßnahme für alle Beteiligten entlang der gesamten Holzerntekette tagesaktuell zur Verfügung zu stellen (hier und im Folgenden Baumann 2008, S. 41). Das Standardmodul enthält Funktionen wie die Erstellung der Arbeitsaufträge, Fahrlinienaufzeichnungen bei vorhandener GPS-Ausstattung der Maschinen, Angaben zu Holz- und Maschinenpositionen über eingegebene GPS-Koordinaten, Erfassung aller polterrelevanten Daten vor Ort und die Verwaltung von Privatwaldflächen.

[28] TimberNavi ist ein Geografisches Informationssystem (GIS), welches das Navigationssystem GPS verwendet. Verfügt man über GPS auf seiner Maschine und eine entsprechende digitale Karte, dann kann man mit TimberNavi seine Position in Echtzeit auf dem Monitor einsehen (vgl. TimberNavi o. Jg.).

[29] StanForD “Standard for Forestry Data and Communication“, ist der Extended Markup Language (XML)-basierte Datenstandard für die Speicherung und dem Austausch von Informationen auf Forstmaschinen. Dieser Standard wird von allen großen Herstellern eingesetzt, die Forstmaschinen für die vollmechanisierte Holzernte produzieren (vgl. Urbanke et al. o.Jg.).

[30] ELDAT (Elektronischer Datenaustausch Holzdaten) ist ein deutscher Standard zur Übertragung von Holzdaten, Rechnungsdaten, Vertragsdaten, Lieferdaten und Werksdaten zwischen Forstbetrieb und Kunden (vgl.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Datenerfassungsgeräte sowie mit Bordcomputersystemen und GPS-Empfängern ausgestattete Harvester, Forwarder und Lastkraftwagen erforderlich. Die folgenden tagesaktuellen Informationen sind relevant: vom Harvester erfasste Produktionsleistungen; vom Forwarder erfasste Rückleistungen und Polterstatus; vom LKW-Fahrer bzw. -Bordcomputersystem erfasste Transportleistungen und Polterstatus. Jeder einzelne Polter muss eindeutig gekennzeichnet werden, wobei keine konkreten Vorgaben bezüglich Rückverfolgbarkeitsmethode gemacht wurden. Die Informationen zu jedem einzelnen Polter sowie dessen aktuellen Status und Lagerort werden in einer zentralen Datenbank gespeichert. Der Spediteur kann für ihn disponierte Fuhraufträge einsehen und die benötigten Informationen auf seinen Rechner ins Fahrzeug oder in Personal Digital Assistants (PDA) übertragen. Um den Polterstatus zu aktualisieren, erfasst der Fahrer das geladene Fuhrvolumen in seinem mobilen Erfassungsgerät, das anschließend an die zentrale Datenbank übermittelt wird. Diese Rückmeldungen werden mit den bestehenden Polterdaten synchronisiert, so dass der aktuelle Polterstatus stets verfügbar ist. Die zugehörige Architektur der hier beschriebenen Plattform ist Abbildung 3-4 zu entnehmen. Auch diese Lösung definiert die Polter als TRU, wobei die hohe Wahrscheinlichkeit der Vermischung von Holzstücken aus verschiedenen Poltern nicht berücksichtigt wird.

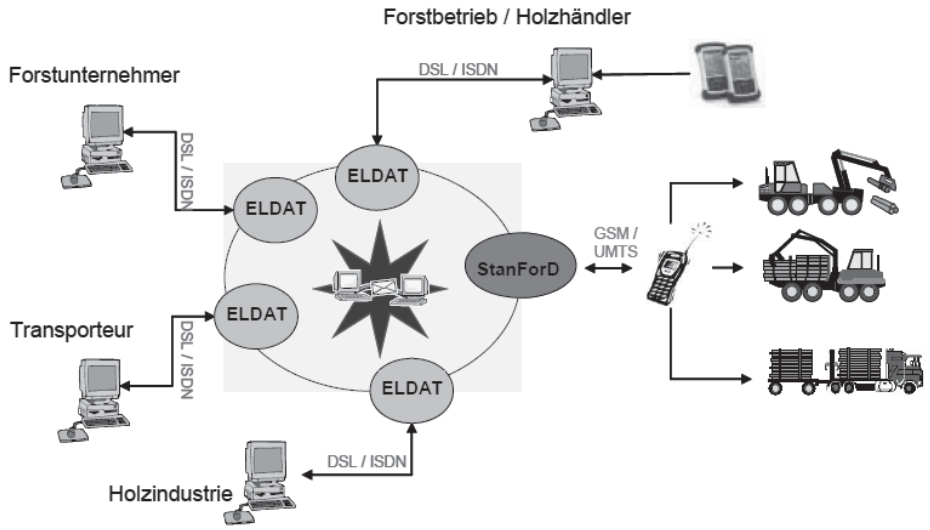


Abbildung 3-4: Architektur der Plattform zur Verbesserung des Rundholzstransportes[31]

SMITH ET AL. (2003) haben ein System zur Rückverfolgbarkeit von Schnitthölzern entlang eines Sägewerkes entwickelt. Als Ziel der Rückverfolgbarkeit wird die Erhöhung der Ausbeuterate beim Sägen genannt. Um diesen Zweck zu erreichen, werden die stehenden Bäume im Wald und nach dem Holzeinschlag aus diesen Bäumen geschnittenen Holzstücke mit Farben markiert. Nach dem Holzeingang bei dem Sägewerk werden auf das Holzstückende die speziell entwickelten Templates eingeklebt. Diese Templates wurden so entwickelt, dass nach dem Sägen jedes Brett die Nummer des Holzstückes sowie die Koordinaten für die Position in diesem Stück enthält. Die Nummer des Holzstückes ist ein Schlüssel für die Verknüpfung von Daten über das Brett (Sortierungsklasse,

Baumann 2008, S. 42). Die Ausgabe ist im für Office-Programmen gängigen Comma Separated Values (CSV)- oder XML-Format möglich (vgl. KWF 2012, S. 8).

[31] Vgl. von Bodelschwingh 2006, S. 146.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Verformung, Knotenanzahl und -positionen) und das Holzstück (Abmessung, Position im Baum sowie Standplatz des Baums). Als Herausforderungen, die in Zukunft zu überwinden sind, wurden genannt: keine Anwendung für Querschnitt-Sägen, keine Eignung für Trocknungsprozesse, keine präzise und sichere Markierungsmethode für die Bäume und Holzstücke bis zum Wareneingang beim Sägewerk.

Eines der umfangreichsten Projekte im Bereich der Forst- und Holzwirtschaft ist **das Projekt „Indisputable Key".** Das Projekt wurde von 2006 bis 2010 durchgeführt. Die Projektidee bestand darin, eine Rückverfolgbarkeit von Holz über die gesamte Holz-Supply Chain zu entwickeln, mit dem Ziel, die Holznutzung nachhaltiger zu gestalten, so dass eine effizientere Holznutzung entlang der Wertschöpfungskette bei gleichzeitiger Reduktion der Umweltauswirkungen erreicht werden kann (vgl. Lycken/Salin 2007, S. 87). Im Rahmen des Projektes wurden mehrere wissenschaftliche Arbeiten veröffentlicht, welche zur Basisliteratur für die vorliegende Arbeit gehören (Björk, et al. 2011; Häkli et al. 2010; Häkli et al., 2013; Juurma/Põlder 2011; Juurma/Tamre 2010; Lycken/Salin 2007; Möller 2011; Möller et al. 2011; Põlder 2010; Põlder et al. 2010). Es wurden Kommunikationsstandards, Software, Markierungstechnologien sowie Prototypen für Markierungs- und Lesegeräte entwickelt (vgl. Uusijärvi 2010, S. 5). Die im Projekt entwickelten Systeme basieren auf dem Individual Associated Data (IAD)-Konzept. Die Holzstücke, Bretter und Lieferungen sind mit eindeutigen Nummern gekennzeichnet, die auf eine Datenbank mit zugehörigen Informationen referenzieren. Das Holzstück wird bei dem Holzeinschlag markiert und beim Rücken, Sortieren oder Sägen gelesen. Die geschnittenen Bretter werden nach dem Sägen markiert und während Sortierung und Kommissionierung gelesen. Für die Holzstück-Kennzeichnung wurde vor allem der Einsatz von RFID-Transpondern untersucht, einschließlich der Applikator- und Lesersystementwicklung. Während die Leser an ausgewählten Punkten im Sägewerk installiert wurden, wurde für die Anbringung von Transpondern ein Gerät entwickelt, das in den Harvester integriert wird und Markierungen direkt während der Ernte ermöglicht. Es wurde zudem eine alternative 2D-Markierung entwickelt (vgl. Möller 2011, S. 125). Auch bei diesem Verfahren ist es gelungen, den Applikator in den Harvester zu integrieren. Der wichtigste Vorteil dabei ist, dass dieses Verfahren günstiger als die Verwendung von RFID-Transpondern ist. Ink-printing wird auch für die Markierung von geschnittenen Brettern verwendet. Ein 2D-Barcode wird auf das Brettende aufgetragen (vgl. Põlder 2010, S. 186).

Für die Kommunikation der mithilfe von Markierungstechnologien erfassten Daten entlang der Supply Chain wurde ein offener Standard entwickelt, welcher auf XML basiert und anschließend in den PapiNet-Standard aufgenommen wurde (vgl. Uusijärvi 2010, S. 12). Zudem wurde auch eine entsprechende Systemarchitektur entwickelt. Die Beschreibung der wichtigsten Komponenten der Architektur ist Anhang E zu entnehmen. Im Rahmen des Projektes wurden drei Pilotstudien durchgeführt, wobei die längste Supply Chain mit dem Forstbetrieb beginnt und beim Wareneingang eines Fensterherstellers endet. Somit wurde auch in diesem Projekt keine Rückverfolgbarkeit von Forstbetrieb bis zum Endverbraucher, sondern eher eine Rückverfolgbarkeit in der Rundholz-Supply Chain umgesetzt.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

3.2.3.3 Pilotprojekte außerhalb der Rundholz-Supply Chain

Die beiden in diesem Teil des Unterkapitels zu beschreibenden Pilotprojekte haben es sich zum Ziel gesetzt, mithilfe von Daten aus T & T-Systemen die internen Prozesse im Unternehmen zu verbessern.

TRIBOWSKI ET AL. (2009) haben den ISO-Standard 15384 verwendet, um objektbezogene Daten auf RFID-Transpondern zu speichern. Das entwickelte Konzept wurde bei einem Holzküchenmöbelhersteller prototypisch implementiert. Der Prozess der Herstellung von Küchenschränken mit Fronten wird mit der Kundenbestellung initiiert. Das Enterprise-Resource-Planning (ERP)-System generiert automatisch die Bestellung für die erforderlichen Teile bei Lieferanten. Die Lieferung der Fronten erfolgt Just-in-Time. Dabei werden die Fronten in einem speziellen Container geliefert. Diese Container haben eine eindeutige zwölfstellige Transport Group-Nummer (TGN). Innerhalb dieser Behälter werden die Fronten mit einer zwölfstelligen Transport Group-Positionsnummer (TGPN) versehen. Alle Zahlen werden vor jedem Produktionsschritt neu vergeben und ins ERP-System des Küchenherstellers eingetragen. Beim Wareneingang wird die Vollständigkeit der Lieferung durch Einscannen der Barcodes der einzelnen Teile überprüft. Der Empfangsvorgang wird mit der Aktualisierung der Daten im ERP-System abgeschlossen. Dieses System löst die Umstrukturierung der Downstream-Aktivitäten aus, indem nicht gelieferte Fronten aus den weiteren Verarbeitungsschritten entfernt werden. Im nächsten Schritt werden die im Container aufbewahrten Fronten der Computer Numerical Control (CNC)-Bohrmaschine zugeführt. Der Ablauf der Programme ist von der Position der Fronten im Container abhängig. Deswegen müssen manuell durch Auswählen der Position auf dem Display der CNC-Maschine die fehlenden Fronten entfernt werden. Da die Maschine das Programm automatisch abarbeitet, führt jeder Fehler zu großen Auswirkungen, so dass die Auslieferung eines Küchenschrankes zum geplanten Zeitpunkt nicht mehr möglich ist. Da sogar die Zusammenfügung der Fronten mit ihrem Körper anhand von TGPN erfolgt, ist die richtige Reihenfolge für die erfolgreiche Produktion entscheidend. Um die Anzahl der Fehler sowie die manuelle Arbeit zu reduzieren, wurde das Pilotprojekt umgesetzt, bei dem anstatt von Barcode-Etiketten wiederbeschreibbare Ultra-High-Frequency (UHF)-RFID-Transponder zum Einsatz kommen. Die gesamten Informationen, das zugehörige Bohrprogramm sowie den aktuellen Bearbeitungsstatus trägt jede Front mit sich.

Um die Prozesse in einem Agrarunternehmen zu verbessern, haben **STEINBERGER ET AL. (2009)** einen agrarwirtschaftlichen Prozess-Daten-Service (APDS) prototypisch implementiert. Daten werden in einer ISOBUS-Umgebung erfasst und in einem XML-Format an einen Server übertragen. Dort werden sie analysiert und aggregiert. Die Daten können zur weiteren Verwendung über ein Webportal durch eine Webservice-Schnittstelle (agroXML) abgefragt werden. Die erforderlichen Komponenten des APDS sind Abbildung 3-5 zu entnehmen. Die Datenerfassung wird mithilfe eines Task Controllers durchgeführt. Der Controller basiert auf ISO 11783 und verfügt über mobile Applikationen, welche erlauben, Daten wie Geschwindigkeit, GPS-Daten oder Zeitangaben automatisch zu erfassen sowie die Informationen z. B. über Ernte manuell einzugeben.

Neben den Pilotprojekten sind an dieser Stelle die kommerziellen Lösungen, die am Markt gehandelt werden, zu erwähnen. Sie fokussieren sich auch auf die Rundholz-Supply Chain (s. Anhang F).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

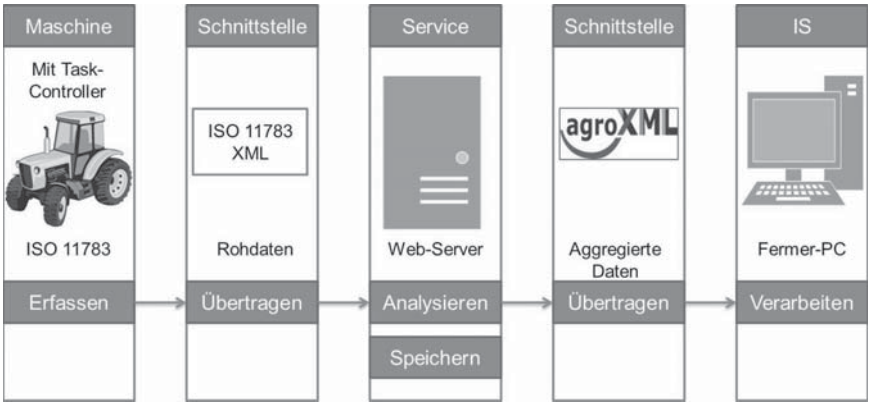


Abbildung 3-5: Komponenten des APDS[32]

3.3 Diskussion über Forschungslücken

Die Analyse der identifizierten Quellen hat gezeigt, dass die technischen Aspekte die Forschung dominieren. Wie Unterkapitel 3.2.1 zu entnehmen ist, wurden intensiv die Identifikationstechnologien mit den zugehörigen Erfassungstechnologien untersucht. Dabei wurden sowohl die Rückverfolgbarkeit anhand der Materialsignaturen als auch die markerbasierte Rückverfolgbarkeit erforscht und mehrere ID-Verfahren entwickelt. Im Gegensatz dazu wurden die Kernbereiche „Datenverknüpfung“ und „Datenkommunikation“ vernachlässigt. Während die Datenkommunikation ein wichtiger Punkt der prototypischen Implementierung von T & T-Systemen ist, bleibt auch bei der überwiegenden Mehrzahl der identifizierten Projekte die Datenverknüpfung unberücksichtigt. Der Grund dafür ist die lückenhafte und unvollständige Betrachtung der betriebswirtschaftlichen Aspekte. Es bleibt unklar, welche Daten für welchen Zweck erfasst werden sollen. Während die fachliche Sicht der Unternehmen lückenhaft untersucht wurde, fehlt die Sichtweise von Konsumenten komplett. Im Mittelpunkt der Pilotstudien steht die Rundholz-Supply Chain, welche lediglich die ersten Schritte der Wertschöpfung während der komplexen Unternehmensnetzwerke für die industriele stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo darstellt (s. Kapitel 2.2). Es wurde keine Pilotstudie gefunden, welche die gesamte Wertschöpfung vom Forstbetrieb bis zum Endverbraucher betrachtet. Somit fehlen immer noch Untersuchungen im B2C-Bereich.

Die Analyse der Treiber für die Durchführung der Pilotprojekte weist darauf hin, dass alle drei Treibergruppen (s. Unterkapitel 2.3.5) von Bedeutung sind. Dasselbe zeigen die Ergebnisse der Analyse der betriebswirtschaftlichen Aspekte. Es kann festgestellt werden, dass die Treiber immer noch unvollständig und lückenhaft untersucht worden sind. Die folgenden Forschungslücken können festgestellt werden:

- **Unterstützung der Zertifizierungsprozesse**. Dieses Potenzial wurde am wenigstens erforscht. Es wurde lediglich festgestellt, dass die praktisch zur Verfügung stehende Rückverfolgbarkeit nicht transparent, inkonsistent und anfällig für Betrug und ähnliche Machenschaften ist (vgl. Bartley 2014, S. 99). Welche Schwachstellen der praktischen Umsetzung zu dieser Situa-

[32] Vgl. Steinberger et al. 2009, S. 241.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

tion führen bzw. wie diese Schwachstellen beseitigt werden können, muss immer noch untersucht werden (F2).

- **Nutzen von Daten aus T & T-Systemen in B2B- und B2C-Bereichen.** Die Untersuchung dieser Treibergruppe steht im Mittelpunkt der Forschung. Dabei konzentriert sich die Forschung auf den B2B-Bereich. Der B2C-Bereich wurde bis zu diesem Zeitpunkt nicht untersucht. Ein möglicher Grund dafür ist die fehlende Betrachtung der Wertschöpfungskette bis zum Endverbraucher. Es ist unklar, ob Konsumenten solche Informationen über Holzprodukte wünschen sowie ob diese Informationen zu einer höheren Kaufwahrscheinlichkeit führen können. Sogar im B2B-Bereich wurde der Bedarf nach weiteren Forschungen identifiziert. So wünschen sich Unternehmen T & T-Systeme zur Reduktion von Unsicherheiten (vgl. Uusijärvi 2010, S. 25), wobei es unklar ist, welche Daten die Systeme in diesem Fall erfassen und wie diese kommuniziert werden sollen (F3).
- **Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben.** Als gesetzliche Vorgaben wurden bis zu diesem Punkt ausschließlich die Vorgaben gegen den illegalen Holzhandel betrachtet. Jedoch ist es zu vermuten, dass bei der Vielzahl von Produkten und Prozessen, die entlang den Wertschöpfungsnetzwerken für die stoffliche Nutzung von Lignocellulosen entstehen, mehrere Gesetze zur Rückverfolgbarkeit vorhanden sind. Die Analyse der Rückverfolgbarkeitsvorgaben in diesem Bereich muss noch durchgeführt werden. Auch hier ist es wichtig, zu untersuchen, welche Daten für die Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben zu erfassen sind (F4).

Die Ergebnisse des Literaturreviews weisen darauf hin, dass eine detaillierte Analyse der fachlichen Anforderungen erforderlich ist, damit T & T-Systeme auch unter betriebswirtschaftlichen Aspekten von Unternehmen akzeptiert werden. Zu diesem Zweck ist es wichtig, zuerst diese Bedürfnisse zu identifizieren und basierend darauf die T & T-Systeme zu konzipieren. Die identifizierten Forschungslücken beziehen sich ausgerechnet auf die Bedürfnisse, welche in Wertschöpfungsnetzwerken vorhanden und immer noch unbefriedigt sind. Die detaillierte Analyse dieser Bedürfnisse ermöglicht es, die fachlichen Anforderungen an die Systeme abzuleiten, d. h. festzulegen, was die Systeme leisten sollen, um die Schwachstellen der praktischen CoC-Zertifizierung zu eliminieren, die vorhandenen Informationsbedürfnisse von Konsumenten zu befriedigen, die Unsicherheiten bei der Holzverarbeitung zu reduzieren sowie die Rückverfolgbarkeitsvorgaben im ausgewählten Einsatzbereich zu erfüllen. Erst danach wird analysiert, wie die Systeme die identifizierten fachlichen Anforderungen befriedigen können. Während der Konzeption der Lösungen wird u. a. auch auf die bereits vorhandenen technischen Lösungen, die innerhalb dieses Kapitels beschrieben wurden, zurückgegriffen. Da die Analyse der fachlichen Bedürfnisse die Erkenntnisse über die erforderlichen Daten liefert, wird zudem während der Konzeption der T & T-Systeme auch auf den in der aktuellen Forschung vernachlässigten Kernbereich „Datenverknüpfung“ eingegangen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

4 Untersuchung der Potenziale von Tracking & Tracing-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen

Das Kapitel umfasst die Untersuchung aller drei Potentialrichtungen, die durch den Einsatz von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo entstehen: Unterstützung der CoC-Zertifizierung (Kapitel 4.1[33]), Nutzen von Daten aus T & T-Systemen im B2C-Bereich (Unterkapitel 4.2.1[34]) und B2B-Bereich (Unterkapitel 4.2.2[35]) sowie Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben (Kapitel 4.3). Dabei wird analysiert, was die T & T-Systeme in jedem konkreten Fall, leisten sollen, um die identifizierten Potenziale zu erschließen. Somit werden die Anforderungen an T & T-Systeme für jede Potentialrichtung abgeleitet. Anschließend werden die Anforderungen zusammengefasst (Kapitel 4.4) und die Einsatzfelder für die auf Basis der Anforderungen zu konzipierenden T & T-Systeme festgelegt.

4.1 Unterstützung der Zertifizierungsprozesse – IT-gestützte Chain-of-Custody

Im Rahmen dieses Abschnittes wird das Unterstützungspotenzial der T & T-Systeme während der CoC-Zertifizierung untersucht. Zu diesem Zweck wird zuerst im Unterkapitel 4.1.1 das Konzept der Zertifizierung von holzbasierten Supply Chains vorgestellt. Anschließend wird die Schwachstellenanalyse der praktischen Umsetzung durchgeführt (Unterkapitel 4.1.2). Auf Basis der identifizierten Schwachstellen werden die Anforderungen an T & T-Systeme abgeleitet, mit dem Ziel, die praktische Umsetzung der CoC-Zertifizierung zu verbessern (Unterkapitel 4.1.3).

4.1.1 Darstellung des Konzeptes der CoC-Zertifizierung

Gemäß der Studie des World Wide Fund For Nature (WWF) (2011, S. 5 f.) gehen 13 Millionen Hektar der Waldfläche jährlich aufgrund der Expansion von Landwirtschaft und Infrastruktur sowie der intensiven Holznutzung verloren, was der Fläche Griechenlands entspricht und größer als die gesamte Waldfläche Deutschlands ist. Folgen dieser Waldzerstörung sind: Steigerung des von Menschen verursachten Ausstoßes von Treibhausgasen um ca. 15 %; Bedrohung der Biodiversität; Verlust der Lebensgrundlage für indigene Völker; Zunahme von Naturkatastrophen wie Überschwemmungen und Erdrutschen (vgl. WWF 2011, S. 7). Da 30 % der Wälder der Erde bereits für die Produktion von Holzprodukten intensiv genutzt werden (vgl. FAO 2010, S. 85), kann ihre nachhaltige und verantwortungsvolle Nutzung eine Schlüsselrolle bei der Erhaltung der Wälder spielen (vgl. WWF 2011, S. 47). Dabei wird die nachhaltige Waldbewirtschaftung wie folgt definiert: „die Betreuung und Nutzung von Wäldern und Waldflächen auf eine Weise und in einem Ausmaß, die

[33] Dieses Unterkapitel basiert auf APPELHANZ ET AL. (2014) und ist teilweise daraus entnommen.

[34] Dieses Unterkapitel basiert auf OSBURG ET AL. (2016) sowie APPELHANZ ET AL. (2016) und ist teilweise daraus entnommen.

[35] Dieses Unterkapitel basiert auf APPELHANZ und SCHUMANN (2015) und ist teilweise daraus entnommen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

deren biologische Vielfalt, Produktivität, Verjüngungsfähigkeit und Vitalität erhält sowie deren Potenzial, jetzt und in der Zukunft die entsprechenden ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Funktionen auf lokaler, nationaler und globaler Ebene zu erfüllen, ohne anderen Ökosystemen Schaden zuzufügen“ (Parviainen 2009, S. 654)[36].

Kritische Medienberichte zum Thema illegaler Holzeinschlag und Boykottaufrufe durch Nichtregierungsorganisationen wie z. B. gegen die Mitsubishi Corporation wegen Importes von tropischem Holz (vgl. Walker et al. 2013, S. 20) führten in der Vergangenheit zu einer Sensibilisierung der Verbraucher. Diese fordern verstärkt Sicherheit darüber, dass das in der holzverarbeitenden Industrie verwendete Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern stammt (vgl. PEFC Deutschland 2001). Als marktbezogene Reaktion auf diese Sensibilisierung der Verbraucher wurde 1993 die Forstzertifizierung eingeführt (vgl. Rametsteiner/Simula 2003, S. 88). Die Forstzertifizierung dient der Reduktion der asymmetrischen Informationen zwischen Käufer und Verkäufer von holzbasierten Produkten bezüglich der Umwelteffekte ihrer Produktion (vgl. van Kooten et al. 2005, S. 858). Die bereits vorhandenen Forschungsergebnisse zeigen, dass die Forstzertifizierung von Endverbrauchern geschätzt wird und sogar die Bereitschaft besteht, einen höheren Preis für Holzerzeugnisse aus zertifizierter Waldbewirtschaftung zu zahlen (vgl. Aguilar/Vlosky 2007; Anderson/Hansen 2004; Cai/Aguilar 2013b; Hansmann et al. 2006; Husted et al. 2014; Veisten 2007; Yamamoto et al. 2014). Die Vorteile der Forstzertifizierung aus Sichtweise verschiedener Interessenparteien sind in Tabelle 4-1 zusammengefasst.

Interessenpartei	Vorteile
Waldbesitzer, Holzindustrie und Handel	Instrument für Umweltmarketing, Marktzugang und Erschließung von Wettbewerbsvorteilen wie Imageverbesserungen
Verbraucher von Holzprodukten	Information über Umwelteffekte von zu kaufenden Produkten
Regierungen	Instrument zur Förderung von nachhaltiger Waldbewirtschaftung und nachhaltigem Konsummuster
Umweltschutzorganisationen	Beeinflussung der Waldbewirtschaftung, so dass die Biodiversität gefördert wird

Tabelle 4-1: Vorteile der Forstzertifizierung für verschiedene Interessenparteien[37]

Die Forstzertifizierung besteht dabei aus zwei wichtigen Elementen: Zertifizierung der nachhaltigen Waldbewirtschaftung und Chain-of-Custody-Zertifizierung. Die Zertifizierung der nachhaltigen Waldbewirtschaftung ist der Prozess der Überprüfung, dass ein Wald die Anforderungen eines Standards nach den ökologischen, ökonomischen und sozialen Kriterien der Bewirtschaftung erfüllt (vgl. PEFC Deutschland 2001; Wingate/McFarlane 2005, S. 342). Um die Verbindung zwischen den auf dem Markt verkauften Produkten und den zertifizierten Wäldern herzustellen, ist die CoC-Zertifizierung erforderlich (vgl. ASEAN 2012, S. 3). Sie befasst sich mit der Zertifizierung von Holzprodukten auf jeder Stufe der Wertschöpfungskette, vom Holzeinschlag bis zum Endverbraucher einschließlich Transformations-, Transport-, Lagerungs- und Distributionsprozessen (vgl. Upton/Bass 1996, S. 99). Das Ziel der CoC-Zertifizierung ist es, sicherzustellen, dass die Holzerzeugnisse zu ihrer Quelle im

[36] Die Nachhaltigkeitsziele für die Wälder Europas, die in Helsinki im Jahr 1993 in Form von Kriterien und Messinstrumenten definiert wurden, sind Anhang G zu entnehmen.

[37] Vgl. Rametsteiner/Simula, 2003 S. 89.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Wald zurückverfolgt werden können (vgl. Wingate/McFarlane 2005, S. 343). Die CoC-Zertifikate sollen garantieren, dass die Rohstoffe eines zertifizierten Erzeugnisses aus zertifizierten Wälder stammen (vgl. Gomes et al. 2002, S. 18). Nach DYKSTRA ET AL. (2002, S. vi) besteht ein CoC-System aus einer Reihen von Technologien, Verfahren und Dokumentationen für die Verwaltung der gesamten holzbasierten Wertschöpfungskette. Dabei müssen CoC-Systeme bei jedem Unternehmen der Wertschöpfungskette zum Einsatz kommen (vgl. Nussbaum/Simula, 2005, S. 64). Eine vollständig zertifizierte CoC ist daher die Summe der einzelnen CoC-Systeme bei jedem Unternehmen, welches zu der Wertschöpfung eines Holzerzeugnisses beigetragen hat (s. Abbildung 4-1) (vgl. ASEAN 2012, S. 5 f.).

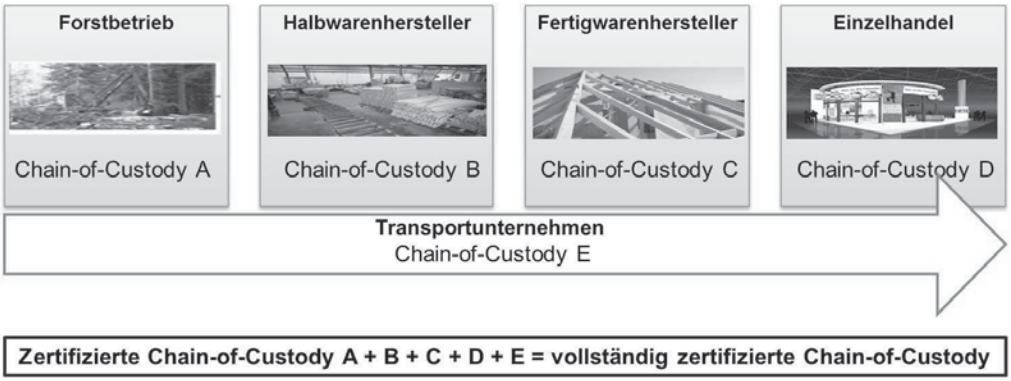


Abbildung 4-1: Beispiel für die vollständige Chain-of-Custody[38]

Die Kernelemente jeder CoC sind (vgl. ASEAN 2012, S. 6; Dykstra et al. 2002, S. 6 ff.):

- Information über Quantität. Der Ausgangspunkt der CoC ist die Information über die Materialmenge, welche in die Wertschöpfungskette vom Forstbetrieb eingegangen ist. Diese Materialmenge muss bis zum fertigen Produkt verfolgt werden. Dazu müssen im Unternehmen die Informationen über die gekauften Rohstoffmengen der Outputmenge gegenübergestellt werden. Zwischen den Unternehmen sind die Informationen über die Verkaufsmenge der vorliegenden Stufe und die Abnahmemenge der nachgelagerten Stufe in Zusammenhang zu bringen.
- Kontrollen. Sie sind notwendig, um die Herkunft der Materialien zu autorisieren. Dabei ist das Management von kritischen Kontrollpunkten von großer Bedeutung. Unter kritischen Kontrollpunkten (KKP) sind Punkte entlang der Wertschöpfungskette zu verstehen, an welchen nicht autorisierte Materialen in die Kette eingehen bzw. diese verlassen können (z. B. Einbringen in die Kette von illegalem Holz oder Vermischung von zertifizierten und nicht zertifizierten Rohstoffen).

Um erfolgreich Kernelemente der CoC umzusetzen, sind die folgenden drei Prinzipien zu beachten (vgl. Dykstra et al. 2003, S. 263):

- Identifikation. Es handelt sich um die eindeutige Identifikation der Holzerzeugnisse entlang der Wertschöpfungskette. Dabei können unterschiedliche Rückverfolgbarkeitsmethoden zum Einsatz kommen (s. Unterkapitel 2.3.4).

[38] Vgl. ASEAN 2012, S. 6.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

- Segregation. An jedem KKP sollen die zertifizierten Holzerzeugnisse getrennt von den nicht zertifizierten gelagert, gehandhabt und verarbeitet werden. Es stehen dabei folgende Methoden zur Verfügung (vgl. PEFC Council 2012, S. 7): Platz (bestimmte Bereiche vor Ort werden ausschließlich für die Aufnahme, Herstellung, Verpackung und Versand von zertifizierten Produkten reserviert und durch Schilder identifiziert); Zeit (ausschließlich zertifizierte Produkte werden während einer bestimmen Zeitperiode empfangen, hergestellt, verpackt und versandt); Identifikation (wie oben).
- Dokumentation. Dieses Prinzip ist für die Verfolgung und Rückverfolgung von zertifizierten Holzerzeugnissen von großer Bedeutung. NUSSBAUM und SIMULA (2005, S. 64) haben sogar die CoC als ein Rückverfolgbarkeitssystem definiert, das folgende Dokumente umfasst: Forstbetrieb-Aufzeichnungen (bspw. Bestandsberichte, Erntedaten, Erntegenehmigungen, Holzverkaufsdokumente, Inspektionsprotokolle), Transportdokumente (bspw. Genehmigungen, Frachtbriefe, Zollformulare) Prozess-Aufzeichnungen (bspw. Holzaufnahmebelege, Lagerverwaltung-Aufzeichnungen, Arbeitsaufträge, Chargenprotokolle). Es ist auch wichtig, diese Dokumente mit den eindeutig identifizierbaren Holzerzeugnissen zu verknüpfen (vgl. Wingate/McFarlane 2005, S. 343). Dabei kann das System papierbasiert oder elektronisch umgesetzt werden.

Es ist zwischen exklusiver und nicht exklusiver CoC-Zertifizierung zu unterscheiden. Bei der exklusiven CoC-Zertifizierung werden ausschließlich zertifizierte Materialen verwendet. Diese ausschließliche Nutzung macht es möglich, das CoC-System so zu vereinfachen, dass lediglich Input, Lagerung und Output kontrolliert und aufgezeichnet werden sollen (vgl. Gomes et al. 2002, S. 21 f.). Bei der nicht exklusiven CoC-Zertifizierung werden neben den zertifizierten auch nicht zertifizierte Materialien verwendet. Somit sind hier die Anforderungen an eine Kombination von Identifikation, Segregation und Dokumentation im Vergleich zur ersten Variante viel höher. Die Anforderungen, die dabei zu berücksichtigen sind, werden in Tabelle 4-2 dargestellt.

Generell lassen sich zwei Methoden bei der praktischen Umsetzung der CoC-Zertifizierung unterscheiden (vgl. PEFC Deutschland 2010, S. 10 ff.). Bei der Methode der physischen Trennung sollen holzverarbeitende Unternehmen sicherstellen, dass das zertifizierte Material während des gesamten Produktions- und Handelsprozesses von anderen Materialien getrennt gehalten wird und somit identifizierbar bleibt. Die Anforderungen an die Identifikation, Segregation und Dokumentation, die in Tabelle 4-2 dargestellt sind, beziehen sich auf diese Methode. Die Prozentsatzmethode hingegen wird angewandt, wenn es zu einer Vermischung mit anderen Materialien kommt. Die Unternehmen bestimmen hierbei den prozentualen Anteil des zertifizierten Materials bei den Rohstoffen und dürfen maximal diesen Anteil ihrer Fertigprodukte als zertifiziert ausweisen. Die zu verwendenden Berechnungsmethoden werden dabei mit dem jeweiligen Standard vorgegeben. Aber auch bei dieser Methode müssen die Eingänge und Ausgänge identifiziert, kontrolliert und dokumentiert werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es nicht immer gegeben bzw. nicht wünschenswert ist, Produkte aus 100%-zertifizierten Inputstoffen herzustellen. Der wichtigste Grund dafür ist das Verhältnis zwischen den Flächen mit zertifizierter und nicht zertifizierter Waldbewirtschaftung. Die immer noch geringe Gesamtfläche der zertifizierten Wälder im Vergleich zu nicht zertifiziertem Forstbereich führt dazu, dass die zur Verfügung stehende Menge von zertifiziertem Holz stark

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

begrenzt ist (vgl. Nussbaum/Simula 2005, S. 69 f.). So sind aktuell 445 Mio. ha der Waldfläche zertifiziert (vgl. FSC International 2014, S. 2; PEFC Council 2014, S. 5), was lediglich 11,03 % der Gesamtwaldfläche ausmacht (vgl. FAO 2010, S. 13).

Phase	Identifikation	Segregation	Dokumentation
Eingang einschließlich Lagerung	Zertifizierte Rohstoffe und Lagerplatz sind identifizierbar	Zertifizierte Rohstoffe sind von nicht zertifizierten Rohstoffen getrennt zu halten	Dokumentation der Eingangskontrolle mit Eingabe von Holzmenge, Holzstatus (zertifiziert oder nicht zertifiziert auf Basis der offiziellen Deklaration zur Herkunft des Materials und der Bezeichnung des Zertifikats des Lieferanten), Lieferantennamen und Lieferdatum. Dafür sind solche Dokumente wie Kaufbelege, Kontrollzettel, Lieferscheine usw. zu verwenden
Verarbeitung	Zertifiziertes Material ist identifizierbar in allen Phasen der Produktion	Zu verarbeitendes zertifiziertes Material ist in allen Phasen des Produktionsprozesses getrennt zu halten	Kontrollzettel und Produktionsaufzeichnungen, periodische Berichte und Dokumentation über Verluste und Abfälle
Bestand, Vertrieb und Versand	Fertigprodukt wird als zertifiziert identifiziert; Lagerplatz ist identifizierbar	Zertifizierte Fertigprodukte sind getrennt zu lagern; zertifizierte Fertigprodukte können zusammen mit nicht zertifizierten Produkten verkauft werden, z. B. in getrennten Verpackungen	Lagerberichte; Verkaufsabrechnung und Verkaufsdokumente mit folgenden Angaben: Kunden und Unternehmensnamen, Identifizierung des Produktes, Liefermenge, Lieferdatum, Status und Code für zertifizierte Produkte (Bezeichnung des Zertifikats des Unternehmens)

Tabelle 4-2: Phasen und Anforderungen an Identifizierung, Segregation und Dokumentation der zertifizierten Produktion bei der nicht-exklusiven CoC-Zertifizierung[39]

4.1.2 Schwachstellen der praktischen Umsetzung

Die wichtigsten europäischen Zertifizierungssysteme sind das Forest Stewardship Council (FSC) und das Program for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC) (vgl. Cai/Aguilar 2013b, S. 16; Roos/Nyrud 2008, S. 402; Yamamoto et al. 2014, S. 168). Im November 2014 wurden 181 Mio. ha der Waldfläche nach dem FSC-Standard und 264 Mio. ha der Waldfläche nach dem PEFC-Standard zertifiziert (vgl. FSC International 2014, S. 2; PEFC Council 2014, S. 5). In Bezug auf die CoC-Zertifizierung wurden weltweit über 28.000 FSC-Zertifikate und mehr als 10.000 PEFC-Zertifikate ausgestellt (vgl. FSC International 2014, S. 6; PEFC Council 2014, S. 11). Jedes System legt eigene Anforderungen fest, denen die Unternehmen genügen müssen, um sich zertifizieren zu lassen. Die praktische Umsetzung von beiden Systemen wurde in den letzten Jahren kritisiert. Die Arbeitsgemeinschaften Rohholzverbraucher e.V., der Deutschen Sägeindustrie, der Deutschen Zellstoff- und Papierindustrie und der Deutschen Holzwerkstoffindustrie haben eine mangelnde Umsetzbarkeit der PEFC-CoC-Zertifizierung erklärt (vgl. AGR et al. 2011, S. 4). Als einer der Gründe wurden technische Grenzen der physischen Trennung der Rohstoffe genannt. GUILLERY (2011, S. 4) weist auf ein weiteres Problem im Rahmen der FSC-Zertifizierung hin – das Fehlen einer durchgängigen Rückverfolgbarkeit vom Forstbetrieb bis zum Endverbraucher, weil die CoC-Systeme die Prozesse innerhalb eines Unternehmens im Fokus haben, was dazu führt, dass die Kommunika-

[39] Vgl. Gomes et al. 2002, S. 26.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

tion und der Dokumentationsfluss zwischen den Unternehmen kaum berücksichtigt werden. Im weiteren Verlauf des Unterkapitels werden die praktische Umsetzung der Identifikation, Segregation und Dokumentation betrachtet und deren Schwachstellen analysiert.

Identifikation

Wie bereits in Unterkapitel 2.3.4 dargestellt wurde, sind immer noch **die konventionellen Methoden** wie Branding Hammer und Markierungen mit Farbe und Kreide sowie das Anbringen von nummerierten Plastikplättchen in Forstbetrieben verbreitet (vgl. Dykstra et al. 2003, S. 265; Saunders 2006, S. 15; Hollmann-Hespos 2008, S. 3). Aufgrund des geringen Informationsgehaltes ist es bei dem Branding Hammer unmöglich, das Holzstück eindeutig zu identifizieren. Das Fehlen der eindeutigen Identifikation führt dazu, dass das Holzstück als Element der physischen Warenströme nicht mit den zu begleitenden Dokumenten verknüpft werden kann, so dass die Rückverfolgbarkeit entweder stark erschwert oder überhaupt nicht realisierbar ist. Die Anwendung von Farben- und Kreidemarkierungen reicht von der einfachen Lösung, wobei die Holzstücke lediglich mit verschiedenen Lackfarben markiert werden und nur in Verbindung mit Dokumenten unterschieden werden können, bis zum Schreiben der weiteren Informationen im Klartext direkt auf das Holz. Während die erste Variante auch keine eindeutige Verknüpfung zwischen physichen Waren- und Dokumentationsflüssen sicherstellt, ist die zweite Variante dafür geeignet. Je mehr Informationen auf das Holz aufgetragen werden sollen, desto arbeitsintensiver fällt die Farbmarkierung aus (vgl. Seidel et al. 2012, S. 15). Aus Zeit- und Kostengründen wird daher nur ein Teil der Stämme gekennzeichnet, da angenommen wird, dass zusammen gelagerte Stämme der gleichen Charge angehören (vgl. Schneider 2010, S. 33).

Die zum Einsatz kommenden Methoden weisen einen gravierenden Nachteil auf – sie sind **nicht maschinenlesbar** (s. Tabelle 2-5). Da keine automatische Wareneingangskontrolle möglich ist, führen Sägewerke Strichprobenkontrollen aus, die bei ca. 5 % des ankommenden Holzes manuell durchgeführt werden (vgl. Schneider 2010, S. 6). Da die verwendeten Markierungsmethoden **nicht fälschungssicher** sind, eröffnen diese Stichprobenkontrollen Chancen für böswilliges Handeln. Die einfach zu erstellenden Markierungen können unter diesen Umständen auf nicht zertifiziertes Holz aufgetragen werden, welches als zertifiziertes Holz bei Sägewerken identifiziert und verarbeitet wird. Die manuelle Arbeit bei großem Holzaufkommen kann mit Fehlern belastet sein. Die Fehler bei dem Anbringen und Lesen der Identifikation bedeuten, dass die Ermittlung des Zertifizierungsstatus nicht mehr möglich ist. Ein weiterer Nachteil der verwendeten Markierungsmethoden ist die Lesbarkeit, da bei Schmutz, Schnee, Nässe etc. die Information verdeckt wird (vgl. Häkli et al. 2013, S. 306). Daraus können z. B. Fehler beim Abtransport auftreten, da der Fahrer die Zuordnung von Poltern/Stämmen zu Fahraufträgen nicht richtig durchführen kann.

Innerhalb der Wertschöpfung finden mehrere Transformationsprozesse statt, so dass Holz seine Form und seinen Zustand ändert. So werden bei Sägewerken die Holzstücke in Schnitthölzer gesägt. Dabei geht die Markierung des Holzstückes verloren, und die Schnitthölzer müssen erneut markiert werden (vgl. Häkli et al., 2013 S. 305). Jedoch werden im Schnittholzbereich die einzelnen Bretter momentan nicht gekennzeichnet, d. h. es findet **keine Re-Markierung während der Trans-**

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

formationsprozesse statt (vgl. Schneider 2010, S. 9). Dadurch ist die physische Trennung innerhalb der Verarbeitung nicht mehr realisierbar.

Segregation

Zwei Faktoren führen dazu, dass die physische Trennung zwischen zertifizierten und nicht zertifizierten Rohstoffen an ihre **technischen Grenzen** stößt. Zum einen ist für die Umsetzung der Anforderungen aus Tabelle 4-2 die Aufteilung der bereits eingeschränkten Kapazitäten eines Unternehmen im Transport, der Lagerung und Produktion erforderlich. Diese Verteilung erfordert wiederum zusätzliche Kosten und Zeitaufwand für das Management der physichen Trennung, was Verzögerungen in der Produktion und höhere Preise für Konsumenten verursachen kann (vgl. IPIECA 2010, S. 16). Zum anderen besteht immer das Risiko der Vermischung von zertifizierten und nicht zertifizierten Rohstoffen an verschiedenen kritischen Kontrollpunkten der Supply Chain. Dieses Risiko ist auf die in Unterkapitel 2.2.3.2 dargestellten besonderen organisatorischen Strukturen holzbasierter Wertschöpfungsnetzwerke zurückzuführen. So führen die von FBG oder WBV organisierten Bündel-Lieferungen von nur partiell gekennzeichneten Holzstücken zur Vermischung von Holz-Kleinmengen, die aus verschiedenen Quellen stammen.

Als besonders kritisch wird die Situation auf dem Rundholzplatz bei Sägewerken angesehen (vgl. Chiorescu/Grönlund 2004b). Nach der Anlieferung im Sägewerk wird das Rundholz abgeladen, vermessen, nach der Länge, dem Durchmesser und der Qualität sortiert. Spätestens ab diesem Zeitpunkt ist eine Zuordnung des Rundholzes zu dem jeweils liefernden Waldbesitzer nicht mehr möglich, da keine neuen Kennzeichnungen, welche die Verknüpfung der Lieferungsinformationen mit dem Holzstück ermöglichen, aufgebracht werden (vgl. Schneider 2010, S. 9). Die fehlende Re-Markierung während der Transformationsprozesse hat Auswirkungen auf die Rückverfolgbarkeit sowohl bei Hauptprodukten wie Schnitthölzern als auch bei Kuppelprodukten wie Sägenebenprodukten. So fallen letztere kontinuierlich an, so dass die Prozessdaten herangezogen werden sollen, um die TRUs zu erzeugen. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, die Inputstoffe zu erfassen. Nach SCHNEIDER (2010, S. 9) werden jedoch sogar die evtl. auf der Stirnseite des Holzstückes vorhandenen Kennzeichnungen vor dem Sägen nicht ausgelesen. Somit können die bei der Produktion anfallenden Nebenprodukte nicht nach Lieferanten getrennt werden.

Dokumentation

Ein Rückverfolgbarkeitssystem ist die notwendige Voraussetzung für die Realisierung der CoC. Die unterschiedlichen Zertifizierungsschemen legen dabei die Anforderungen an die interne Rückverfolgbarkeit fest, welche auch periodisch überprüft werden. Wie die externe Rückverfolgbarkeit funktionieren sollte, wird lediglich indirekt angesprochen. So werden die wichtigen Informationen genannt, die zusammen mit dem Wareneingang ins Unternehmen hinein fließen bzw. mit dem Warenausgang aus dem Unternehmen heraus fließen (s. Tabelle 4-2). Somit wird **eine verkettete Rückverfolgbarkeit** mit einer sequenziellen Informationsweitergabe zwischen benachbarten Stufen der Wertschöpfungskette angesprochen (s. Kapitel 2.3.3), die eine direkte Kommunikation zwischen z. B. Endverbraucher und Forstbetrieb ausschließt. Dadurch ist es für Händler und Konsumenten unmöglich, das Produkt bis zum Forstbetrieb zurück zu verfolgen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Stand der Technik ist immer noch **die papierbasierte Rückverfolgbarkeit** von Holz (vgl. DoubleHelix 2011, S. 18; Saunders 2006, S. 15; Seidel et al. 2012, S. 8). Diese Form der Rückverfolgbarkeit ist mit mehreren Nachteilen verbunden (s. Tabelle 2-6). Als besonders kritisch sind dabei die zeitaufwändige und schwierige Rückverfolgung von Informationen sowie die Fehler durch die manuellen Eingaben zu nennen. Sehr intensive manuelle Arbeit ist erforderlich, um Dokumente zu erstellen, mit Fax, E-Mail oder per Post zu kommunizieren und zu archivieren. Mit dem Archivieren entsteht Bedarf an dem Ort, an welchem die Dokumente sicher aufbewahrt werden können. Mit der steigenden Anzahl von Dokumenten steigt auch das Risiko, dass die papierbasierten Dokumente durch absichtliches oder unabsichtliches Handeln verloren gehen.

Ein weiterer Aspekt, der mit der papierbasierten Rückverfolgbarkeit eng verbunden ist, sind hohe Risiken der Fälschung und Korruption (vgl. Seidel et al. 2012, S. 8). NEPCon als eine Non-profit-Organisation mit dem Schwerpunkt Nachhaltigkeit nennt das folgende Beispiel (hier und im Folgenden NEPCon 2014): Ein zertifizierter Lieferant verfälscht eine Rechnung und verkauft nicht-zertifiziertes Material mit dem Status „zertifiziert“, während die Kopie der Rechnung für die Auditprüfung keinen Hinweis auf den zertifizierten Status enthält. Diese Diskrepanz bleibt in der Regel unbemerkt, da Auditoren nur die internen Massenbilanzen, d. h. zertifizierte Eingänge gegen zertifizierte Ausgänge, überprüfen. Dieses Problem wurde bereits von der FSC erkannt. Sie entwickelt gerade eine Online-Plattform – Online Claims Platform (OCP). Diese Plattform verbindet FSC-zertifizierte Lieferanten mit Kunden, so dass die Richtigkeit der Angaben über zertifizierte Holzprodukte schnell und genau von beiden Handelspartnern digital bestätigt werden kann[40]. Tabelle 4-3 fasst die identifizierten Schwachstellen nach Prinzipien der CoC-Zertifizierung zusammen.

Kennzeichnung	Kernbereich der CoC	Schwachstelle
SSI	Identifikation	Konventionelle nicht maschinenlesbare und nicht fälschungssichere ID-Methoden
SSII		Keine Re-Markierung während der Transformationsprozesse
SSIII	Segregation	Technische Grenzen der physischen Segregation
SSIV	Dokumentation	Verkettete papierbasierte Rückverfolgbarkeitssysteme

Tabelle 4-3: Schwachstellen der praktischen Umsetzung der CoC-Zertifizierung

4.1.3 Ableiten von Anforderungen an Tracking & Tracing-Systeme

Um die Schwächen der aktuell verwendeten Identifikationsmethoden und die Neigung zu opportunistischem Verhalten zu reduzieren sowie die Geschwindigkeit der Identifikationsprozesse zu erhöhen, sind an Stelle von nicht maschinenlesbaren (**SSI**) automatische Identifikationsmethoden zu nutzen. Die Auto-ID umfasst die automatische Extraktion der Identität einer TRU (vgl. McFarlane/Sheffi 2003, S. 3). Ein Auto-ID-System besteht aus einem Kennzeichnungsmedium, das

[40] Der folgende Prozessablauf findet dabei statt (vgl. FSC International o. Jg., S. 2 ff.): Der Empfänger der holzbasierten Lieferung gibt die relevanten Informationen, wie Zertifikatnummer und -Ablaufdatum, -Typ, Prozentsatz, Baumart, Herkunftsland, Produkttyp, Quantität, Beschreibung, in das System ein, welche der Rechnung entnommen werden. Diese Daten werden automatisch an den Lieferanten gesendet, welcher sie abgleicht und deren Richtigkeit bestätigt. Die automatische Bestätigung über die Akzeptanz wird an den Empfänger versandt.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

entweder selbst eine TRU ist (Materialsignatur) oder an ihr angebracht wird (RFID Transponder), und einem fest installierten oder mobilen Lesegerät (vgl. Richter 2013, S. 125). Auto-ID-Systeme sind ein „Bindeglied zwischen Informationsfluss und Materialfluss“ (Arnold et al. 2008, S. 816), wobei die Verknüpfung ohne Einsatz der menschlichen Arbeitskraft erfolgt. Auto-ID-Systeme unterscheiden sich nach dem Grad der Automatisierung bzw. der menschlichen Intervention für die Datenerfassung. Diese Intervention zur Kommunikation zwischen Informations- und digitaler Welt kommt beispielsweise bei dem händischen Scannen eines Barcodes zum Einsatz.

Wie den Unterkapiteln 2.3.4 und 3.2 zu entnehmen ist, wurden in den letzten Jahren neue Kennzeichnungsmethoden entwickelt, die für verschiedene Prozesse geeignet sowie kostengünstiger sind (vgl. Seidel et al. 2012, S. 33). Zum Beispiel kann Stammholz für die Säge- und Furnierindustrie bereits jetzt mit individuellen RFID-Transpondern ausgestattet werden (vgl. Ehrhardt et al. 2010, S. 49). Beim industriellen Holz ist die Ausstattung jedes einzelnen Holstückes mit RFID-Tags jedoch nicht kosteneffizient. Stattdessen kann Ink-Printing zum Auftragen von zweidimensionalen Barcodes auf den Stirnflächen von Rundholz verwendet werden (vgl. Uusijärvi 2010, S. 33). Bei Schüttgütern wie Sägenebenprodukten ist es möglich, der Charge die entsprechenden Marker beizufügen, z. B. RFID-Tags aus biologisch abbaubarem Material (vgl. Uusijärvi 2010, S. 28). Die Vielzahl bereits vorhandener Rückverfolgbarkeitsmethoden wie Materialsignatur-, Prozessdaten- und Marker-basierte Verfahren ermöglicht es, die passende Lösung für jede einzelne Verarbeitungsstufe zu finden und somit die Rückverfolgbarkeit auch während der Transformationsprozesse zu realisieren (**SSII**). Dabei müssen ausgehend von Prozess- und Materialspezifikationen die verschiedenen Auto-ID-Methoden kombiniert werden sowie die Daten über Input und Output miteinander verknüpft werden.

Da Segregation auch mithilfe der Identifikation realisiert werden kann, reduziert sich der Bedarf an räumlicher und zeitlicher Trennung, wenn ein effizientes Identifikationssystem von Materialflüssen zum Einsatz kommt (vgl. Upton/Bass 1996, S. 99). Somit hilft ein Auto-ID-System dabei, die Segregation zwischen zertifizierten und nicht zertifizierten Holzerzeugnissen effizient zu realisieren (**SSIII**).

Auto-ID-Systeme stellen die Informationen über die Identität der TRU sowohl der internen als auch externen IS. Somit eröffnet sich die Chance für die Verbesserung der Rückverfolgbarkeit von Holz. Zu diesem Zweck soll anstatt des verketteten Systems (**SSIV**) ein integriertes entwickelt werden, das einen direkten Zugriff auf relevante Daten für alle Teilnehmer entlang der gesamten holzbasierten Supply Chain ermöglicht. Es enthält eine zentrale Datenbank, in welche die Teilnehmer die Daten einspeisen. Diese Daten ermöglichen die genaue Angabe der Rohstoffherkunft. Dabei ist es wichtig, dass die Rohstoffherkunft nicht nur durch die Unternehmen der Wertschöpfungskette sondern auch durch Endverbraucher überprüft werden können. Die Zusammenfassung von Schwachstellen sowie die daraus resultierenden Anforderungen an T & T-Systeme sind Abbildung 4-2 zu entnehmen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

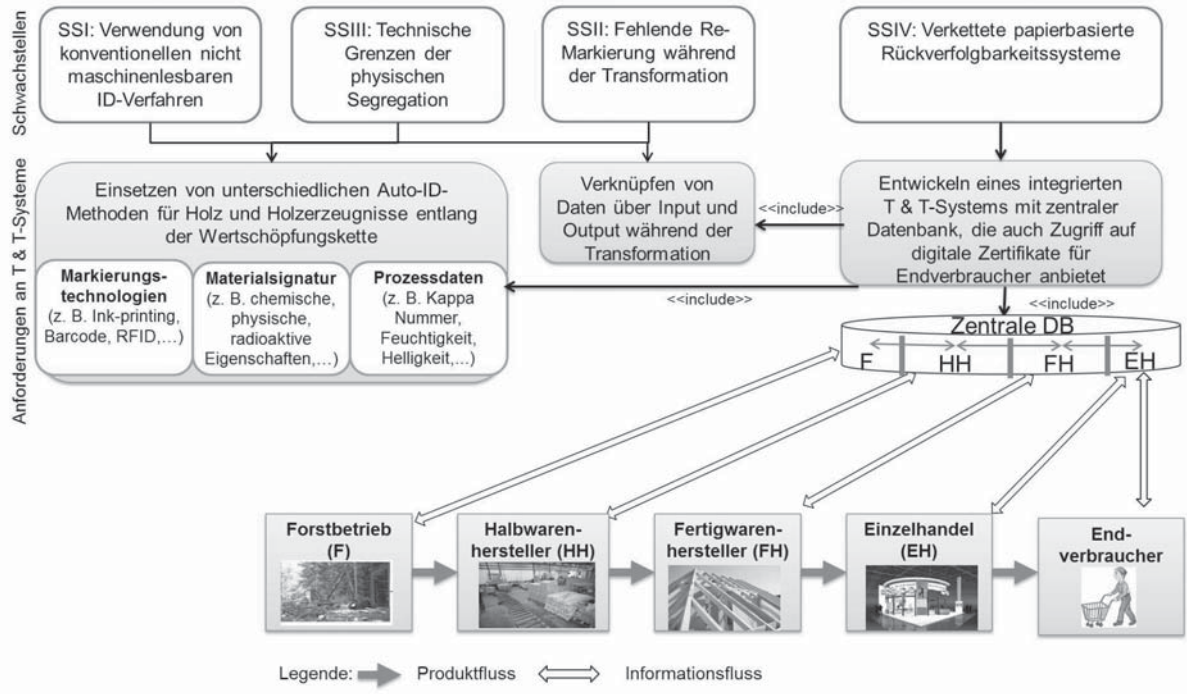


Abbildung 4-2: Schwachstellen der praktischen Umsetzung der CoC-Zertifizierung und darauf basierende Anforderungen an T & T-Systeme

Wie in Abbildung 4-2 dargestellt, ist zur Eliminierung der bereits identifizierten Schwachstellen ein integriertes T & T-System erforderlich, welches auf unterschiedlichen Auto-ID-Methoden basiert, die Verknüpfung der Daten über Input und Output ermöglicht und über eine gemeinsame Datenbank mit Informationen über die Herkunft von Holz und Holzerzeugnissen verfügt.

Um solch ein System umzusetzen, ist eine Vier-Schichten-Systemarchitektur erforderlich (vgl. Häkli et al. 2013; Lee/Park 2010; Thoroe et al. 2011). Die *Infrastrukturebene* umfasst Hardware-Komponenten und Infrastruktur zur Identifikation, Erfassung und Vorverarbeitung von Daten. Gerade diese Ebene beinhaltet die verschiedenen Auto-ID-Verfahren. Die *Integrationsebene* schließt das Sammeln, Komprimieren und Analysieren von Daten und deren Integration in bestehende Systeme ein. Zudem findet hier die Datenverknüpfung mit Bestell- und Lieferdokumenten statt. Diese Ebene stellt auch sicher, dass die Daten während der Transformationsprozesse miteinander kombiniert werden. Die *Kommunikationsebene* ermöglicht einen Datenaustausch entlang der Holz-Supply Chain. Zu diesem Zweck kann eine voll automatisierte Plattform zum Einsatz kommen (z. B. EPCglobal-Netzwerk Standard) oder das Online Management von relevanten Informationen mit der manuellen Eingabe von Daten. Auf der *Applikationsebene* erfolgt die Datennutzung und -verarbeitung zur Unterstützung von Geschäftsprozessen. Die Daten können bspw. helfen, Input-Output-Beziehungen automatisch zu berechnen und so die Prozentsatzmethode mit höherer Präzision anzuwenden. Die hier beschriebene Systemarchitektur ist in Abbildung 4-3 visualisiert. Die konkrete Umsetzung der dargestellten Systemarchitektur wird in Kapitel 5 durchgeführt.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

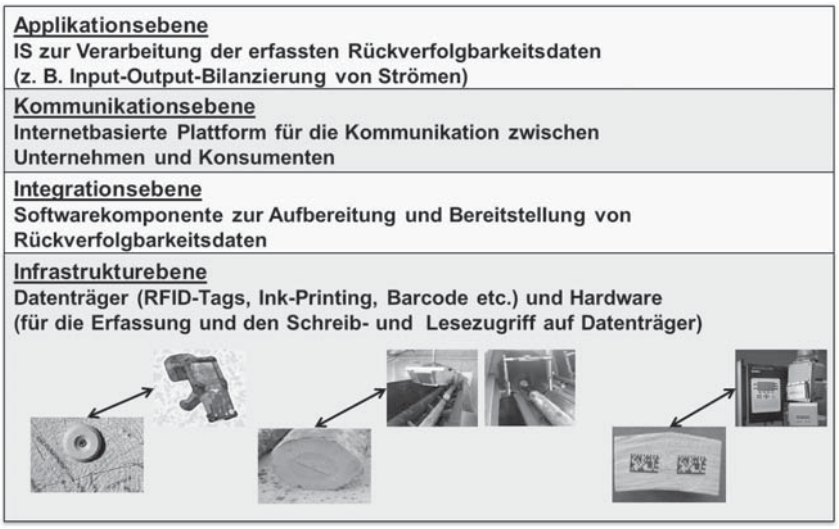


Abbildung 4-3: Vier-Schichten-Systemarchitektur eines integrierten T & T-Systems

4.2 Nutzen von Daten aus Tracking & Tracing-Systemen in B2C- und B2B-Bereichen

Die Untersuchung des wirtschaftlichen Nutzens von Daten aus T & T-Systemen erfolgt sowohl im B2C- (Unterkapitel 4.2.1) als auch im B2B-Bereich (Unterkapitel 4.2.2). Für beide Bereiche werden jeweils Untersuchungsgegenstände und -ziele (Unterkapitel 4.2.1.1 und 4.2.2.1) sowie die Vorgehensweise (Unterkapitel 4.2.1.2 und 4.2.2.2) festgelegt. Um die Bedürfnisse der Konsumenten und Unternehmen der Wertschöpfungsnetzwerke für die stoffliche Nutzung von Lignocellulose zu identifizieren, wurden empirische Untersuchungen durchgeführt, deren Auswertung in den Unterkapiteln 4.2.1.3 und 4.2.2.3 dargestellt wird. Basierend auf den Ergebnissen der Auswertung werden Anforderungen an T & T-Systeme aus Sicht der Konsumenten (Unterkapitel 4.2.1.4) und der Unternehmen (Unterkapitel 4.2.2.4) abgeleitet.

4.2.1 Nutzen im B2C-Bereich: Erfüllung der Kundenanforderungen bezüglich Produktinformationen

Nach BAJRIC (2010), LUNDAHL (2007), TIMPE (2006), UUSIJÄRVI (2010) helfen die Daten aus T & T-Systemen dabei, die Qualität von Holzprodukten zu erhöhen, die Zuverlässigkeit, Reaktionsfähigkeit und Flexibilität im Wertschöpfungsnetzwerk für die stoffliche Nutzung von Lignocellulose zu verbessern sowie die Kosten während der Produktion, Lagerhaltung sowie Forstaktivitäten (wie Rückung und Sortierung) zu reduzieren. Darüber hinaus können Informationen über ein Produkt aber auch eine wichtige Determinante der Kaufintention darstellen. Die Untersuchungen im Bereich von Fast-Moving Consumer Goods (FMCG) am Beispiel der Lebensmittelindustrie zeigen, dass Verbraucher ein höheres Vertrauen in das Produkt und höhere Kaufabsichten haben, wenn detaillierte Produktinformationen zur Verfügung stehen (z. B. Chen et al. 2008; Clemens 2003; Gracia/Zeballos, 2005; Ortega et al. 2011; Ubilava/Foster, 2009). Gleichzeitig schätzen Verbraucher T & T-Systeme, da diese detaillierten Produktinformationen, vor allem in den Point-of-Sale (POS)-Prozessen, wie z. B. Produkt-Herkunft und -Qualität oder nachhaltige Eigenschaften enthalten. Diese Systeme können

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Verbraucher-Informationsasymmetrien und die damit verbundenen Informationskosten senken (vgl. Hobbs 2003). Obgleich mehrere Studien bereits die Verwendung von T & T-Systemen im B2C-Bereich für Lebensmittel betrachtet haben (z. B. Clemens 2003, Hobbs 2003, Chen et al. 2008 etc.), fehlen jedoch immer noch Analysen für Produktgruppen außerhalb des Lebensmittelsektors wie z. B. Holzprodukte (s. Kapitel 3). Es gibt nur wenige Studien über Holzprodukte, die sich mit den Umweltauswirkungen dieser Produkte beschäftigen und auf die Zahlungsbereitschaft für die Zertifizierung der nachhaltigen Waldbewirtschaftung konzentrieren (s. Kapitel 4.1: Aguilar/Vlosky 2007; Anderson/Hansen 2004; Cai/Aguilar 2013b; Hansmann et al. 2006; Husted et al. 2014; Veisten 2007; Yamamoto et al. 2014). Wichtig dabei ist, dass die Verbraucher detaillierte Umweltkennzeichen dem einfachen Öko-Siegel bevorzugen (vgl. Teisl 2003). Als besonders relevant in diesem Zusammenhang wird die Information über die Herkunft des Holzes genannt (z. B. Aguilar/Cai 2010; Cai/Aguilar 2013a; Veisten 2007). Untersuchungen über die Auswirkungen der Bereitstellung der unterschiedlichen Informationen über Holzprodukte auf Verbraucherpräferenzen und -vertrauen fehlen immer noch. Unter Beachtung der steigenden Konsumentenmacht sind diese Untersuchungen unabdingbar (vgl. Steele 1995, S. 53 ff.). Die hier angesprochene Untersuchung mit anschließender Auswertung der Ergebnisse wurde im Rahmen eines interdisziplinären Graduiertenkollegs 1703 „Ressourceneffizienz in Unternehmensnetzwerken – Methoden zur betrieblichen und überbetrieblichen Planung für die Nutzung erneuerbarer Rohstoffe“ zusammen mit Frau Osburg durchgeführt (vgl. Osburg et al. 2016; Appelhanz et al. 2016).

Innerhalb dieses Unterkapitels wird erklärt, wieso die Identifikation der Bedürfnisse der Konsumenten nach Informationen zu Holzprodukten von besonderer Bedeutung ist und welche Informationsitems von welchen Konsumentensegmenten als relevant und vertrauensfördernd wahrgenommen werden.

4.2.1.1 Untersuchungsgegenstand und -ziel

In Kapitel 4.1 wurden die Schwachstellen der praktischen Umsetzung der CoC-Zertifizierung identifiziert, welche dazu führen, dass nicht zertifiziertes Holz als zertifiziertes verkauft wird. Das Wissen darüber verunsichert die Konsumenten und kann zur Entstehung von Kaufbarrieren führen. Die von Auditoren ausgestellten CoC-Labels werden als Marketinginstrumente wahrgenommen und erfüllen somit anscheinend nicht ihren vorgesehenen Zweck (vgl. Gleim et al. 2013, S. 48). Die Bereitstellung der Produktinformationen wurde von GLEIM ET AL. (2013) als Strategie zur Überwindung von Kaufbarrieren bei Holzprodukten identifiziert. Der Abbau von Kaufbarrieren kann zum einen zur Steigerung der Nachfrage und zum anderen zur Förderung des nachhaltigen Verbrauches führen, da durch die Produktinformationen die Aufmerksamkeit von Konsumenten auf Produkte aus ökofreundlichen Materialien gelenkt werden kann.

Insgesamt scheint die Bereitstellung von Produktinformationen besonders vielversprechend für junge Verbraucher[41] zu sein, weil sie mehr und länger nach ausführlichen Produktinformationen suchen und diese Informationen intensiver nutzen (vgl. Cole/Balasubramanian 1993, S. 166;

[41] Nach KANCHANAPIBUL ET AL. (2014) gehören Verbraucher im Alter zwischen 18 und 30 Jahren zur jungen Generation.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Kanchanapibul et al. 2014, S. 528). Aus diesem Grund erscheint die junge Generation als eine interessante Zielgruppe für die Untersuchung. Ziel der Untersuchung ist die Identifikation der Konsumentenbedürfnisse nach Informationen über Holzprodukte, welche das Vertrauen in die Produkte fördern und die Kaufwahrscheinlichkeit erhöhen. Um eine Informationsflut mit Produktinformationen zu vermeiden, ist es notwendig, diejenigen Informationsitems zu identifizieren, die von Verbrauchern bevorzugt werden (vgl. Kehagia et al. 2007; Pieniak et al. 2013; Salaün/Flores 2001; Verbeke 2005 und 2008). Da der Informationsbedarf der Verbraucher zwischen Verbrauchersegmenten unterschiedlich sein könnte, sollen für verschiedene Zielgruppen relevante Informationen festgestellt werden (vgl. Verbeke 2005 und 2008; Dimara/Skuras 2003). Ausgehend davon kann das Ziel der Untersuchung mit folgenden Forschungsfragen operationalisiert werden:

FFa: Welche Gruppen junger Konsumenten bevorzugen die Bereitstellung von Informationen über Holzprodukte?

FFb: Welche Informationen sind für die identifizierten Kundensegmente relevant und werden daher von jungen Konsumenten als förderlich für Produktvertrauen und Kaufabsicht bewertet?

Die Frage FFa kann dabei als eine Hilfsfrage angesehen werden, da die Antworten darauf die Basis für die Ausarbeitung der FFb darstellen. Die Antworten auf FFb beschreiben die Informationsbedürfnisse der Konsumenten bzw. Konsumentenanforderungen für Produktinformationen.

4.2.1.2 Vorgehensweise

In diesem Abschnitt werden die Forschungsmethode festgelegt, der Aufbau des Mediums der Datenerhebung beschrieben sowie die Auswertungsmethode kurz erläutert.

Forschungsmethodik

Aufgrund der fehlenden Studien um die gestellten Forschungsfragen zu beantworten, sind neue bis jetzt nicht erfasste Daten zu erheben. Deshalb wird eine Primärforschung durchgeführt, bei welcher sowohl die Stichprobe als auch die Methoden der Datenerhebung selbst zu planen sind (vgl. Bruhn 2011, S. 92). Der Untersuchungsgegenstand wird explorativ erschlossen, um so Handlungsbedarf in der Praxis (die vorhandenen Informationsbedürfnisse der privaten Verbraucher) zu identifizieren und daraus neuen Forschungsbedarf (Anforderungen an T & T-Systeme) ableiten zu können (vgl. Childe 2011, S. 107). Dabei wird die quantitative Marktforschung verwendet, um aufgrund von zahlenmäßig erfassbaren Tatbeständen mathematisch-statistische Verfahren zur Analyse der Verbraucherbedürfnisse bzgl. der Informationen über Holzprodukte einzusetzen (vgl. Bruhn 2011, S. 91). Um quantitative Daten zu erfassen, wird eine Online-Befragung durchgeführt. Vorteilhaft bei dieser Methode ist, dass keine umfangreiche Organisation (z. B. Fahrten, Aufbau von Experimenten) nötig ist, die räumliche und zeitliche Ungebundenheit der Befragungssituation, welche die Erreichbarkeit von Probanden an unterschiedlichen Orten und zu beliebigen Zeitpunkten ermöglicht und eine einfache und günstige Durchführung der Studie unterstützt (vgl. Fielding et al. 2008, S. 89). Weiterhin kann die Anonymität der Befragungssituation zu größerer Offenheit und realitätsnäheren Antworten führen (vgl. Bruhn 2011, S. 98). Aufgrund der einfachen und günstigen Durchführung ist die Methode effizient, wenn eine große Stichprobe befragt werden muss (vgl. Voss et al. 2002, S. 208).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Zudem ist ein kürzerer Zeitraum für die Datenerhebung erforderlich, und die Daten sind unmittelbar verfügbar. Somit wurde eine Online-Umfrage mit der Sawtooth Software durchgeführt.

Flyers mit dem Link zur Umfrage sowohl in menschenlesbarer als auch maschinenlesbarer (Quick Response (QR)-Code) Form wurden in vier deutschen Städten (Darmstadt, Frankfurt am Main, Göttingen, Münster) von August bis Dezember 2013 verteilt. Zudem wurden die Teilnehmer durch Ankündigungen auf Internet-Plattformen für Studenten rekrutiert. Die Verlosung von zwei Amazon-Gutscheinen (im Wert von je 15 Euro) hat als Anreiz zur Teilnahme gedient, um somit eine möglichst große Stichprobe zu gewährleisten.

Aufbau der Umfrage

Die Umfrage setzt sich aus folgenden Themenblöcken zusammen:

I. Einführung sowie Vorstellung von QR-Code und ID-Nummer
II. Erhebung der Informationsrelevanz und Erklärungsbedürftigkeit
III. Fragen zu QR-Code und ID-Nummer sowie der Relevanz detaillierter Produktinformationen im Vergleich zu anderen Produkteigenschaften
IV. Soziodemographische Angaben

In **Themenblock I** erhalten die Teilnehmer Informationen zur Umfrage. In der Umfrage wurde von den Teilnehmern exemplarisch ein Produkt betrachtet. Die Auswahl eines Beispielproduktes sollte dazu beitragen, dass sich die Befragten intensiver mit den Vorteilen der Rückverfolgbarkeit und darauf basierenden Produktinformationen auseinandersetzen und sich konkrete Anwendungssituationen besser vorstellen können. Konkret wurden zwei Varianten von Bücherregalen präsentiert, da es sich hierbei um ein Produkt handelt, mit dem die Teilnehmer der Umfrage vertraut sind. Dies ist auf diverse Ursachen zurückzuführen: Bücherregale verfügen über einen hohen Verbreitungsgrad und werden von jungen Konsumenten mit geringem bis mittlerem Budget häufig nachgefragt. Dementsprechend wird dieses Produkt bei zahlreichen Händlern, in unterschiedlichen Varianten (d. h. auch verschiedene Materialien) und in verschiedenen Preislagen angeboten. Somit sollten die Teilnehmer mit der Produktkategorie ausreichend bekannt sein und sich die große Mehrheit der Befragten in die Situation eines Bücherregalkaufs hineinversetzen können. Darüber hinaus ist die Entscheidung zu Gunsten von Bücherregalen als typischen Vertreter von Holzmöbeln gefallen, weil Deutschland einer der wichtigsten Märkte für Holzmöbel ist (vgl. Scholz/Decker 2007, S. 23). Die folgenden Varianten von Bücherregalen wurden präsentiert: Bücherregale aus Massivholz (Buchenholz) und Bücherregale aus furnierten Holzwerkstoffen (Buchenfurnier auf den Spanplatten). Dies erscheint erforderlich zu sein, da zu erwarten ist, dass abhängig vom Material einzelnen Informationen eine unterschiedliche Bedeutung beigemessen wird.

Im Gegensatz zu den bisher im Lebensmittelsektor durchgeführten Studien zu T & T-Systemen ist folgende Besonderheit zu beachten: Bei Bücherregalen handelt es sich um langlebige Güter. Demnach ist von keinem habituellen Kaufverhalten, sondern vielmehr von einem durchdachten Kaufentscheidungsprozess[42] auszugehen, bei dem mehrere Informationsquellen vom Konsumenten heran-

[42] Ein durchdachter Kaufentscheidungsprozess kann auch bei einem Einkauf in Möbeldiscountern (z. B. IKEA) angenommen werden, da dem Konsumenten über 50 verschiedene Bücherregale, in unterschiedlichen Bemaßungen und Farbvariationen, zur Auswahl stehen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

gezogen werden. Somit ist anzunehmen, dass der Abruf zusätzlicher Informationen vor dem Produktkauf vom Konsumenten als besonders relevant erachtet werden kann.

Ferner werden Erläuterungen zu den technologischen Anwendungen präsentiert, um die Teilnehmer darüber aufzuklären, in welcher Form die Informationen für sie am POS abrufbar wären. Dies erscheint erforderlich, um eine möglichst realistische Einschätzung für die nachfolgenden Themenblöcke gewährleisten zu können. Um die Informationen am POS abzurufen, können zwei verschiedene Verfahren zum Einsatz kommen (vgl. da Silva et al. 2010, S. 90; GS1 2009b, S. 9 f.). Das erste Verfahren basiert auf der manuellen Eingabe der Kennung, wie einer ID-Nummer, durch Verbraucher, z. B. an einer Kiosk-Maschine oder mithilfe von internetfähigen Mobilgeräten, z. B. einem Smartphone (vgl. Chen et al. 2008, S. 1554). Beim Informationsabruf via Smartphone ist es erforderlich, vor der ID-Eingabe die zugehörige mobile Webseite aufzurufen. Im Gegensatz dazu kann die ID direkt in das Eingabeformular an der Kiosk-Maschine eingetippt werden. Anstatt einer langen Hypertext Transfer Protocol (HTTP) Uniform Resource Locator (URL) (Adresse der mobilen Webseite mit dem gewünschten Produkt) und/oder ID einzugeben, wird bei dem zweiten Verfahren ein Identifikationsmedium wie ein Strichcode (z. B. QR-Code) mit einer codierten HTTP-URL mit der integrierten Mobilgerät-Kamera (Mobile Tagging) von einem Smartphone oder einem internetfähigen 2D QR-Code-Leser, der durch den Händler zur Verfügung gestellt wird, gescannt, dekodiert und verarbeitet. Die wichtigste und weit verbreitete Mobile Tagging-Technologie ist der QR-Code, welche eine hohe Lesegeschwindigkeit, hohe Genauigkeit sowie hohe Kapazitäten anbietet (vgl. Kan et al. 2009). Das Konzept des QR-Scannens ist aus Sicht der Konsumenten immer noch neu, was zu Nutzungsbarrieren führen kann. Dennoch könnte auch dieses Verfahren für den Informationsabruf wertvoll für junge Verbraucher sein, weil sie sich oft auf ähnliche Technologien verlassen, um Informationen abzurufen, und sie die Technologien als ein Instrument zur Verbesserung ihres Lebensstils wahrnehmen (vgl. Kanchanapibul et al. 2014, S. 528 ff.). Deswegen wurden in der Einführung beide Konzepte kurz erläutert.

Bevor die Informationsrelevanz in **Themenblock II** untersucht wird, wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um relevante Produktinformationen zu identifizieren. Die Produktinformationen wurden anhand von zwei Kriterien ausgewählt. Zuerst wurden die Informationen ausgewählt, die entweder einen signifikanten Effekt in Verbraucherstudien bezüglich FMCG-Produkten hatten oder dass es in der Praxis erfolgreich war, diese Verbrauchern zur Verfügung zu stellen (z. B. Clemens 2003; Folinas et al., 2006; Gadema/Oglethorpe 2011; Hobbs et al. 2005; Kehagia et al. 2007; Pieniak et al. 2013; Ubilava/Foster 2009; Upham et al. 2011). Zweitens wurden die Informationen berücksichtigt, welche in früheren Studien über Holzprodukte angesprochen wurden (z. B. Aguilar/Cai 2010; Anderson/Hansen 2004; Bigsby/Ozanne 2002; Bumgardner/Bowe 2002; Cai/Aguilar 2013a; Gold/Rubik 2009; Jonsson et al. 2008; Kalafatis et al.1999; Macias/Knowles 2011; O'Brien/Teisl 2004; Park et al. 2012; Roos/Nyrud 2008; Salazar/Meil 2009; Scholz/Decker 2007; Veisten 2007; Weinfurter/Eder 2009). Schließlich wurden Informationen herangezogen, deren Einfluss auf Verbrauchereinstellungen bzgl. nachhaltiger Produkte aktuell in der Literatur diskutiert wird (vgl. Achabou/Dekhili 2013; Essoussi/Linton 2010; Fenning/Gershenzon 2002; Thompson et al. 2005; Tseng/Hung 2013). Diese Vorgehensweise führte zu insgesamt 18 Holzprodukt-Informationen (z. B Land, CO_2-Fußabdruck, Baumart, Datum der Holzernte), 16 Einzelinformationen für das Buchenholz und zwei weitere Items

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

für die furnierten Spanplattenprodukte (s. Anhang H). Die so identifizierten Holzproduktinformationen wurden einer von vier Kategorien auf Basis ihres Inhaltes zugeordnet: Herkunft, Umweltauswirkungen, Material und Abbildung der Lieferkette.

Teilnehmer bewerten die Relevanz der einzelnen Produktinformationen in Bezug auf ihre Kaufentscheidung. Um die Bedeutung dieser Informationen zu erfassen, wurden zwei Fragen gestellt, separat für jedes Informationsitem und die beiden Produktvarianten: Die Teilnehmer haben den Einfluss auf das Vertrauen („Die folgende Informationsangabe würde mein Vertrauen in das Produkt erhöhen.“) und die Kaufabsicht („Wenn ich die folgende Informationsangabe hätte, würde ich das Produkt mit höherer Wahrscheinlichkeit kaufen.“) geschätzt. Die Antworten wurden auf 5-Punkte-Skalen eingestuft, von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 5 (trifft voll und ganz zu). Informationsitems und die Produkt-Sequenz wurden in einer randomisierten Reihenfolge präsentiert. Die Teilnehmer konnten angeben, ob die einzelnen Produktinformationen zum besseren Verständnis erklärt werden sollen.

In **Themenblock III** bewerteten die Teilnehmer außerdem den Einfluss detaillierter Produktinformationen auf die Kaufentscheidung im Vergleich zu anderen Produkteigenschaften wie Qualität, Aussehen, Preis, Marke, Langlebigkeit, Garantie, Zertifizierung, Umweltauswirkungen. Auch hier wurden Antworten auf einer 5-Punkt-Skala gemacht. Darüber hinaus wurden die Befragten gefragt, ob sie bereits mit der QR-Code- und ID-Nummer-basierten Informationsgewinnung vertraut sind und welche von diesen Ansätzen sie bevorzugen. Abschließend wurden in **Themenblock IV** soziodemographische Angaben erhoben, u. a. um potenzielle Zielgruppen identifizieren zu können. Die komplette Version der Umfrage kann Anhang I entnommen werden.

Auswertungsmethode

Datenanalysen beginnen mit deskriptiven Statistiken von Präferenzen der jungen Verbraucher bzgl. der Informationsbereitstellung. Die beiden Bewertungen der Produktinformation Relevanz (Produktvertrauen und Kaufabsicht) wurden pro Information gemittelt (Cronbachs Alpha = 0,89); die zugehörige abhängige Variable wurde Produktinformation Relevanz genannt. Für weitere Analysen wurde über die Produktinformation Relevanz alle Informationsitems ipsatiert, um die „persönliche Antworttendenz“ herauszufiltern, d. h. von den Itemrohwerten wurde der über alle Informationsitems gebildete Mittelwert abgezogen. Die ipsatierten Werte ermöglichen es, zu identifizieren, welche Informationsitems besonders relevant für einen konkreten Teilnehmer sind. Um gemeinsame Dimensionen unter Informationsitems zu entdecken, wird im nächsten Schritt eine Hauptkomponentenanalyse der ipsatierten Werte durchgeführt. Die dabei entstehenden Werte werden Faktorenwerte genannt. Um Verbrauchersegmente in dem resultierenden Raum zu identifizieren, wird eine hierarchische Clusteranalyse (Ward-Methode) auf die Faktorenwerte angewandt. Schließlich werden die aufgedeckten Segmente durch ihre Produktinformations-Profile beschrieben. Die dargestellte Vorgehensweise macht es möglich, zwei Forschungsfragen Schritt für Schritt zu beantworten, was im Weiteren detailliert dargestellt wird.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

4.2.1.3 Auswertung der empirischen Untersuchung

An der Online-Studie nahmen insgesamt 205 Personen teil, von denen 20 aus der Endauswertung ausgeschlossen werden mussten. Dies war notwendig, da bei drei Antworten fehlten und 17 nicht in der Altersgruppe zwischen 18 und 30 Jahren lagen. Die Ergebnisse basieren somit auf N=185. Die deskriptive Statistik in Bezug auf die Stichprobe ist der Tabelle 4-4 zu entnehmen. Das Durchschnittsalter betrug 23,49 Jahre (Standardabweichung: SD=2,89). 47 % der Teilnehmer waren männlich, und die überwiegende Mehrheit (91,9 %) Universitätsstudierende. Daher können die Ergebnisse für jüngere gut ausgebildete Menschen verallgemeinert werden.

	Häufigkeit	Prozent
Teilnehmergeschlecht		
Männlich	87	47,02
Weiblich	98	52,97
Teilnehmeralter		
18-21	46	24,86
22-25	59	31,89
26-30	50	27,03
Teilnehmerberuf		
Universitätsstudent	170	91,89
Arbeiter	10	5,41
Anderes	5	2,70

Tabelle 4-4: Deskriptive Statistik der Stichprobe

Tabelle 4-5 zeigt die Mittelwerte der Informationsrelevanz. Für die Befragten sind insbesondere die Angabe von Herkunfts- (vor allem Land, Region), Umweltauswirkungs- und Materialinformationen wichtig. Die zwei wichtigsten Informationsitems Holzart (Mittelwert (M)=4,04, Standardabweichung (SD)=0,97) und Auswirkungen auf die Gesundheit von Zusatzstoffen (M=4,09, S =0,97) gehören zur Materialkategorie. Auch die beiden für Furnier-Produkte zusätzlich aufgenommenen Informationen sind den Mittelwerten zufolge ebenfalls relevant. In diesem Zusammenhang ist jedoch zu beachten, dass die Mehrheit dieser Angaben (vorrangig Nachhaltigkeits- und Materialinformationen) von den Umfrageteilnehmern als erklärungsbedürftig angesehen wird. Dies bezieht sich insbesondere auf den Kohlenstoff-Fußabdruck (M=3,69, SD=1,30), Zusatzstoffe (M=3,85, SD=1,08) und gesundheitliche Auswirkungen der Zusatzstoffe (M=3,86, SD=1,16). Mit der Ausnahme von Items über Land, Region und Plantage/Wald sind die Produktinformationen aus den Kategorien Herkunft und Abbildung der Supply Chain weder als besonders relevant noch als erklärungsbedürftig bewertet worden.

Insgesamt erreicht die Auflistung der Produktinformationen (M=3,17, SD=1,06) eine mittlere Relevanz bezüglich der Kaufentscheidung, im Vergleich zu anderen Treibern der Kaufentscheidung wie Aussehen (M=4,59, SD=0,62), Qualität (M=4,57, SD=0,65), Haltbarkeit (M=4,39, SD=0,73), Preis (M=4,31, SD=0,80), Umweltauswirkungen (M=3,65, SD=1,06), Garantie (M=3,48, SD=1,10), Zertifizierung (M=3,30, SD=1,05) und Marke (M=2,33, SD=1,21). Die Auflistung von Produktinformationen zeigte eine geringere Relevanz im Vergleich zu den meisten anderen Treibern.

Mit dem Ziel einer Dimensionsreduzierung wurde eine Hauptkomponentenanalyse der ipsatierten Werte angeschlossen, welche zu fünf Komponenten mit Eigenwerten von 1 über Kaiser-Kriterium führte. Aber der Scree-Test schlug vor, zwei Komponenten zu extrahieren. Abbildung 4-4 zeigt das

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Komponentendiagramm im rotierten Raum, in dem alle Produktinformationen lokalisiert sind. Komponente 1 differenziert zwischen Material- (z. B. Materialzusammensetzung, Holzart, Kommentaren der Wald-/Plantagenbesitzer) und Herkunftsinformationen (z. B. Land, Region, Plantage oder Wald). Komponente 2 unterscheidet zwischen Umweltinformationen (z. B. nachhaltige Wald-/Plantagenbewirtschaftung, CO_2-Fußabdruck, Recyclinganteil) einerseits und andererseits weiteren Informationen, die vorrangig von Personen nachgefragt werden, die eine nur geringe Differenzierung zwischen den einzelnen Informationen vornehmen (z. B. Tag des Holzeinschlages, Datumsangabe (Verarbeitung), Betriebsname). Letzteres wird durch die individuelle SD über alle Informationsitems gezeigt (SD≤1,00, alle Informationen erscheinen gleichwertig). Dem Streudiagramm (s. Abbildung 4-5) zufolge sind Individuen mit geringer Differenzierung im unteren linken Bereich lokalisiert, wobei das Streudiagramm der Komponentenausprägung für jeden Befragten zeigt. Farblich unterschieden werden dabei diejenigen Individuen, die über eine hohe Differenzierung in ihrer Bewertung der unterschiedlichen Informationen verfügen (SD>1.00, klare Präferenz für einige Informationen) von denjenigen Personen mit niedriger Differenzierung.

		Informations-relevanz		Erklärungs-bedürftigkeit	
		Mean	**SD**	**Mean**	**SD**
Herkunft					
1	Land*	3,56	1,20	2,81	1,37
2	Region*	3,45	1,18	2,86	1,33
3	Betriebsname*	2,80	1,15	2,63	1,38
4	Plantage oder Wald*	3,33	1,29	2,82	1,36
5	Bild von der Plantage oder dem Wald	2,23	1,08	-	-
6	Kommentare der Wald-/Plantagebesitzer	2,66	1,03	-	-
Umweltauswirkungen					
7	Nachhaltige Wald-/Plantagebewirtschaftung*	3,94	1,12	3,19	1,40
8	CO_2-Fußabdruck*	3,47	1,20	3,69	1,30
Furnierte Spanplatte 1	*Recyclinganteil**	3,81	1,01	3,36	1,27
Material					
9	Holzart*	4,04	0,97	2,98	1,37
10	Materialzusammensetzung*	3,94	0,92	3,38	1,23
11	Zusatzstoffe*	3,94	0,99	3,85	1,08
12	Gesundheitliche Auswirkungen von Zusatzstoffen*	4,09	0,97	3,86	1,16
13	Kommentare von Produzenten	3,01	1,09	-	-
Furnierte Spanplatte 2	*Zusammensetzung des Furniers**	3,82	0,92	3,23	1,26
Abbbildung der Supply Chain					
14	Beteiligte Unternehmen*	2,81	1,12	2,63	1,27
15	Datum des Holzeinschlags*	2,08	1,02	2,10	1,27
16	Datumangabe (Verarbeitung)*	2,13	1,00	2,19	1,32

* Für diese Produktinformationen konnten die Teilnehmer auswählen, ob eine weitere Erklärung erforderlich ist

Tabelle 4-5: Auflistung der präsentierten Produktinformationen, Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD), deren Relevanz und Erklärungsbedürftigkeit

Um unterschiedliche Konsumentengruppen und somit potenzielle Zielgruppen für verschiedene Informationen zu identifizieren, wurde anschließend eine Clusteranalyse (Ward Methode) durchge-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

führt. Die Anwendung des Ward-Verfahrens führte zu einer Vier-Cluster-Lösung: ein ökologisch orientiertes (n=54), ein ökologisch und qualitätsorientiertes (n=40), ein qualitätsorientiertes (n=31), und ein unmotiviertes (n=60) Konsumentensegment. Individuen im ökologisch orientierten Bereich sind in dem oberen linken Bereich von Abbildung 4-5 angeordnet, wodurch hohe Werte an Komponente 2 angezeigt werden, welche auf die Umweltauswirkungen des Produktes bezogen sind. Mitglieder des qualitätsorientierten Segments zeigen hohe Werte auf der Komponente 1, was darauf hindeutet, dass sie in erster Linie Informationen über das Produktmaterial fordern. Außerdem nimmt das umwelt- und qualitätsorientierte Segment eine Zwischenstellung zwischen beiden Segmenten ein. Der Wortlaut des letztgenannten unmotivierten Segmentes weist auf die geringe Diskriminierungsleistung (innerhalb von SD≤1,00) in diesem Segment hin. Die Segmente unterschieden sich nicht hinsichtlich Alter (Mittel liegen zwischen 23,36 (SD=3,01) und 23,76 (SD=2,92)) und weder Alter, noch Geschlecht, noch ihre Wechselwirkung konnten die Segment-Mitgliedschaft vorhersagen.

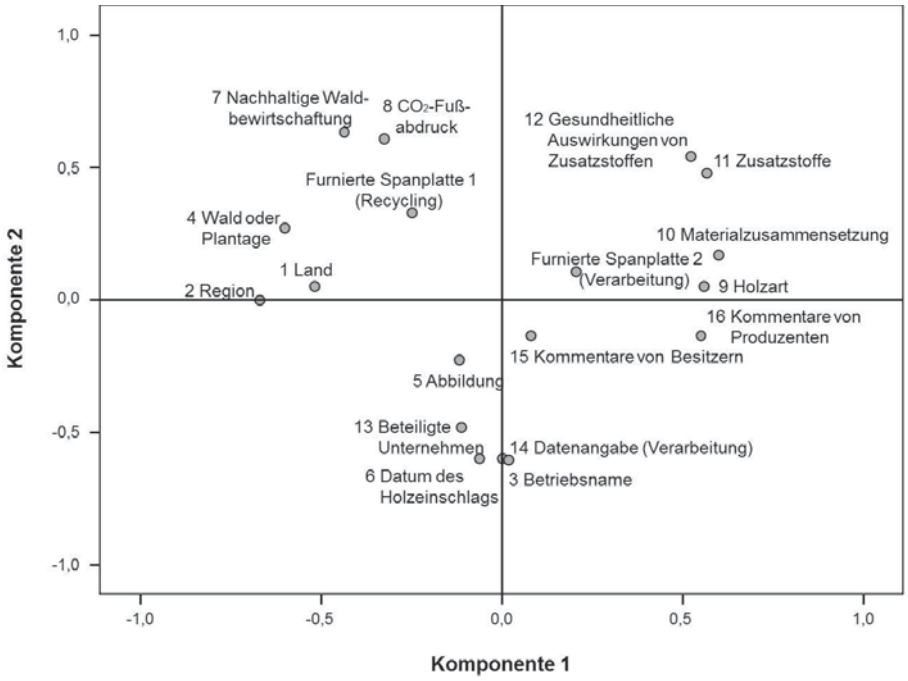


Abbildung 4-4: Komponentendiagramm im rotierten Raum

Tabelle 4-6 zeigt die ipsatierten Mittelwerte für die Produktinformationen getrennt für jedes Segment und verdeutlicht somit, welche Informationen für das jeweilige Segment relevant sind. Gesundheitliche Auswirkungen von Zusatzstoffen als Informationsitem werden von drei Segmenten als relevant bewertet. Darüber hinaus fordert das ökologisch orientierte Segment alle Informationsitems, die sich auf die Umweltauswirkungen beziehen sowie ein Informationsitem „Land“ aus der Kategorie „Herkunft“. Allerdings könnte auch dieses Item weitere Informationen über die Umwelt vermitteln, in dem Sinne, ob das Holz aus einem tropischen Regenwald kommt. Für dieses Segment sind Informationen über eine nachhaltige Wald-/Plantagenbewirtschaftung (M=1,28), CO_2-Fußabdruck (M=0,92) und gesundheitliche Auswirkungen von Zusatzstoffen (M=0,90) besonders relevant. Im Gegensatz dazu schätzt das qualitätsorientierte Segment ausschließlich den Abruf von Materialinformationen. Die einzige Ausnahme stellt das Informationsitem Kommentare von Herstellern (M=0,85) dar. Die Mittelwerte aller Materialinformationen überschreiten dabei den Wert 1,25, angeführt von dem Item

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Holzart (M=1,55). Verschiedene Informationselemente im Zusammenhang mit dem Produktmaterial und den Umweltauswirkungen sind für das ökologisch und qualitätsorientierte Segment relevant. Dieses Segment schätzt Informationen, die sowohl vom ökologisch orientierten Segment (z. B. nachhaltige Wald-/Plantagenbewirtschaftung (M=1,17), Recyclinganteil (M=0,86)) sowie vom qualitätsorientierten Segment (z. B. Zusatzstoffe (M=1,20), Baumart (M=1,11)) geschätzt werden. Wie zu erwarten ist, zeigt das Segment „unmotiviert“ keine klare Präferenz für spezifische Informationen. Insgesamt sind zehn Produktinformationen für mindestens eines der drei Unterscheidungssegmente relevant.

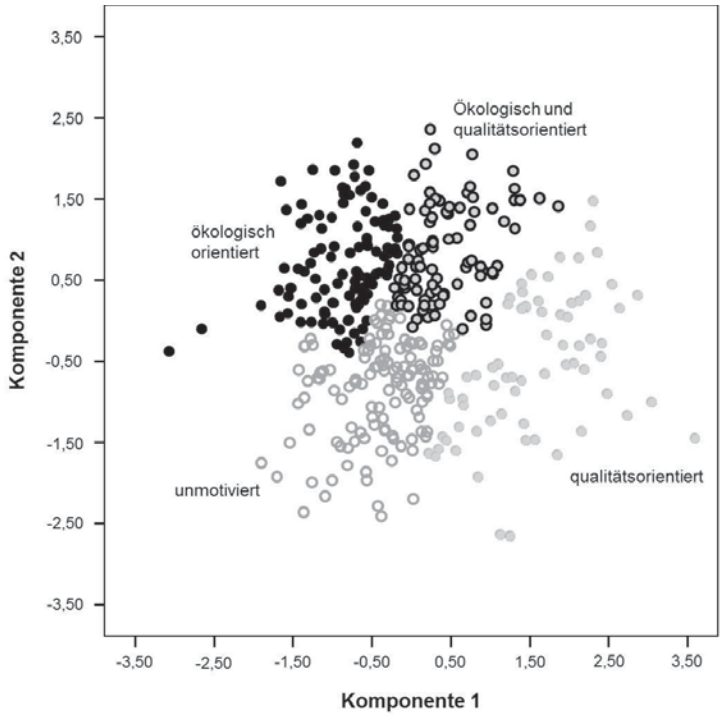


Abbildung 4-5: Streudiagramm der vier identifizierten Konsumentensegmente

		Konsumentensegmente			
		Ökologisch orientiert (29 %)	**Ökologisch und qualität-sorientiert (22 %)**	**Qualitäts-orientiert (17 %)**	**Unmotiviert (32 %)**
Herkunft					
1	Land	**0,85**	0,13	-0,28	0,37
2	Region	0,76	-0,10	-0,67	0,45
3	Betriebsname	-0,79	-0,82	-0,07	-0,01
4	Plantage oder Wald	0,83	-0,10	-0,91	0,14
5	Abbildung von der Plantage oder dem Wald	-1,11	-1,14	-1,11	-0,71
6	Kommentare von Wald-/Plantagebeitzern	-0,87	-0,50	-0,45	-0,39
Umweltauswirkungen					
7	Nachhaltige Wald-/Plantagebewirtschaftung	**1,28**	**1,17**	-0,28	0,45
8	CO_2-Fußabdruck	**0,92**	0,55	-0,55	-0,12
Furnierte Spanplatte 1	*Recyclinganteil*	**0,86**	**0,86**	0,46	0,25
Material					
9	Holzart	0,48	**1,11**	**1,55**	0,56
10	Materialzusammensetzung	0,36	**1,09**	**1,39**	0,48

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

		Konsumentensegmente			
		Ökologisch orientiert (29 %)	**Ökologisch und qualitäts-orientiert (22 %)**	**Qualitäts-orientiert (17 %)**	**Unmotiviert (32 %)**
11	Zusatzstoffe	0,63	**1,20**	**1,26**	0,22
12	Gesundheitliche Auswirkungen	**0,90**	**1,35**	**1,44**	0,24
13	Kommentare von Produzenten	-0,76	-0,07	**0,85**	-0,36
Furnierte Spanplatten 2	*Zusammensetzung des Furniers*	0,35	0,75	**1,26**	0,40
Abbildung der Supply Chain					
14	Beteiligte Unternehmen	-0,51	-0,77	-0,36	-0,09
15	Datum des Holzeinschlages	-1,52	-1,59	-0,95	-0,62
16	Datumangabe (Verarbeitung)	-1,44	-1,52	-0,86	-0,62

Tabelle 4-6: Vergleich der ipsatierten Produktinformationsmittelwerte innerhalb der vier Konsumentensegmente (bevorzugte Informationen sind fett hervorgehoben)

5,9 % der Probanden wiesen vor der Umfrageteilnahme keine Kenntnis über QR-Codes und 40,0 % keine Kenntnis über ID-Nummern auf. Dementsprechend kannten auch mehr Teilnehmer QR-Codes als ID-Nummern vom Hörensagen (QR: 63,8 %, ID: 49,2 %) oder nutzten diese regelmäßig (QR: 30,3 %, ID: 10,8 %). Daher sprachen 66,5 % der Teilnehmer eine Präferenz für die Rückverfolgbarkeit mittels QR-Codes aus, während nur 22,2 % ID-Nummern bevorzugten. Diese Präferenz könnte teilweise mit einem niedrigen Durchschnittsalter der Teilnehmer zusammenhängen. Dennoch ist diese Bevorzugung von QR-Codes verständlich, da das Scannen von Barcodes im Vergleich zur manuellen ID-Eingabe einen reduzierten zeitlichen Aufwand sowie eine geringere Fehlerquote verursacht, was zu einem schnelleren und präziseren Informationsabruf führt.

4.2.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse und Ableiten von Anforderungen an Tracking & Tracing-Systeme

Die durchgeführte empirische Untersuchung zeigt, dass Informationen über Holzprodukte eine mittlere Relevanz mit Hinblick auf die Kaufentscheidung und eine geringere Bedeutung im Vergleich zu den meisten anderen Faktoren (wie Produktqualität, Aussehen, Haltbarkeit und Preis) haben. Dies könnte teilweise durch die Tatsache erklärt werden, dass eines der identifizierten Segmente, das so genannte „unmotivierte“ Segment, keinen großen Wert auf die Bereitstellung von Produktinformationen legt. Dennoch wird die Informationsbereitstellung empfohlen, da die Befragten angegeben haben, dass die Produktinformationen das Vertrauen in das Produkt sowie die Kaufabsichten erhöhen. Zusätzlich kann die Bereitstellung von Informationen über die Umweltauswirkungen den Markterfolg der Produkte aus NawaRo positiv beeinflussen. Der potenzielle Abbau der Kaufbarrieren kann auch die Akzeptanz von Produkten aus umweltfreundlichen Materialien fördern. Somit können mithilfe der Informationsbereitstellung aus Sicht der Möbelhersteller neue Marktnischen erschlossen werden bzw. die bereits bestehenden Marktnischen gegenüber Wettbewerbern geschützt werden.

Mithilfe einer hierarchischen Clusteranalyse auf den Faktorenwerten wurden vier Kundensegmente identifiziert, von denen drei für weitere Forschungen von großem Interesse sind (FFa). Nur das „unmotivierte“ Segment kann vernachlässigt werden, da es keine Präferenzen bzgl. der einzelnen Informationen aufweist. Möglicherweise könnte das Vorhandensein dieses Segmentes teilweise auf

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

die Untersuchungsmethode zurückgeführt werden: Selbstverwaltete Erhebungen tragen ein Risiko, dass ein Teil der Teilnehmer eine fehlende Motivation hat (vgl. Couper 2000, S. 475). Nichtdestotrotz ist es zu vermuten, dass am POS ein Teil der Verbraucher kein Interesse an Produktinformationen hat. Die drei anderen Segmente unterscheiden sich in Bezug auf die Informationsitems, die als relevant geschätzt wurden.

Pro Segment wurden fünf bis sechs einzelne Informationsitems als relevant bewertet (FFb). Unter Berücksichtigung der Überschneidungen wurden zehn von 18 untersuchte Informationsitems von Teilnehmern hervorgehoben (s. Tabelle 4-6): Herkunft (Land), Umweltbelastung (nachhaltige Wald-/Plantagenbewirtschaftung, CO_2-Fußabdruck, Recyclinganteil) und Material (Holzart, Materialzusammensetzung, Zusatzstoffe, gesundheitliche Auswirkungen von Zusatzstoffen, Zusammensetzung des Furniers, Kommentare der Produzenten). Um alle drei Kundensegmente anzusprechen, sind zehn Informationsitems zur Verfügung zu stellen (s. Tabelle 4-7).

		Konsumentensegmente		
		Ökologisch orientiert	**Ökologisch und qualitätsorientiert**	**Qualitätsorientiert**
Herkunft				
1	Land	X		
Umweltauswirkungen				
2	Nachhaltige Wald-/Plantagebewirtschaftung	X	X	
3	CO_2-Fußabdruck	X		
4	Recyclinganteil	X	X	
Material				
5	Holzart		X	X
6	Materialzusammensetzung		X	X
7	Zusatzstoffe		X	X
8	Gesundheitliche Auswirkungen	X	X	X
9	Kommentare von Produzenten			X
10	Zusammensetzung des Furniers			X
X -	Bevorzugte Informationen über Holzprodukte			

Tabelle 4-7: Kundenbedürfnisse nach Produktinformationen, welche Vertrauen in das Produkt fördern und die Kaufwahrscheinlichkeit erhöhen

Um die in Tabelle 4-7 zusammengefassten Konsumentenbedürfnisse zu befriedigen, sind die bevorzugten Informationen zu erfassen, bei Bedarf miteinander zu verknüpfen und für Konsumenten bereitzustellen **(Anforderung 1).** Bei der Bereitstellung ist zu beachten, dass die Informationen sortiert nach Kundensegmenten anzubieten sind. Weiterhin wurde bei der Auswertung festgestellt, dass die meisten Teilnehmer weitere Erklärungen und/oder Referenzwerte fordern, um die Informationsitems besser zu verstehen **(Anforderung 2).**

Die Studie zeigt auch, dass Verbraucher einen Informationszugriff am POS über das Scannen von QR-Codes bevorzugen **(Anforderung 3)**. Der Einsatz von QR-Codes ermöglicht die Codierung von URL, was eine direkte Adressierung der Webseite mit hoch geschätzten Produktinformationen unterstützt. Der Zugang zu den Informationen besteht aus fünf Schritten, die Abbildung 4-6 zu entnehmen sind. Zunächst erfasst der Verbraucher den QR-Code auf der Verpackung mit einem Mobilgerät. Die Reader-Anwendung decodiert den HTTP-URL aus den gescannten Codes und öffnet anschließend die URL in dem Browser des mobilen Geräts. Die Webseite unter der abgerufe-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

nen URL, die von einem Informationsanbieter betrieben wird, stellt die einzelnen Informationen aus einer zentralen Datenbank (z. B. bei dem Verband der Deutschen Möbelindustrie) zur Verfügung. Schließlich zeigt das Mobilgerät die empfangene Information auf dem Bildschirm an. Um auf die Informationen mithilfe von QR-Scannen mit einem Smartphone zuzugreifen, sind folgende Komponenten notwendig: ID-Nummer für die Objektidentifikation; Datenträger für die physische Darstellung des Identifikationsschlüssels (QR-Code); Mobilgeräte für die Erfassung von Daten auf dem Datenträger; Netzwerkanbieter und Technologien für den Datenaustausch über ein Netzwerk; Informationsanbieter für die Informationsverarbeitung und Transaktionsfunktionalität (vgl. GS1 2008, S. 45). Die Bereitschaft eines Möbelherstellers, als Informationsanbieter zu agieren, kann dadurch begründet werden, dass die Informationsbereitstellung zu einem besseren Kundenservice, einer Differenzierung von Wettbewerbern, der Erhöhung des Vertrauens in die Marke durch Transparenz, der Unterstützung bei der POS-Kaufentscheidung und dem Ansprechen eines breiteren Publikum führt (vgl. GS1 2008, S. 23 f.).

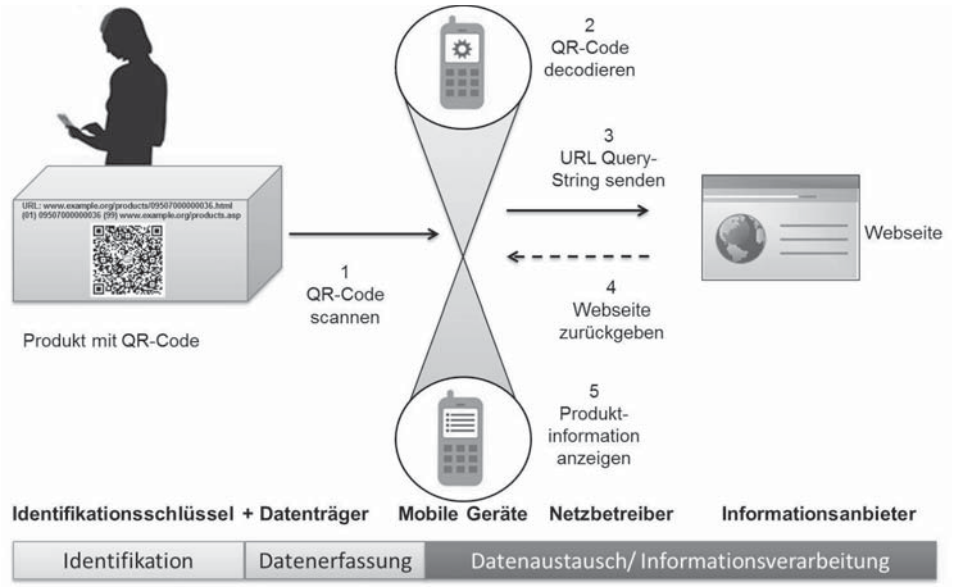


Abbildung 4-6: Informationsabruf auf Basis der QR-Code mit verschlüsselten HTTP-URL der Webseite mit spezifischen Produktinformationen[43]

Um diese drei Anforderungen technisch umzusetzen, ist die bereits in Unterkapitel 4.1.3 dargestellte Vier-Schichten-System-Architektur von Bedeutung **(Anforderung 4**). Dabei ist auf der Applikationsebene (s. Abbildung 3-4) das Produktinformationssystem (PIS) zu finden, welches zur Aufgabe hat, die T & T-Daten mit Referenzwerten, Benchmarking und Erklärungen zu verknüpfen und für die Darstellung auf mobilen Geräten vorzubereiten. Da eine große Menge von Informationen zur Informationsüberflutung bei Verbrauchern führen kann, sollten die Informationen am POS zugeschnitten auf die Bedürfnisse der einzelnen Kundensegmente angeboten werden. Zu diesem Zweck muss das PIS ein Informationspaket für das jeweilige Kundensegment bilden. Somit kann der Verbraucher am POS selbst bestimmen, welches der drei Pakete seinen Wünschen am besten entspricht.

Eine besondere Anforderung an die zu konzipierende Lösung ist die wirtschaftliche Machbarkeit sowohl für Konsumenten als auch für Unternehmen **(Anforderung 5)**. Zum einen können die Kon-

[43] In Anlehnung an GS1 2009b, 45 f.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

sumenten einen Teil der Kosten übernehmen. Die Bereitschaft, einen Teil der entstandenen Kosten zu begleichen bzw. einen Preisaufschlag für die Informationsbereitstellung zu zahlen, wird „willingness to pay“ (WTP) genannt (vgl. Aguilar/Cai 2010, S. 308 f.). Zum anderen ist die Kostenverteilung zwischen den Supply-Chain-Mitgliedern zu untersuchen, da, wie bereits in Kapitel 2.2 dargestellt wurde, es sich bei den meisten Unternehmen um KMU mit begrenzter Investitionskapazität handelt.

Die entstehenden Kosten müssen dabei dem Nutzen gegenüber gestellt werden. Die durch die Bereitstellung von Produktinformationen an Verbraucher gestiegene Nachfrage verteilt sich über die gesamte Supply Chain entsprechend den Transformationskoeffizienten, mit denen die Rohstoffe und Zwischenprodukte in Endprodukte eingehen. Um die Kosten-Nutzen-Verhältnisse attraktiv für KMU zu machen, ist es notwendig, indirekte Effekte im B2B-Bereich (s. Abbildung 3-3) zu berücksichtigen. Die Konzeption eines diesen Anforderungen genügenden Systems sowie dessen wirtschaftliche Analyse werden in Kapitel 5 durchgeführt.

4.2.2 Nutzen im B2B-Bereich: Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten in der Stammholz-Supply-Chain

Die Untersuchung des Nutzens von Daten aus T & T-Systemen im B2B-Bereich fokussiert sich auf eine besondere Herausforderung, die während der industriellen stofflichen Nutzung von NawaRo entsteht. Es handelt sich um die Abweichungen in Qualität, Quantität und dem Zeitpunkt der Lieferungen von NawaRo (s. Abbildung 2-11). Diese Abweichungen in der Rundholz-Supply Chain können zu negativen Konsequenzen führen, welche bei hochwertigem Holz (Stammholz) besonders schwerwiegend sind: Produktionsausfälle, Erhöhung der Pufferlager, Produktion niederwertiger Güter, geringere Ausbeute und hohe Holzabfälle bei Sägewerken und Furnierherstellern (vgl. Uusijärvi 2010, S. 5). Um diese negativen Konsequenzen zu reduzieren, sind entsprechende Strategien erforderlich. Die IS-Unterstützung dieser Strategien in der Praxis und Informationsbedürfnisse zur Reduktion der Unsicherheiten in der Stammholz-Supply Chain werden im Weiteren empirisch untersucht.

4.2.2.1 Untersuchungsgegenstand und -ziel

Die Stammholz-Supply Chain wird als eine Reihe von Bearbeitungs- und Transportstufen verstanden, die mit den Bäumen im Wald beginnt und mit der Verarbeitung in Sägewerken oder Furnierwerken zu Halbwaren endet (vgl. Dykstra et al. 2002, S. vi; Ehrhardt et al. 2010, S. 47). Die Beschreibung der wichtigsten Prozessschritte entlang der Wertschöpfungskette ist in Tabelle 4-8 angegeben.

Prozessschritt	Beschreibung
Einschlagsplanung	Die Ernte wird zunächst unter Berücksichtigung der verschiedenen Faktoren wie Art, Menge, Zugänglichkeit und Nachfrage geplant. Dann werden Bäume ausgewählt und gekennzeichnet.
Holzeinschlag	Dieser Schritt beinhaltet das Fällen, Entasten, Entrinden und Schneiden von gekennzeichneten Bäumen. Unterschiedliche Erntetechnologien (z. B. Motorsägen oder Erntemaschinen) können dabei verwendet werden.
Rückung	Rückung der geernteten Holzstücke ermöglicht ihre Zusammenstellung zu Poltern auf der Waldstra-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Prozessschritt	Beschreibung
	ße. Diese sollten für Transportmittel erreichbar sein. In Poltern wird das Holz gewöhnlich markiert und manchmal über längere Zeiträume gelagert.
Lagerung	Beispiele für die Lagerung sind Lagerung in Poltern auf der Waldstraße, Zwischenlagerung beim Transport oder Nasslager bei Sägewerken.
Transport	Transport beinhaltet das Befördern von Holzpoltern von einer Lagerung per LKW, Bahn oder auch Schiff zu den Säge- oder Furnierwerken für die Verarbeitung. Der Transport von Stämmen erfordert manchmal mehrere Stufen mit wiederholtem Umladen und Zwischenlagerung.
Holzverarbeitung	Stammholz wird in Sägewerken zu Schnitthölzern oder in Furnierwerken zu Furnieren verarbeitet. Verschiedene Prozesse kommen dafür zum Einsatz: Sägen, Trocknen, Schneiden, Hobeln, Sortieren, Fügen, Kleben sowie Verkürzen in Sägewerken oder Sägen, Schneiden sowie Schälen in Furnierwerken (vgl. Tsoumis 2009, S. 239 ff.).
Holzhandel	Der Holzhandel ist ein Prozess, der parallel zu Ernte, Transport und Lagerung in der Lieferkette stattfindet. Die geernteten Holzstücke können von Waldbesitzern direkt oder indirekt über Zwischenhändler an die Halbwarenhersteller verkauft werden.

Tabelle 4-8: Prozessschritte der Stammholz-Supply Chain[44]

Da die natürlichen Wachstumsprozesse keine präzise Schätzungen für Erntezeit, Menge und Qualität für das Stammholz ermöglichen (vgl. Dennis et al. 1985; Friedemann/Schumann 2013; McCarthy/Burgman 1995), ist die Stammholz-Supply Chain Unsicherheiten ausgesetzt, wobei unter Unsicherheit jedes nicht beeinflussbare, ungeplante und externe Ereignis zu verstehen ist (vgl. Friedemann et al. 2011, S. 3). Die in Abbildung 2-11 dargestellten Abweichungen in Qualität, Quantität sowie Erntezeitpunkt sind die häufigsten Quellen für Unsicherheiten, die bei der Ernte, Rückung, Lagerung und dem Holztransport entstehen (vgl. Friedemann 2014, S. 41). Die Konsequenzen, zu welchen diese Unsicherheiten führen, treten nur an einem Ort auf: während der Holzverarbeitung in Säge- und Furnierwerken (Empfänger der Unsicherheiten). Aus Herstellersicht können diese Unsicherheiten dem Geschäftsbereich Beschaffung (Beschaffungsunsicherheiten) zugeordnet werden. Diese Beschaffungsunsicherheiten, die am Anfang der Wertschöpfung entstehen, können gesamte holzbasierte Wertschöpfungsnetzwerke beeinflussen. Hohe Kosten, lange Wartezeiten, niedrigere Qualität der Holzprodukte können die Kundenzufriedenheit und das Image von Holz beeinträchtigen.

Die erfolgreiche Reaktion auf Unsicherheiten setzt die Existenz des zentralen Elements von Wertschöpfungsnetzwerken – den Informationsfluss – voraus (s. Unterkapitel 2.2.2). Der Informationsaustausch (z. B. Chandrashekar/Schary 1999; D'Amours et al. 1999; Humphreys et al. 2001; Simchi-Levi et al. 2000; Stefansson 2002), der Einsatz von ERP-Systemen (z. B. Manetti 2001; Stratman/Roth, 2002), Advanced Planning Systems (z. B. Cauthen 1999; Meyr et al. 2008) sowie Internet Technologien (z. B. Cross 2000; Deeter-Schmelz et al. 2001; Frohlich 2002) fördern den Informationsfluss zwischen den Teilnehmern des Wertschöpfungsnetzwerkes. Nach Choi (2010, S. 110 f.) ist der upstream-Informationsaustausch besonders wichtig, wenn die Hersteller (z. B. Stammholzverarbeiter) Prozesse mit Ertragseinbußen oder Beschaffungsunsicherheiten haben. Diese Art von Informationsaustausch findet statt, wenn die Lieferanten ihre Informationen mit den Herstellern teilen, z. B. Daten über die genaue Liefermenge und den Zeitpunkt der Lieferung. Es gibt lediglich wenige Artikel, die sich mit dem upstream-Informationsaustausch beschäftigen (vgl. Chen 2007; Chen/Yu 2005; Choi et al. 1998). Noch kritischer ist die Situation mit den Supply Chains für

[44] In Anlehnung an Ehrhardt et al. 2010, S. 49 f.; Häkli et al. 2013, S. 301 ff.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

NawaRo. Lediglich erste Erfahrungen wurden in diesem Bereich gesammelt: FRIEDEMANN ET AL. (2011) haben die Verbreitung von IS in deutschen Unternehmen, welche erneuerbare Ressourcen verarbeiten, und ihre Auswirkungen auf die Unsicherheit untersucht. Dementsprechend wurden Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette unter Verwendung verschiedener Arten von erneuerbaren Ressourcen berücksichtigt. Die Stichprobe konzentriert sich auf die Hersteller von Endprodukten, welche die Zwischenprodukte verarbeiten. Es ist jedoch zu vermuten, dass je näher das Unternehmen zur Quelle von Rohstoffen (z. B. Forstbetriebe) steht, desto höher sind die von ihnen wahrgenommenen Unsicherheiten. Daher liegt der Fokus der vorliegenden Untersuchung auf Unternehmen in der ersten Phase der Stammholzverarbeitung. Das Ziel der Untersuchung ist die Identifikation der Informationsbedürfnisse der Stammholzverarbeiter zum Zweck der Reduktion von Beschaffungsunsicherheiten. Um dieses Ziel zu erreichen, werden untersucht: IS-Unterstützung und der IT-basierte Datenaustausch entlang der Supply Chain; die von Stammholzverarbeitern wahrgenommenen Beschaffungsunsicherheiten und deren Auswirkungen; die Nutzung von Strategien gegen diese Unsicherheiten sowie deren IT-Unterstützung und bevorzugte Informationen zur Reduktion der Unsicherheiten. Ausgehend davon kann das Ziel der Untersuchung mit folgenden Forschungsfragen operationalisiert werden:

FFa: Wie oft kommen bei Stammholzverarbeitern IS und IT-basierter Informationsaustausch zur Unterstützung der Supply Chain-Aktivitäten zum Einsatz?

FFb: Welche Unsicherheiten in Bezug auf die Rohstoffe nehmen die Stammholzverarbeiter wahr?

FFc: Welche Strategien und insbesondere welche Informationen schätzen die Stammholzverarbeiter, um die wahrgenommenen Unsicherheiten zu reduzieren?

Die ersten beiden Fragen sind hier als Hilfsfragen zu verstehen. Die Antworten darauf helfen dabei, die FFc zu beantworten und somit diejenigen Informationsbedürfnisse der Stammholzverarbeiter zu identifizieren, die erforderlich sind, um die Beschaffungsunsicherheiten sowie deren negative Folgen zu reduzieren.

4.2.2.2 Vorgehensweise

Innerhalb dieses Abschnittes werden genauso wie im Unterkapitel 4.2.1.2 zuerst die Forschungsmethode festgelegt, der Aufbau des Mediums der Datenerhebung und anschließend die Auswertungsmethode beschrieben.

Forschungsmethodik

Die Beantwortung der gestellten Forschungsfragen ist ausschließlich auf Basis der primären Daten möglich. Zum einen gibt es keine sekundäre Daten (s. Kapitel 3.3). Zum anderen handelt es sich um die Sichtweise der Stammholzverarbeiter, die erforderlich ist, um den Handlungsbedarf in der Praxis (insbesondere Informationsbedürfnisse der Verarbeiter zur Reduktion der Unsicherheiten und deren negativen Auswirkungen) zu identifizieren und daraus neuen Forschungsbedarf (Anforderungen an T & T-Systeme) ableiten zu können (vgl. Childe 2011, S. 107).

Wie bereits in Unterkapitel 4.2.1.2 dargestellt, wird der Untersuchungsgegenstand auch hier explorativ mithilfe einer Online-Befragung erschlossen. Die Fokusgruppe besteht aus den Unter-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

nehmen der Stammholzverarbeitung: Säge- und Furnierhersteller. Die Umfrage wurde in Deutschland durchgeführt, da Deutschland mit 3,4 Mrd. Kubikmetern die größten Holzreserven in Europa hat und die deutsche Sägeindustrie der größte Produzent von Schnittholz und Hobelwaren (25 Millionen m³ pro Jahr) in dem Europäischen Wirtschaftsraum ist (vgl. WoodGermany 2014). Die Adressdatenbanken von Zertifizierungsstellen und Wirtschaftsverbänden (Initiative Furnier + Natur e.V. (IFN), PEFC Deutschland, Deutsche Säge- und Holzindustrie (DeSH)) wurden für die Erstellung der Liste von potentiellen Unternehmen verwendet. So wurde eine Liste von 1000 Unternehmen erarbeitet: 59 Furnierhersteller (fast alle in Deutschland) und 941 Sägewerke (etwa 40 % aller Sägewerke in Deutschland (vgl. VDS 2008). Nach dem Pretest mit 5 Akademikern und einer leichten Modifikation in Reaktion auf die Stellungnahmen wurden die Unternehmen per E-Mail mit der Bitte kontaktiert, eine Online-Umfrage zu beantworten. DÍAZ DE RADA (2005) und DILLMANN (2007) empfehlen, ein Erinnerungsschreiben zu verschicken, um die Responserate zu erhöhen. Deswegen wurde insgesamt drei Mails verschickt: das Initialschreiben (42 ausgefüllte Fragebögen), ein Follow-up-Schreiben einen Monat später (32 ausgefüllte Fragebögen), und ein zweites Follow-up-Schreiben nach weiteren 3-4 Wochen (nur zwei ausgefüllte Fragebögen). Insgesamt 76 Teilnehmer haben den Fragebogen komplett ausgefüllt. Unter Berücksichtigung der nicht zustellbaren E-Mails (36), sowie Unternehmen, die ihre Rundholzverarbeitung stillgelegt haben (22), beträgt die Rücklaufquote 8,1 %, was mit der bereits erwähnten Befragung von FRIEDEMANN ET AL. (2011) vergleichbar ist.

Aufbau des Fragebogens

Der Fragebogen wurde durch Filterfragen so gestaltet, dass er von Unternehmen mit und ohne Unsicherheiten bei der Beschaffung von Stammholz, mit und ohne negative Folgen der Unsicherheiten bearbeitet werden konnte, so dass nur für das entsprechende Unternehmen relevante Fragen angezeigt werden. Bei der Formulierung der Fragen wurde nicht nur auf die Vollständigkeit und die Eindeutigkeit sondern auch auf die Verständlichkeit geachtet (vgl. Brosius et al. 2009, S. 159 ff.). Es wurden für abstrakte Konstrukte wie z. B. „Unsicherheit“, „Konzepte“, „Qualitätsbezogene Angaben“, „Quantitätsbezogene Angaben“ etc. Beispiele angeführt, um diese für Probanden begreifbar zu machen. Die Vielzahl der Fragen wurde gestützt durch vorgegebene Antworten und auch ungestützt durch ein Freitextfeld abgefragt, sodass der Proband in der Lage war, auch individuell zu antworten. Der gesamte Fragenkatalog ist in Anhang J zu finden.

Der Fragebogen beginnt mit einer Einleitungsseite, welche eine kurze Erklärung der Untersuchung, Danksagung und die Versicherung der Anonymität und wissenschaftlichen Datennutzung beinhaltet. Er umfasst drei Frageblöcke:

I. „Informationen zur Lieferkette“
II. „Unsicherheiten“
III. „Abschluss“

In **Frageblock I** werden die Fragen in Bezug auf die Supply Chain gestellt, wie Fragen nach dem Bereich der Stammholzverarbeitung, Herkunft der Rohstoffe im Sinne der Diversifizierungsstrategie, Bezugsquelle der Rohstoffe kategorisiert gemäß dem Radius um den Unternehmensstandort, dem

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Einsatz von Partnerschaftsstrategien[45], IT und Datenaustausch. Die hier gestellten Fragen sind die Faktoren, deren Einfluss auf die Unsicherheiten bei der Auswertung zu untersuchen ist.

Der zweite Frageblock beinhaltet die Fragen zu Unsicherheiten sowie zu Strategien und Informationen zur Reduktion von Unsicherheiten bei Stammholzverarbeitern. Die Frage, ob Unsicherheiten entstehen, diente als Filterfrage. Die restlichen Fragen in diesem Block wurden den Probanden nur bei positiver Antwort gestellt. Neben der Art der Unsicherheiten wurde nach der Quelle der Unsicherheiten sowie nach deren Folgen gefragt. Anschließend ist zu überprüfen, ob und welche Strategien geeignet sind, um auf Unsicherheiten zu reagieren und somit die Folgen zu verringern (Beurteilung auf einer 5-Punkte-Skala). Weiterhin wurde auch die Relevanz von Vorabinformationen abgefragt. Dabei wurde zwischen Informationen sowohl über die Qualität, Quantität und den Zeitpunkt der Lieferung als auch zwischen den verschiedenen Prozessschritten, die in Tabelle 4-8 präsentiert wurden, unterschieden. Auch hier wurden die Antworten mithilfe der 5-Punkte-Skala abgegeben. Falls die qualitätsbezogenen Angaben als relevant betrachtet wurden, wurde eine weitere Frage bezüglich der einzelnen Informationsitems gestellt. Eine große Anzahl von Qualitätsinformationen wurde dabei aufgelistet. Zudem wurde auch ein Textfeld angeboten, um die Nichtberücksichtigung von einigen Informationen zu vermeiden. Die Liste enthält die Informationsitems, die erforderlich sind, um eine Holzsortierung vorzunehmen.

Der Fragebogen wurde mit **dem dritten Block** abgeschlossen, welcher die Fragen zur Beschreibung der Stichprobe umfasst. Diese Angaben bestanden aus der Mitarbeiterzahl und dem Umsatz. Als Motivation wurde auf die Möglichkeit der Zusendung eines Ergebnisberichts hingewiesen. Das letzte Freigabetextfeld gab den Probanden die Möglichkeit, alle weiteren Aspekte anzumerken.

Auswertungsmethode

Die Auswertung beginnt mit der deskriptiven Statistik, die durch die Häufigkeitsanalyse und Kreuztabellierung ergänzt wird. Die Signifikanz der Aussagen wird auf Basis des Fisher-Tests untersucht, da diese Methode für die Analyse der 2x2-Tabelle mit einer kleinen Anzahl der zu untersuchenden Fälle besonders geeignet ist (vgl. Agresti 1992, S. 132 ff.).

4.2.2.3 Auswertung der empirischen Untersuchung

Die Stichprobe besteht aus den Unternehmen der Sägeindustrie (68 Teilnehmer), Furnierindustrie (6 Teilnehmer) und 2 Teilnehmern, die in beiden Industrien tätig sind. Die Bestimmung der Unternehmensgröße bezieht sich auf die beiden wichtigen Indikatoren (Zahl der Beschäftigten und Umsatz), die von der EU-Kommission verwendet werden, um kleine und mittlere Unternehmen zu definieren: Kleine Unternehmen haben weniger als 50 Beschäftigte und 10 Millionen Euro Umsatz, während mittelständische Unternehmen weniger als 250 Mitarbeiter und 50 Mio. Euro Umsatz

[45] Um die Kundenzufriedenheit zu steigern, die hochwertigen Holzvorräte in Lieferketten zu reduzieren, Diebstahl und Verlust von Stammholz sowie Unsicherheiten zu senken, können mehrere Partnerschaftsstrategien zwischen den Teilnehmern der Stammholz-Supply Chain verwendet werden, z. B. Vendor Managed Inventory (VMI), Efficient Consumer Response (ECR), Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR), Supply-Chain-Operations Reference (SCOR) Modell, just-in-time (JIT)-Lieferung (vgl. Disney und Towill 2003; Li et al 2011;. Lockamy III/McCormack 2004; Yao et al 2007). Ein kurzer Überblick über diese Strategien ist Anhang K zu entnehmen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

haben (vgl. European Commission 2014). Nach dieser Definition sind 80 % aller Teilnehmer kleine Unternehmen mit weniger als 49 Mitarbeitern. Im Gegensatz dazu hat lediglich ein Unternehmen mit mehr als 1000 Mitarbeitern an der Umfrage teilgenommen. In Bezug auf den Unternehmensumsatz zeigt die Umfrage, dass mehr als 83 % der Teilnehmer einen Umsatz von weniger als 10 Mio. Euro haben. Somit wird die besondere Bedeutung der kleinen Unternehmen in diesem Sektor dargestellt, was in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von FRIEDEMANN ET AL. (2011) steht. Die Verteilung der Unternehmen nach Größe in der Stichprobe entspricht der Verteilung der Grundgesamtheit (s. Kapitel 2.2).

Aktuelle Verbreitung der IT-Unterstützung von Partnerschaftsstrategien (FFa)

11 Unternehmen (15 % der Umfrageteilnehmer) verwenden Supply-Chain-Partnerschaftsstrategien, wobei alle 11 Unternehmen JIT-Lieferungen einsetzen. Abbildung 4-7 zeigt die Relevanz der verwendeten Strategien. Es zeichnet sich ein Trend ab, dass größere Unternehmen häufiger (s. Tabelle 4-9) Partnerschaftsstrategien einsetzen. Gemäß dem Fisher-Test ist diese Aussage erst dann signifikant, wenn das Signifikanzniveau auf 0,07 bei Faktor „Umsatz“ erhöht wird (p-Wert=0,064).

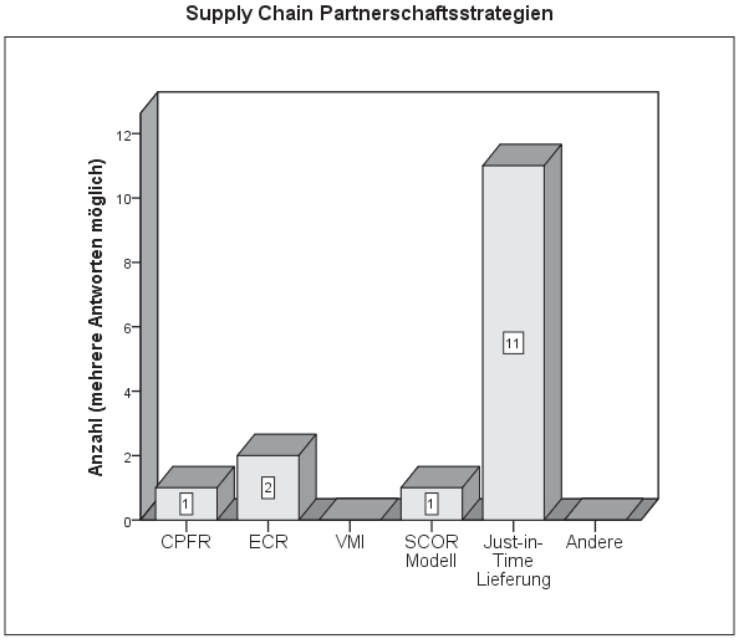


Abbildung 4-7: Diffusion von Partnerschaftsstrategien (N=11, 15 Antworten)

Kreuztabelle		Partnerschaftsstrategien bezogen auf Mitarbeiterzahl (N=73)		Partnerschaftsstrategien bezogen auf Umsatz (N=69)	
Partnerschaftsstrategien		Ja	Nein	Ja	Nein
Unternehmensgröße	Kleine	11,9 %	88,1 %	10,5 %	89,5 %
	Mittlere und große	28,6 %	71,4 %	33,3 %	66,7 %

Tabelle 4-9: Partnerschaftsstrategien bezogen auf Unternehmensgröße

Lediglich sechs Unternehmen nutzen IS für die technische Unterstützung der Supply Chain-Aktivitäten (s. Abbildung 4-8). Die Hälfte davon hat bereits Partnerschaftsstrategien umgesetzt. Am

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

häufigsten kommen T & T-Systeme zum Einsatz. Zudem weisen die Ergebnisse darauf hin, dass diese als Datenlieferanten agieren. Die Teilnehmer haben die folgenden Kombinationen erwähnt: T & T-System und Supply Chain Event Management (SCEM)-System, T & T-System und ERP-System sowie T & T-System und ein nicht näher spezifiziertes IS.

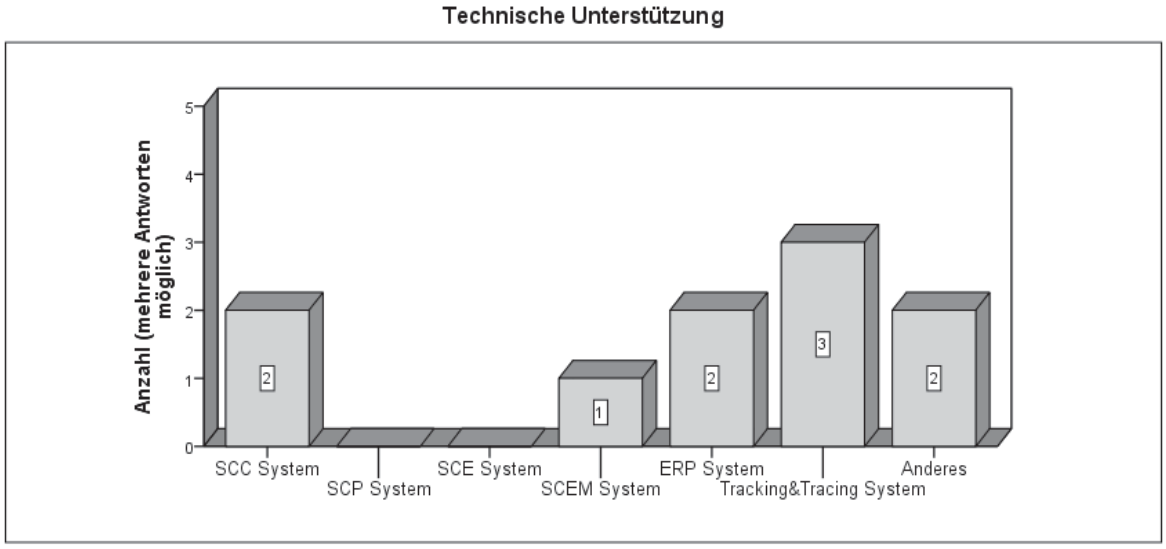


Abbildung 4-8: Diffusion der technischen Unterstützung von Supply Chain-Aktivitäten (N=6, 10 Antworten)

Es ist wichtig zu beachten, dass die Größe des Unternehmens einen signifikanten Einfluss auf die Bereitschaft hat, Supply Chain-Aktivitäten mit IS zu unterstützen: Mitarbeiter (p-Wert=0,01 ➔ p<0,05) und Umsatz (p-Wert=0,009 ➔ p<0.01). Je größer das Unternehmen ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Unternehmen IS zur Unterstützung der Supply Chain-Aktivitäten einsetzt (s. Tabelle 4-10). Dementsprechend werden nur selten IS in kleinen Unternehmen eingesetzt.

Kreuztabelle		IS-Nutzung bezogen auf Mitarbeiterzahl (N=74)		IS-Nutzung bezogen auf Umsatz (N=70)	
IS-Nutzung		Ja	Nein	Ja	Nein
Unternehmensgröße	Klein	3,3 %	96,7 %	3,5 %	96,5 %
	Mittel und groß	28,6 %	71,4 %	30,8 %	69,2 %

Tabelle 4-10: IS-Nutzung bezogen auf Unternehmensgröße

27 % der Teilnehmer (20 Unternehmen) gaben an, dass zwischen den Supply-Chain-Mitgliedern Daten ausgetauscht werden. Alle 20 Unternehmen nutzen Fax oder E-Mail für den Datenaustausch (s. Abbildung 4-9). Fortgeschrittene Technologien wie EDI oder Web-Formulare für die Unterstützung des Datenaustauschs werden lediglich von sechs Unternehmen verwendet. Die folgenden Daten werden dabei ausgetauscht: Holzlisten (7 Antworten); Liefermengen (6 Antworten); Einschlag/Lagerort (5 Antworten); Rechnungen (3 Antworten); Größe und Baumart (je 2 Antworten); Chargennummer, GPS-Daten, monatliche Nachfrage, Qualität, Termine (jeweils 1 Antwort). Kleinunternehmen nutzen den Datenaustausch seltener im Vergleich zu größeren Unternehmen (s. Tabelle

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

4-11). Diese Aussage ist statistisch signifikant für die Faktoren: Mitarbeiter (p-Wert=0,008 ➔ p<0,01) und Umsatz (p-Wert=0,002 ➔ p<0,005).

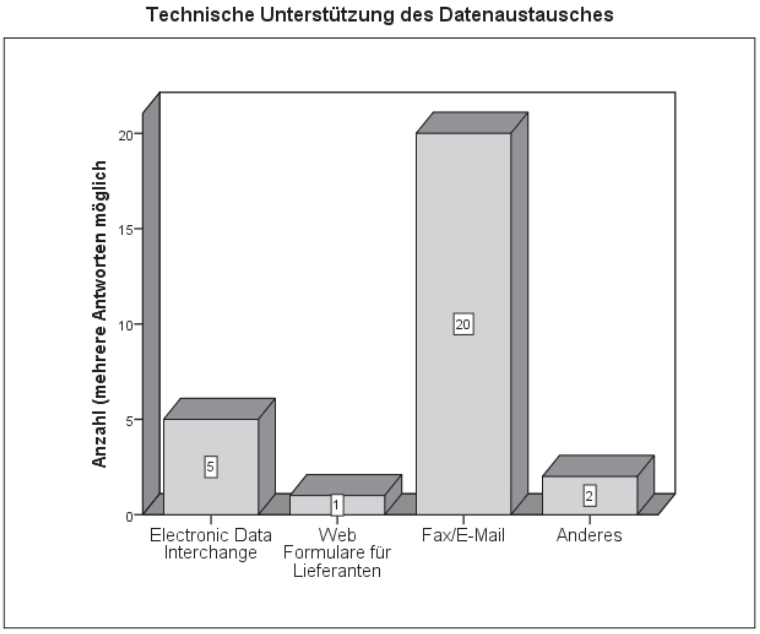


Abbildung 4-9: Technische Unterstützung des Datenaustausches (N=20, 28 Antworten)

Kreuztabelle		Datenaustausch bezogen auf Mitarbeiterzahl (N=75)		Datenaustausch bezogen auf Umsatz (N=71)	
Datenaustausch		Ja	Nein	Ja	Nein
Unternehmensgröße	Klein	19,7 %	80,3%	17,2%	82,8%
	Mittel und groß	57,1%	42,9%	61,5%	38,5%

Tabelle 4-11: Datenaustausch bezogen auf Unternehmensgröße

Wahrgenommene Unsicherheiten bezüglich Stammholzes (FFb)

Das Hauptinteresse der Befragung lag auf den Beschaffungsunsicherheiten. 59% der Befragten gaben an, Unsicherheiten in Zusammenhang mit der Beschaffung des Stammholzes wahrzunehmen. Die Relevanz der verschiedenen Arten von Unsicherheit zeigt ein recht ausgewogenes Bild (s. Abbildung 4-10). Die Antworten wurden auf einer 5-Punkte-Skala von 1 (überhaupt nicht relevant) bis 5 (sehr relevant) gemacht. Die höchste Relevanz haben hier Kostenänderungen (M=3,476; SD=1,110). Der mögliche Grund dafür sind die Änderungen der Marktpreise während der langen Planungszeiträume. Darüber hinaus können die höheren Kosten durch die negativen Auswirkungen der Unsicherheiten in Qualität, Quantität und Lieferzeiten verursacht werden. Die quantitativen Abweichungen haben die niedrigste Relevanz (M=2,405; SD=1,215). Dies kann in der Tatsache begründet liegen, dass Unternehmen bereits die Strategie der Diversifizierung von Lieferanten realisiert haben. Die Antworten auf die Frage nach der Quelle von Stammholz zeigen, dass Unternehmen mehrere feste Vertragspartner und wechselnde Lieferanten bevorzugen. Die sehr hohe Zahl von Antworten auf die Multiple-Choice-Frage (114 Antworten bei n=43) weist auf die Relevanz einer Diversifikationsstrategie hin. Die Hauptquelle der Unsicherheit nach Ansicht der

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Stammholzverarbeiter liegt in der Rundholzproduktion (bei Forstunternehmen). Diese Meinung wird von 86,4 % der Unternehmen mit wahrgenommenen Unsicherheiten (38 Teilnehmer) geteilt.

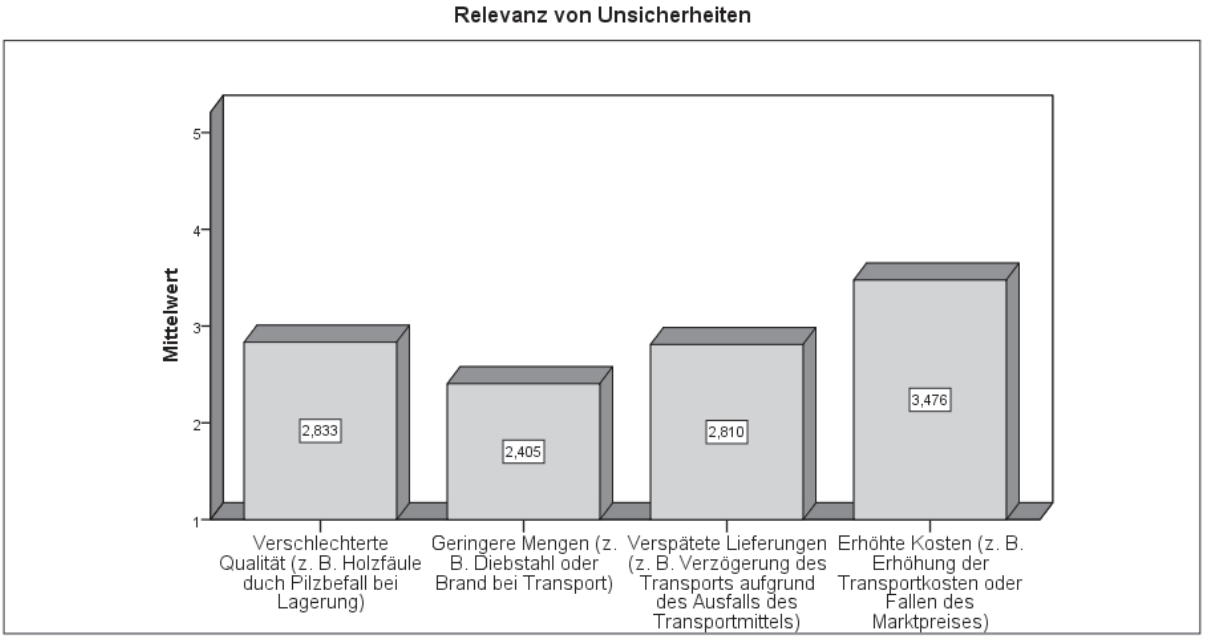


Abbildung 4-10: Relevanz von verschiedenen Unsicherheitsarten (N=44)

Die Einbeziehung der Unternehmensgröße in der Analyse liefert einige neue Erkenntnisse (s. Tabelle 4-12): Mittlere und große Unternehmen nehmen die Unsicherheiten öfter wahr als kleine Unternehmen. Diese Ergebnisse sind statistisch signifikant für die Faktoren: Mitarbeiter (p-Wert=0,0001 ➔ p<0,001) und Umsatz (p-Wert=0,01 ➔ p <0,05).

Kreuztabelle		Unsicherheiten bezogen auf Mitarbeiterzahl (N=75)		Unsicherheiten bezogen auf Umsatz (N=70)	
Unsicherheiten		Ja	Nein	Ja	Nein
Unternehmensgröße	Klein	49,2 %	50,8 %	50,0 %	50,0 %
	Mittel und groß	100,0 %	0,0 %	91,7 %	8,3 %

Tabelle 4-12: Unsicherheiten bezogen auf Unternehmensgröße

Unter Berücksichtigung der Reichweite des Gebiets, aus dem das Unternehmen Stammholz bezieht, kann ein Trend festgestellt werden, dass die Lieferbeziehungen mit internationalen Lieferanten mehr Unsicherheiten (siehe Tabelle 4-13) im Vergleich zu nationalen Lieferbeziehungen aufweisen. Da Mehrfachnennungen möglich waren, ist diese Aussage jedoch statistisch nicht signifikant.

Kreuztabelle		Unsicherheiten (N=75)	
Unsicherheiten		Ja	Nein
Reichweite des Liefergebiets	National	57,1 %	42,9 %
	International	66,7 %	33,3 %

Tabelle 4-13: Unsicherheiten bezogen auf die Reichweite des Liefergebiets

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Unter Berücksichtigung des Zusammenhanges zwischen Partnerschaftsstrategien, IS-Unterstützung sowie Datenaustausch und Unsicherheiten können neue Erkenntnisse gewonnen werden. Die Anwesenheit von Unsicherheiten fördert den Einsatz von verschiedenen Strategien und deren IS-Unterstützung sowie den Datenaustausch (siehe Tabelle 4-14). Diese Aussage ist statistisch signifikant für den Einsatz von IS und Datenaustausch: IS-Nutzung (p-Wert = 0,035 ➔ p<0,05) sowie Datenaustausch (p-Wert = 0,007 ➔ p<0,01).

Kreuztabelle		Unsicherheiten bezogen auf Partnerschaftsstrategien (N=72)		Unsicherheiten bezogen auf IT-Einsatz (N=73)		Unsicherheiten bezogen auf Datenaustausch (N=74)	
Unsicherheiten		Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
Strategien	Ja	72,7 %	27,3 %	100,0 %	0,0 %	85,0 %	15,0 %
	Nein	57,4 %	42,6 %	53,7 %	46,3 %	48,1 %	51,9 %

Tabelle 4-14: Unsicherheiten bezogen auf Partnerschaftsstrategien, Einsatz von IS und Datenaustausch

In 59 % dieser Unternehmen haben die Unsicherheiten bereits zu schwerwiegenden negativen Folgen geführt (s. Abbildung 4-11). So gibt es oft Produktionsbeschränkungen oder in einigen Fällen sogar Produktionsausfall. Zudem besteht häufig der Bedarf, nach neuen Lieferanten zu suchen.

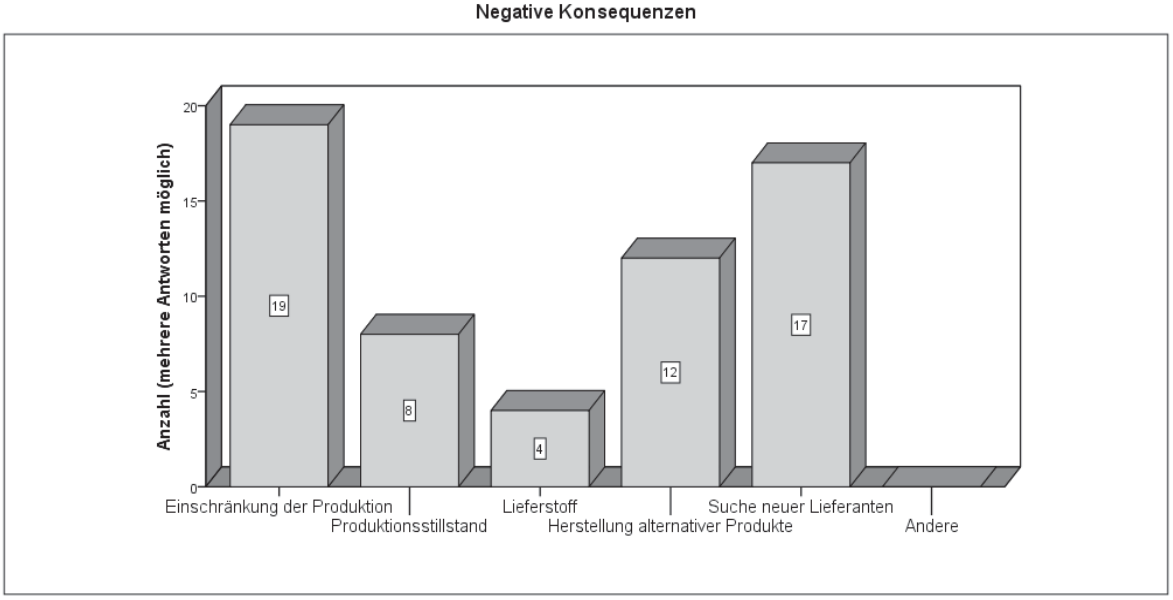


Abbildung 4-11: Häufigkeitsanalyse bzgl. negativer Folgen durch Beschaffungsunsicherheiten (N=25, 60 Antworten)

Strategien und Informationen zur Reduktion der Unsicherheiten (FFc)

Bis zu diesem Punkt wurde der Bedarf nach Strategien zur Reduktion von Unsicherheiten nachgewiesen. Die Diversifizierung der Lieferbeziehungen wurde bereits bei mehreren Unternehmen implementiert. Darüber hinaus setzen einige Unternehmen u. a. IS und Datenaustausch ein, um Unsicherheiten zu reduzieren. Die bereits gewonnenen Erkenntnisse können mithilfe der direkten Frage nach der Eignung der Strategien zur Reduktion der Unsicherheiten sowie deren negativen Konsequenzen überprüft werden. Die Frage wurde von Teilnehmern, die bereits die Unsicherheiten wahr-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

nehmen, beantwortet (59 % aller Teilnehmer). Wieder wurde die Frage mithilfe der 5-Punkte-Skala von 1 (überhaupt nicht relevant) bis 5 (sehr relevant) beantwortet. Die deskriptiven Statistiken für diese sind Tabelle 4-15 zu entnehmen. Unter Berücksichtigung der Antworten zwischen Unternehmen mit und ohne negative Folgen kann ein Trend festgestellt werden: Die Bedeutung von IT-Support in Unternehmen mit negativen Folgen liegt um etwa 0,15 Punkte höher. Die Antworten auf direkte Fragen bestätigen die indirekten Rückschlüsse. Besonders beliebt sind die Diversifizierung der Lieferantenbeziehungen und die Einrichtung von Pufferlager. Die IT-basierten Strategien sind von einer geringeren Bedeutung.

Die Analyse der Antworten auf die Frage, ob eine bestimmte Strategie im Unternehmen eingesetzt wird, zeigt ähnliche Ergebnisse. Sieben Unternehmen nutzen den IT-gestützten Datenaustausch zur Reduktion der Unsicherheiten. IS-gestützte Produktionsplanung kommt bei sechs Unternehmen zum Einsatz. Nur ein Unternehmen hat angegeben, die Reaktionsfähigkeit mit IS zu erhöhen. Insgesamt nutzen elf Unternehmen die IT-Unterstützung, um wirksam auf Unsicherheiten zu reagieren.

	Mittelwert	Standard-abweichung	Häufigkeitsanalyse der praktischen Nutzung (Multiple Choices; Antworten=313)
Kooperation mit mehreren Lieferanten	4,24	0,957	42
Einrichtung von Pufferlagern	3,87	1,272	36
Zeitliche Anpassung der Liefertermine	3,29	1,236	30
Kombinieren von lang- und kurzfristigen Lieferantenverträgen	2,98	1,305	29
Vertragliche Absicherung	2,89	1,352	31
Anpassung der Produktionskapazität	2,87	1,236	33
Vor- und Nacharbeit zur Qualitätsverbesserung	2,53	1,198	24
Kurzfristiges Erhöhen/Senken der Bestellmengen	2,40	1,338	20
Flexible Produktion einschließlich Änderungen in der Ablaufplanung und im Produktionsmix (mit Plänen zur Herstellung alternativer Produkte)	2,38	1,211	27
Anpassung der Auslieferungsmenge für Kunden	2,38	1,319	27
Nutzung von IS zum Austausch von unsicherheitsrelevanten Daten (Erhöhung der Transparenz über die Prozesse in der Lieferkette z. B. mit Rückverfolgbarkeitssystemen)	2,02	1,158	7
IT-gestützte Produktionsplanung mit Szenarienentwicklung und Forecasting	1,71	0,991	6
IT-gestützte Reaktionsfähigkeit (z. B. SCEM-System)	1,69	0,874	1

Tabelle 4-15: Deskriptive Statistik bezogen auf die Strategien zur Reaktion auf Unsicherheiten (N=45)

Da die Rolle von Informationen unbewusst oder unterschätzt zu sein scheint, wurde die Frage nach der Relevanz der Vorabinformation für alle Unternehmen, die Unsicherheiten wahrnehmen, gestellt (N=45). Die Analyse zeigt, dass alle Informationen als relevant wahrgenommen werden (s. Tabelle 4-16). Informationen zu Lieferterminabweichungen wurden als besonders relevant (M=4,33) bewertet. Die geringste Bedeutung haben die Informationen über die Qualität unmittelbar nach dem Holzeinschlag (M=3,42). Allerdings sollten die qualitätsbezogenen Informationen nicht als irrelevant angesehen werden, da 23 Unternehmen sie als sehr relevant (mit einem Maximalwert in Höhe von

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

5) zumindest für einen Verfahrensschritt (nach Holzeinschlag, Kommissionierung oder bei Transport/Lagerung) bewerten.

	Mittelwert	Standard-abweichung
Information über Lieferungsverspätung	4,33	1,022
Information über den Lieferzeitpunkt nach der Kommissionierung	4,13	1,079
Mengenbezogene Angaben (z. B. Volumen, Länge, Durchmesser) nach der Kommissionierung (Zusammenstellung der Lieferung)	3,82	1,114
Mengenbezogene Angaben (z. B. Volumen, Länge, Durchmesser) sofort nach dem Holzeinschlag	3,73	1,286
Qualitätsbezogene Angaben (z. B. Holzklasse, Abholzung, Dichte) nach der Kommissionierung	3,69	1,164
Information über die Reduktion der Menge während der Lagerung und des Transportes	3,67	1,314
Information über Minderung der Qualität während der Lagerung und des Transportes	3,64	1,300
Qualitätsbezogene Angaben (z. B. Holzklasse, Krümmung, Dichte) nach dem Holzeinschlag	3,42	1,340

Tabelle 4-16: Deskriptive Statistik bezüglich der Relevanz von Vorabinformationen (N=45)

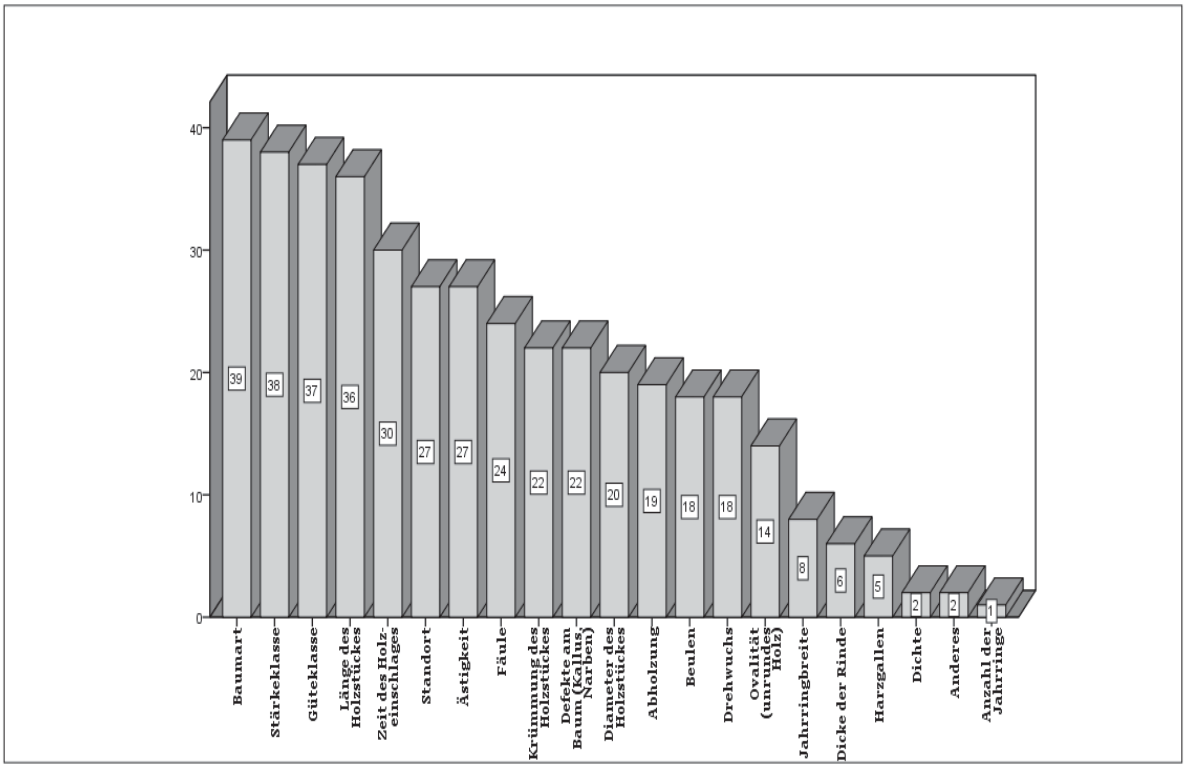


Abbildung 4-12: Häufigkeitsanalyse bezüglich qualitätsbezogenen Informationsitems (N=43, 415 Antworten)

Um den Bereich der Qualitätsinformationen detaillierter zu untersuchen, wurde eine weitere Frage zu den relevanten Qualitätsinformationen gestellt. Die sehr hohe Zahl der Antworten auf die Multiple-Choice-Frage (415 Antworten bei N = 43) zeigt, dass viele Qualitätsinformationen für die Stammholzverarbeiter relevant sind, um wahrgenommene Unsicherheiten zu reduzieren (s. Abbildung 4-12). Die ersten Plätze werden von Informationen (z. B. Baumart, Stärkeklasse, Güteklasse und Qualitätsgrad, Länge des Holzstückes) belegt, die bereits im Forstbetrieb erfasst und an die Forstämter kommuniziert und teilweise an Verarbeiter in Form von Holzlisten weitergegeben werden. Es ist durchaus möglich, dass ihre Relevanz insbesondere durch ihren Einsatz im Tagesgeschäft entlang der Stammholz-Supply Chain erklärt werden kann.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

4.2.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse und Ableiten von Anforderungen an Tracking & Tracing-Systeme

Bezüglich **FFa** wurde festgestellt, dass sowohl die Verwendung von Supply Chain Partnerschaftsstrategien als auch die IS-Unterstützung der Supply Chain Aktivitäten gering sind. Der Datenaustausch findet bereits statt. Dabei erfolgt der Austausch per E-Mail oder Fax. Es wurde auch festgestellt, dass die Unternehmensgröße einen signifikanten Einfluss auf die Bereitschaft hat, die IS und Informationen zur Unterstützung der Supply Chain-Strategien zu verwenden. Es ist davon auszugehen, dass der hohe Anteil an Kleinunternehmen und die damit verbundenen knappen Ressourcen die wichtigsten Gründe für diese geringe Bereitschaft sind.

59 % der Unternehmen nehmen Unsicherheiten bzgl. der Beschaffung von Stammholz wahr (**FFb**). Diese Unsicherheiten werden in der Regel von mittelständischen und großen Unternehmen sowie Unternehmen mit internationalen Lieferantenbeziehungen wahrgenommen. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass alle Typen der Unsicherheit als relevant betrachtet werden. Mit anderen Worten haben die Stammholzverarbeiter mit Abweichungen in Qualität, Quantität und Lieferzeiten zu tun. Diese Abweichungen führen häufig zu negativen Auswirkungen wie Produktionsbeeinträchtigung oder Produktionsstillstand.

Um die negativen Folgen im Griff zu haben, setzen 44 Unternehmen, welche die Beschaffungsunsicherheiten wahrnehmen, zumindest eine Strategie gegenüber Unsicherheiten (**FFc**) ein. Eine besonders relevante und häufig verwendete Strategie ist die Diversifikation der Lieferantenbeziehungen. Darüber hinaus wurde ein vertraglicher Schutz auch als Strategie erwähnt. Es sei jedoch darauf hinzuweisen, dass, obwohl die finanzielle Absicherung im Vertrag festgelegt wird, das reale Produktionsproblem dadurch nicht gelöst wird – d. h., die Produktion ist nicht möglich, wenn nicht ausreichend oder nicht passende Rohstoffe geliefert werden. Die Einrichtung von Pufferlagern wird oft als eine Strategie verwendet, wodurch hohe Lagerbestände entstehen. Es ist notwendig, zu berücksichtigen, dass Holzlagerung so organisiert werden sollte, dass keine Qualitätsminderung durch Dehydrierung oder Pilze passieren kann. Dies führt zu höheren Kosten. Eine weitere häufig genannte Strategie ist die zeitliche Anpassung der Lieferzeit, so dass die gesamten Produktions- und Vertriebsdaten angepasst werden müssen. Allerdings ist die IT-Unterstützung für die Produktionsplanung von geringer Relevanz. Somit ist davon auszugehen, dass durch die manuelle Anpassung verschiedene Fehler entstehen können, welche die negativen Folgen noch verstärken. Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz von IS als eine Strategie zur Bekämpfung der Unsicherheiten kaum wahrgenommen wird. Die Ausnahme bilden jene Unternehmen, die bereits für die technische Unterstützung von Supply-Chain-Aktivitäten IS einsetzen. Es ist zu vermuten, dass der Mangel an Erfahrung und der damit verbundene Mangel an Verständnis bei kleinen Unternehmen eine wichtige Rolle in ihrer Abneigung bezüglich Informationssysteme spielen. Diese Vermutung wurde indirekt über die Antworten auf die Frage nach der Relevanz der einzelnen Informationen für die Reduktion von Unsicherheiten und deren Folgen bestätigt. Bei dieser Frage wurde bewusst der Begriff „Informationssystem“ vermieden. Basierend auf den Antworten auf diese Frage wurde herausgefunden, dass die Vorabinformationen als relevant angesehen werden. Auch bei qualitätsbezogenen Informationen wurde eine Vielzahl von Items ausgewählt. Die identifizierten Informationsbedürfnisse weisen auf die Wichtigkeit hin, die richtigen Informationen zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung zu haben.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die Erfüllung dieser Bedürfnisse kann die negativen Folgen der Beschaffungsunsicherheiten reduzieren und somit die Kosten bei den Stammholzverarbeitern senken.

Dabei können die identifizierten Informationsbedürfnisse in zwei Gruppen aufgeteilt werden. Zum einen besteht der Bedarf nach der Lieferungsstatusauskunft **(Anforderung 1).** Zum anderen sind die Informationen über Qualität und Quantität des Holzes von Bedeutung **(Anforderung 2).** Während die Informationen der ersten Gruppe bei Unternehmen, welche den Transport durchführen, entstehen, so sind die Informationen der zweiten Gruppe bei Forstbetrieben zu erfassen.

Die Ausarbeitung der unterschiedlichen Lösungen zur Befriedigung der Informationsbedürfnisse von Stammholzverarbeitern sollte Rahmenbedingungen bzw. Besonderheiten der Supply Chains wie IT-Know-how von Teilnehmern der Supply Chain, den Umfang der Informationsbereitstellung, die internationalen Lieferantenbeziehungen und die Unternehmensgröße berücksichtigen. Zudem muss hier beachtet werden, dass T & T-Systeme die Informationen für die Entscheidungsfindung liefern. Um diese Entscheidungsfindung mit IS zu unterstützen, agieren die T & T-Systeme als Datenlieferanten für andere IS. Ausgerechnet diese Strategie der Integration wird bereits bei Teilnehmern der Befragung verwendet (N=3). Sie kombinieren T & T-Systemen mit ERP- oder SCEM-Systemen, um schnell auf die Unsicherheiten zu reagieren und somit die negativen Folgen zu minimieren, bevor sie sich nachteilig auf die Kundenzufriedenheit und Betriebseffizienz auswirken (vgl. Otto 2003, S. 3).

Die Besonderheiten der Supply Chain beeinflussen somit die konkrete technische Ausgestaltung der T & T-Systeme wie manuelle vs. automatische Datenerfassung, Kommunikation über E-Mails vs. Internet-Plattform, die Integration mit anderen Systemen vs. Daten an Entscheidungsträger. Die Konzeption der entsprechenden Lösungen auf Basis der Vier-Schichten-Systemarchitektur, um das Potenzial zur Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten und deren Auswirkungen zu erschließen **(Anforderung 3)**, wird in Kapitel 5 ausgearbeitet.

4.3 Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben

Während im vorherigen Abschnitt die Treiber für die freiwillige Einrichtung von T & T-Systemen untersucht wurden, stehen im Fokus dieses Abschnitts die rechtlichen Anforderungen, die vom Teilnehmer der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo die Umsetzung der Rückverfolgbarkeit fordern. Erst die Erfüllung von gesetzlichen Anforderungen ermöglicht den betroffenen Unternehmen den Marktzugang. Dadurch determinieren die T & T-Systeme hier die Existenz von Unternehmen. In Unterkapitel 4.3.1 werden die geltenden Richtlinien systematisiert und die Auswahl der zu untersuchenden Verordnung getroffen. Die detaillierte Beschreibung von der Richtlinie zur Rückverfolgung von Lebensmittelverpackungen erfolgt in Unterkapitel 4.3.2. Die Analyse umfasst die Darstellung von gesetzlichen Pflichten (Unterkapitel 4.3.2.2) sowie deren praktische Umsetzung anhand von Leitfäden (Unterkapitel 4.3.2.3)[46]. Anschließend erfolgt in Unterkapitel 4.3.2.4 die Identifikation der Lücken in der praktischen Umsetzung und die darauf basierende Ableitung von Anforderungen an T & T-Systeme.

[46] Die Unterkapitel 4.3.2.2 und 4.3.2.3 sind teilweise aus dem Projektstudium KELLER/LIEB (2015) entnommen, welches unter Betreuung des Autors dieser Arbeit entstanden ist.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

4.3.1 Systematisierung der gesetzlichen Rückverfolgbarkeitsvorgaben

Aus EU-Rechtsakten ergeben sich für die Mitgliedstaaten, die Bürger und Unternehmen Rechte und Pflichten, die teilweise unmittelbar gelten (Verordnungen) oder von Mitgliedstaaten in das nationale Recht umgesetzt werden sollen (Richtlinien). Da nach dem Grundsatz des Vorrangs das EU-Recht ein höheres Gewicht als das Recht der Mitgliedstaaten hat, wird die Systematisierung der gesetzlichen Vorgaben mit dem EU-Recht begonnen und anschließend um das nationale Recht ergänzt (vgl. EUR-Lex 2010). Im EU-Rechtsraum existieren mehrere Rechtsvorschriften, welche die Verpflichtungen für Wirtschaftsakteure u. a. bzgl. der Umsetzung der Rückverfolgbarkeit festlegen (vgl. StMWi 2012, S. 2). Sie werden ihrem Zweck nach grob in drei Säulen unterteilt (s. Abbildung 4-13). Die erste Säule umfasst die Produktsicherheitsrichtlinien. Den Kern stellt dabei die allgemeine Produktsicherheitsrichtlinie (2001/95/EG) dar, die sich mit der Gesundheit und Sicherheit von Verbrauchern befasst und somit wichtige Aspekte des Verbraucherschutzes gewährleistet. In den Regelungsbereich der Richtlinie fallen alle in den Verkehr gebrachten oder auf eine andere Weise für die Verbraucher verfügbar gemachten Produkte, die sowohl für Verbraucher bestimmt sind als auch von Verbrauchern unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen verwendet werden können (vgl. Buchstabe a Artikel 2 der Richtlinie 2001/95/EG). In Bezug auf die Wertschöpfungskette für NawaRo (s. Abbildung 2-2) handelt es sich um Fertigwaren, die in direktem Kontakt mit den Verbrauchern stehen. Die Verfeinerung dieser allgemeinen Richtlinie erfolgt für ausgewählte Produktgruppen wie Spielzeuge, Bauprodukte oder Lebensmittelverpackungen in separaten Richtlinien[47]. Die zweite Säule bezieht sich auf Vorschriften, welche zum Zweck haben, den illegalen Holzeinschlag und den Handel mit diesem (Forest Law Enforcement, Governance and Trade – FLEGT sowie EU-Holzhandelsverordnung), aber auch den Handel mit gefährdeten Pflanzenarten (Convention on International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora – CITES), zu bekämpfen[48]. Die dritte Säule umfasst die Richtlinien über genetisch veränderte Organismen (GVO)[49], welche den Umlauf von diesen Organismen zu kontrollieren haben[50].

Aufgrund der Vielzahl der Rechtsakten (s. Abbildung 4-13) wird im Weiteren eine Eingrenzung der zu untersuchenden rechtlichen Vorgaben vorgenommen.

Als erstes kann auf die detaillierte Analyse der Richtlinien über GVO verzichtet werden (dritte Säule der Abbildung 4-13). Der Grund dafür liegt darin, dass die genetisch veränderte Züchtung von Lignocellulose-basierten Pflanzen immer noch im Stadium der Forschung und Entwicklung ist (vgl. Fladung 2014) und sich auf Feldversuche fokussiert (vgl. Häggman et al. 2013, S. 788). Deswegen kann die Wahrscheinlichkeit der möglichen unumkehrbaren Auswirkungen und Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit als gering eingestuft werden.

[47] Für eine detaillierte Darstellung der Produktsicherheitsrichtlinien sei auf Anhang L verwiesen.

[48] Für eine detaillierte Darstellung der Holzhandelsrichtlinien sei auf Anhang M verwiesen.

[49] Genetische Veränderung ist eine der Biotechnologien, die es ermöglicht, gentechnisch veränderte Organismen (GVO) durch die Insertion von einem oder mehreren Transgenen zu erzeugen (vgl. Atici 2014, S. 3). Genetische Veränderungen von Pflanzen in der Agrar- und Forstwirtschaft führen zur Erhöhung ihrer Erträge, ihrer Resistenz gegenüber Herbiziden oder Insekten, zur Erhaltung und Verbesserung genetischer Ressourcen etc. (vgl. Diouf 2011, S. v).

[50] Für eine detaillierte Darstellung der Richtlinien über genetisch veränderte Organismen sei auf Anhang N verwiesen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

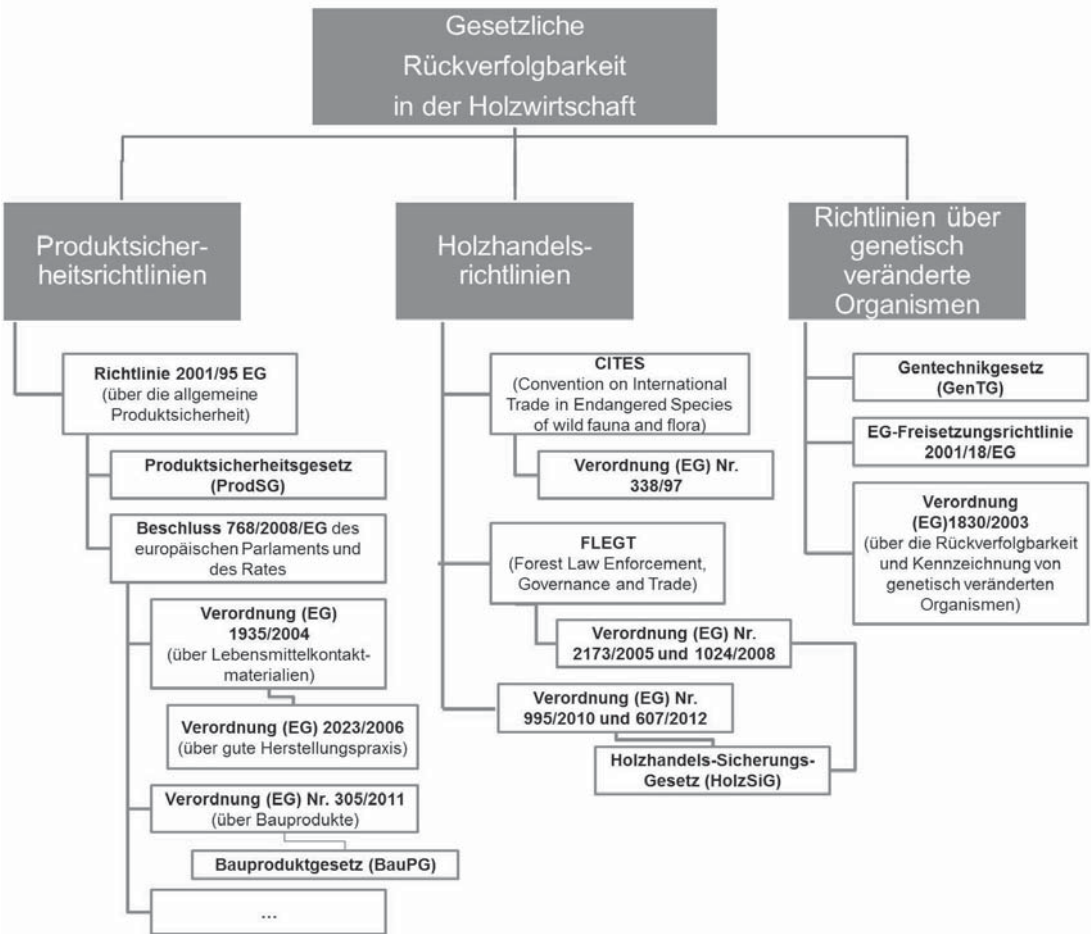


Abbildung 4-13: Drei Säulen gesetzlicher Rückverfolgbarkeit in der Holzwirtschaft (EU- und nationale Ebene)

Wie in den Unterkapiteln 3.2.3 und 3.2.3.1 gezeigt wurde, gibt es bereits Pilotprojekte, die zum Zweck haben, den illegalen Holzeinschlag zu bekämpfen und somit die Umsetzung der Holzhandelsrichtlinien zu unterstützen. Dabei stehen unterschiedliche Systeme zur Verfügung. Es gibt Systeme, die sich auf die Verwaltung der Dokumente fokussieren. Es existieren bereits Rückverfolgbarkeitssysteme, die auf Markierungstechnologien und Zentraldatenbanken setzen. Oft zum Einsatz kommt die Rückverfolgbarkeit, die auf der Materialsignatur basiert. Diese Methode wird auch in Deutschland angewandt, falls glaubwürdige Angaben über die Holzart fehlen (vgl. IPD 2014, S. 13). Eine solche Identifikation der Herkunft kann z. B. in dem Thünen-Kompetenzzentrum Holzherkünfte in Hamburg erfolgen, welches als eine zentrale Anlaufstelle für Behörden, Holzhandel, Verbraucher und Verbände bei Fragen des Art- und Herkunftsnachweises von Holz und Holzprodukten agiert. Es ist in der Lage, Holzproben auf Gattungs- bzw. Artniveau mithilfe von computergestützten Datenbanken zu bestimmen und Angaben zur geographischen Herkunft des Holzes zu überprüfen (vgl. Thünen o. Jg.). Da die T & T-Systeme zur Unterstützung der Umsetzung der Holzhandelsrichtlinien bereits im Fokus der Untersuchungen stehen, kann auch auf die Analyse dieser Richtlinien verzichtet werden (zweite Säule der Abbildung 4-13).

Im Gegensatz zu Holzhandelsrichtlinien sind die Produktsicherheitsrichtlinien in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo kaum untersucht (erste Säule der Abbildung 4-13). In diesen Richtlinien wird jedoch die Rückverfolgbarkeit als

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

ein wichtiges Risikomanagement-Instrument verstanden, welches die Klärung von Haftungs- und Herkunftsfragen, die Bereitstellung von Verbraucherinformationen, die gezielte Rücknahme bzw. den Rückruf von Holzprodukten sowie die Schadenbegrenzung unterstützt und dem Schutz des Verbrauchers dient (vgl. GS1 2009a, S. 18).

Aus den in Anhang N dargestellten Richtlinien ist die Verordnung (EG) 1935/2004 von besonderem Interesse, da sie zum Bereich des europäischen Lebensmittelrechts gehört. Die Grundlage des europäischen Lebensmittelrechts, welche allgemeine Prinzipien und Regelungen der Lebensmittelsicherheit festlegt, ist die „Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit“ (vgl. ECMA 2013, S. 7; Meisterernst 2005, S. 171). Erwägungsgrund 11 der Verordnung (EG) 178/2002 weist darauf hin, dass die Definition des Lebensmittelrechts so weit gefasst werden soll, „dass sie ein großes Spektrum an Bestimmungen abdeckt, die sich mittelbar oder unmittelbar auf die Sicherheit von Lebensmitteln und Futtermitteln auswirken, darunter auch Vorschriften zu Materialien und Gegenständen, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen“. Diese Forderung wurde mit der Verordnung (EG) 1935/2004 erfüllt. Der Grund für die Verabschiedung war u. a. die potenzielle Gefahr, die durch den Transportvorgang von Bestandteilen des Verpackungsmaterials in das verpackte Lebensmittelprodukt entstehen kann (vgl. Franz 2010, S. 461). Solche Vorgänge werden Migrationsvorgänge[51] genannt und können erstens zu Gesundheitsrisiken führen, wenn migrierende Stoffe in Mengen übergehen, welche die Sicherheit des Lebensmittels gefährden, und zweitens unvertretbare Veränderungen der Zusammensetzung sowie der organoleptischen Eigenschaften eines Lebensmittels verursachen, was die Qualität des Lebensmittels einschließlich Geschmack, Geruch, Optik oder Konsistenz beeinträchtigt (vgl. Castle 2007, S. 2; ECMA 2013, S. 5). So einen Übergang der Rückstände von Mineralölen aus papierbasierten Verpackungen auf Schokolade in Adventskalendern hat für Schlagzeilen im November 2012 gesorgt (vgl. VerbraucherFenster Hessen 2013). Als Reaktion auf die Testergebnisse hat der Anbieter Arko das betroffene Produkt zurückgerufen (vgl. Stiftung Warentest 2012). Die Mineralöle wurden zudem in den letzten Jahren in Kartoffelklößen und Nudeln nachgewiesen (vgl. Stiftung Warentest 2010 und 2011). Die Anbieter reagierten auch hier auf die Testergebnisse mit einem stillen Rückruf bei Rossmann und einem öffentlichen Rückruf bei Alnatura (vgl. Stiftung Warentest 2011). Diese Rückrufaktionen führen dazu, dass Verbraucher das Vertrauen in Produkte verlieren, was zur Folge einen Umsatzrückgang bei betroffenen Lebensmittel hat (vgl. Scholten et al. 2014, S. 181). Rückverfolgbarkeitssysteme können hier als ein ex-post reaktives Tool die Teilnehmer der Supply Chain sowie Konsumenten bei Rückrufaktionen unterstützen.

Die bereits genannten Rückrufaktionen und daraus resultierende hohe Rückrufkosten weisen darauf hin, dass die Umsetzung der Rückverfolgbarkeitspflichten Lücken bzw. Schwachstellen enthält, welche dazu führen, dass sowohl der Verbraucherschutz und die Sicherheit von Konsumenten nicht

[51] Es gibt zwei Quellen für diese Mineralölmigrationsvorgänge: Papierbasierte Verpackungen können aus Recycling-Papier hergestellt werden, welches Rückstände mineralölhaltiger Farben enthält, oder Mineralöle können durch das direkte Bedrucken von Verpackungen in Lebensmittel gelangen (vgl. CEFIC et al. 2012, S. 10).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

zu jedem Zeitpunkt gewährleistet werden kann als auch die Rückrufe nicht schnell und kostengünstig durchgeführt werden können. Es ist zu klären, wie Rückverfolgbarkeitssysteme in Supply Chains für papierbasierte Lebensmittelverpackungen umgesetzt werden können. Diese Untersuchung soll die Herausforderungen bei der Umsetzung der Rückverfolgbarkeitspflichten identifizieren. Unter Beachtung der identifizierten Herausforderungen sind Lösungen zu konzipieren, welche den Unternehmen aus den Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo dabei helfen können, die Rückrufkosten zu reduzieren. Zudem ist die lückenlose Rückverfolgbarkeit ein Mittel zur Umsetzung der Mineralölverordnung und Druckfarbenverordnung zum Verbraucherschutz vor gesundheitlich nachteiligen Wirkungen von Mineralölen beim Übergang in Lebensmittel, die vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft entworfen wurden. Da die Rechtsetzungsverfahren zu den beiden Verordnungsentwürfen derzeit noch nicht abgeschlossen sind, führen Unternehmen freiwillige Maßnahmen zur Reduktion der Mineralölgehalte durch (vgl. BMEL 2014). Bei diesen Maßnahmen können T & T-Systeme helfen, die erforderlichen Informationen über Prozesse, Lieferanten sowie Werte von Mineralölen in Materialflüssen zu erfassen als auch die Produktinformationen einschließlich Informationen über das Handeln der Unternehmen zur Reduktion der Mineralölwerte an Konsumenten zur Verfügung zu stellen.

Da die Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen einen wesentlichen Teil der Holzwirtschaft darstellt (s. Kapitel 2.2.1), ist die Untersuchung der T & T-Systeme in diesem Teil der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulosen-basierten NawaRo unabdingbar. Zudem sind während der Konzeption von T & T-Systemen in dieser Supply Chain Herausforderungen wie eine Vielzahl von kontinuierlichen Prozessen sowie die Kaskadennutzung von Papier zu berücksichtigen. Um die Untersuchung durchzuführen, wird zuerst diese Supply Chain beschrieben (Unterkapitel 4.3.2.1), danach werden gesetzliche Vorgaben bzgl. der Rückverfolgbarkeit analysiert (Unterkapitel 4.3.2.2) sowie praktische Regeln für die Umsetzung der Rückverfolgbarkeit anhand von Leitfäden untersucht (Unterkapitel 4.3.2.3). Diese Analyse wird mit dem Zweck durchgeführt, die Lücken bzw. Herausforderungen in der Umsetzung der Rückverfolgbarkeit entlang der gesamten Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen zu identifizieren und basierend darauf die Anforderungen an die zugehörigen Lösungen abzuleiten (Unterkapitel 4.3.2.4).

4.3.2 Rückverfolgung von Lebensmittelverpackungen

Verpackungen können in drei Kategorien unterschieden werden (vgl. Gustafson et al. 2006, S. 71 f.): primäre Verpackungen, welche im direkten Kontakt mit Produkten stehen; sekundäre Verpackungen oder Umverpackungen, welche mehrere primäre Verpackungen aufnehmen; tertiäre Verpackungen, welche primäre und sekundäre Verpackungen zum Zweck des Transportes z. B. auf einer Palette fixieren. Wie im vorherigen Unterkapitel gezeigt wurde, können Verpackungen auch eine Gefahr für die Konsumenten darstellen, die besonders akut bei primären Lebensmittelverpackungen ist. Diese Verpackungen werden als ein unentbehrlicher Teil der Lebensmittel-Supply Chain angesehen (vgl. Pira 2004, S. 18). Vor der eigentlichen Untersuchung der Rückverfolgbarkeit

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

von Lebensmittelverpackungen nach der Verordnung (EG) 1935/2004 ist es daher wichtig, den Untersuchungsgegenstand, insbesondere die zugehörige Supply Chain, zu beschreiben.

4.3.2.1 Untersuchungsgegenstand

Die EU-Verordnung (EG) 1935/2004 gilt für verschiedene Lebensmittelverpackungen aus Glas, Keramik, Gummi, Metall, Plastik, Textil, Holz als auch Papier und Pappe. Wie bereits in Unterkapitel 2.2.1 dargestellt wurde, dominieren den Verpackungsmarkt die papierbasierten Verpackungen, die in den Fokus der Analyse gestellt werden. Die dazugehörige Supply Chain für papierbasierte Verpackungen stellt die konkrete Ausprägung der in Abbildung 2-2 visualisierten Wertschöpfungskette dar. Im Weiteren werden kurz die wichtigen Prozessschritte mit den zugehörigen Materialflüssen beschrieben.

Die Rohstoffe für die Herstellung von Zell- bzw. Holzstoffen sind Sägenebenprodukte, welche beim Sägen von Stammhölzern z. B. in Sägewerken anfallen, und Industriehölzer, welche von Forstbetrieben geliefert werden (vgl. Blechschmidt 2010b, S. 45). Ca. 94 % der Rohstoffe weltweit entfallen auf Holz und lediglich 6 % auf Einjahrespflanzen wie Jute, Flachs, Hanf, Sisal, Bagasse (vgl. Bos et al. 1999, S. 34 f.). Der Einsatz von diesen Stoffen beschränkt sich auf Gebiete mit keinen oder knappen Holzressourcen, mit großen ungenutzten Agrarlandflächen oder großen Reststoffüberschüssen wie Stroh (vgl. Blechschmidt 2010b, S. 45; Bos et al. 1999, S. 35). Da die Produktion der Faserstoffe aus Einjahrespflanzen teurer ist und stärker die Umwelt belastet als die Produktion aus Holz (vgl. Blechschmidt 2010b, S. 45), wird im Weiteren auf die Betrachtung der Einjahrespflanzen als Rohstoffe verzichtet.

Die Annahme und Lagerung des Industrieholzes und der Sägenebenprodukte, das Entrinden und Hacken des Industrieholzes mit der anschließenden Lagerung der Hackschnitzel stellen die Hauptaufgaben der Holzvorbereitung für die Faserstofferzeugung (vgl. Dobschall 2010, S. 55) dar.

Der Vorgang zur Isolierung der Cellulose wird Aufschluss genannt und kann thermomechanisch, mechanisch oder chemisch erfolgen (vgl. Pastusiak 2003, S. 37). 60 % der gesamten weltweiten Produktion von Faserstoffen erfolgt mit der Sulfat-Methode, bei der Holzhackschnitzel vorgedämpft und anschließend bei einer Temperatur von 170° C in einer alkalischen Lösung gekocht werden, um das Lignin dem Holz zu entziehen (vgl. Mercangöz/Doyle 2006, S. 31; Pastusiak 2003, S. 39). Die Gründe für diese dominierende Position sind, dass für diesen Aufschluss alle vorkommenden Holzarten eingesetzt sowie eine hohe Festigkeit der hergestellten Zellstoffe erreicht werden kann (vgl. Fischer/Bäurich 2010, S. 123). Die Farbentfernung aus dem Faserstoff (aufgrund Restligningehalt) durch Zugabe von Chemikalien zu der Pulpe in verschiedenen Kombinationen in Abhängigkeit von den Eigenschaften des Endproduktes wird Bleiche genannt (vgl. Carlsson et al. 2009, S. 172). Der Aufschluss mit anschließender Bleiche wird von der Zellstofffabrik durchgeführt.

Die Primärfasern werden von der Papierfabrik zusammen mit Sekundärfasern[52] eingesetzt, um das Rohpapier herzustellen. In der Stoffzentrale am Anfang des Herstellungsprozesses werden die

[52] Die Aufbereitung des Altpapiers beginnt mit dem Zerfasern in Stofflösern oder Pulpern (vgl. hier und im Folgenden VDP o. Jg.a). In Sieb- und Sortier-Aggregaten werden die fremden Bestandteile aussortiert. Wenn der Faserbrei für die Herstellung von hochwertigen Papieren eingesetzt wird, ist es erforderlich, das Altpapier

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

verschiedenen Bestandteile wie die vorher genannten Fasern, Zusatzstoffe und Wasser, je nach gewünschter Papiersorte, zugeführt (hier und im Folgenden Holik 2010, S. 288). Dieses Gemisch oder Suspension wird durch den Stoffauflauf gleichmäßig auf der Siebpartie verteilt, welche die Entwässerung der Suspension und Erzeugung einer endlosen gleichförmigen Bahn ermöglicht. Danach folgt die Presspartie, bei der durch mechanischen Druck einer Walze dem Papier zunehmend Wasser entzogen wird. In der Trockenpartie wird das restliche Wasser verdampft, indem das Papier slalomartig mehrere dampfbeheizte Trockenzylinder durchfährt. Die Papiermaschinen können zudem mit der Leimpresse für die Verbesserung der Festigkeit und Bedruckbarkeit des Papiers und dem Glättwerk zur Glättung der Papieroberfläche ausgestattet werden. Der Rollapparat rollt produzierte Papierbahn anschließend auf einem Stahlkern auf. Je nach Anspruch des Kunden kann das Papier danach veredelt werden. Ein Beispiel hierfür ist das Streichen, bei welchem dem Papier eine Mischung aus Bindemitteln und Pigmenten aufgetragen wird, wodurch es eine geschlossene und gut bedruckbare Oberfläche erhält (vgl. VDP o. Jg.b).

Das Rohpapier wird entsprechend verarbeitet, um daraus Fertigprodukte wie Lebensmittelverpackungen herzustellen. WILKEN (vgl. Wilken 2010, S. 465 ff.) weist darauf hin, dass der Weg von Rohpapier, -karton oder -pappe bis zum Fertigprodukt Gemeinsamkeiten aufweist und schlägt vor, alle zum Einsatz kommende Verfahren zu gruppieren, wobei die Reihenfolge von Teilprozessen, die diese Verfahren verwenden, ganz unterschiedlich auftreten kann: *Umformende Verfahren* – Herstellung einer bleibenden Umformung des Verarbeitungsgutes, z. B. Prägen, Rillen, Wellenformen; *Trennende Verfahren* – Aufhebung des Stoffzusammenhaltes eines Verarbeitungsgutes, z. B. Schneiden, Stanzen; *Verbindende Verfahren* – Herstellung des Stoffzusammenhaltes eines Verarbeitungsgutes, z. B. Kleben; *Verfahren zur Kombination von Materialien* – Erzielung von Eigenschaften, welche das Verarbeitungsgut nicht aufweist, z. B. Beschichten, Laminieren, Imprägnieren; *Verfahren zum Übertragen von Informationen* – z. B. Drucken; *Verfahren zum Transportieren in Maschinen* – präzise Zuführung des Verarbeitungsgutes zu den Prozessschritten.

So werden bei der Herstellung von Wellpappe Decken- oder Wellenpapiere verwendet, die mehrmals so lange erhitzt und befeuchtet werden, bis sie elastisch und formbar werden (vgl. hier und im Folgenden VDW 2007, S. 6 f.). Um typische Wellenform zu erzeugen, läuft das Rohpapier durch ineinander greifende Riffelwalzen. Anschließend werden auf diese Wellenberge Stärkeleim aufgetragen und Deckenbahnen durch eine Anpresswalze oder Anpressbänder aufgesetzt. Die einwellige Wellpappe ist fertig. Dieses Verfahren ist für eine mehrwellige Wellpappe zu wiederholen. Die Wellpappe kann beispielsweise zu Faltschachteln weiterverarbeitet werden. Die Inline-Maschinen verarbeiten in einem Arbeitsgang Wellpappennzuschnitte zum fertigen Endprodukt (vgl. hier und im Folgenden VDW 2007, S. 7). Dabei werden die Zuschnitte gerillt, geschlitzt, gefaltet, geklebt oder geheftet, gezählt, gebündelt und palettiert.

Die hergestellten Faltschachteln werden von der Lebensmittelindustrie abgenommen, um ihre Produkte abzupacken. Die abgepackten Lebensmittel werden an Konsumenten verkauft, und die gebrauchten papierbasierten Verpackungen werden über die Papiertonnen in den Haushalten zum

von der Druckfarbe zu befreien (Deinking). Beim Deinking werden die Druckfarben mit Wasser, Natronlauge und Seife von den Fasern gelöst und entfernt. Bei der Aufbereitung verlieren die Fasern ihre Qualität, so dass immer wieder Frischfasern der Papierherstellung zugeführt werden.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Zweck des Recyclings gesammelt. Die hier beschriebene Supply Chain ist Abbildung 4-14 zu entnehmen.

Die Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen weist einige besondere Eigenschaften auf, welche die Rückverfolgbarkeit erschweren können: Vermischung von kontinuierlichen und diskontinuierlichen Prozessen; Extreme Herstellungsbedingungen; Änderung des Zustandes eines Verarbeitungsgutes; Geringe Gewinnmargen (vgl. Carlsson et al. 2009, S. 181).

Abbildung 4-14: Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen

4.3.2.2 Gesetzliche Pflichten

Das Ziel der Verordnung (EG) 1935/2004 ist das „wirksame Funktionieren des Binnenmarktes in Bezug auf das Inverkehrbringen von Materialien und Gegenständen in der Gemeinschaft […], die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln unmittelbar oder mittelbar in Berührung zu kommen, und gleichzeitig die Grundlage für ein hohes Schutzniveau für die menschliche Gesundheit und die Verbraucherinteressen zu schaffen“ (Absatz 1 Artikel 1 der Verordnung (EG) 1935/2004). Der Gegenstand der Verordnung sind Materialien und Gegenstände, die (vgl. Absatz 2, Artikel 1 der Verordnung (EG) 1935/2004) (1) „dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen“, bspw. die Verpackung von abgepackten Lebensmitteln; (2) „bereits mit Lebensmitteln in Berührung sind und dazu bestimmt sind“, bspw. Teller, Tassen und Besteck; (3) „vernünftigerweise vorhersehen lassen, dass sie bei normaler oder vorhersehbarer Verwendung mit Lebensmitteln in Berührung kommen oder ihre Bestandteile an Lebensmittel abgeben“, bspw. Tischoberflächen in der Küche oder die Regale eines Kühlschranks.

Somit gehören die papierbasierten Lebensmittelverpackungen zu Materialien und Gegenständen, welche mit Lebensmitteln in Berührung kommen. Die Verordnung fordert, dass alle Lebensmittelkontaktmaterialien nach guter Herstellungspraxis herzustellen sind, wobei die gute Herstellungspraxis für Lebensmittelkontaktmaterialien mit der Verordnung (EG) 2023/2006 geregelt wird[53].

[53] Mit Artikel 3 der Verordnung (EG) 2023/2006 wird von Unternehmen gefordert, ein Qualitätssicherungssystem einzuführen. Unter Qualitätssicherungssystem versteht man dabei die Menge „der organisierten und dokumentierten Vorkehrungen zum Zwecke der Sicherstellung, dass Materialien und Gegenstände die benötigte Qualität aufweisen, um die Übereinstimmung mit den für sie geltenden Regeln“ und Qualitätsstandards zu gewährleisten (Absatz b Artikel 3 der Verordnung (EG) 2023/2006). Das Unternehmen muss zudem laufend die

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Als einer der Erwägungsgründe für das Verabschieden der Verordnung (EG) 1935/2004 wurde die Rückverfolgbarkeit von Lebensmittelkontaktmaterialien genannt, welche auf allen Stufen gewährleistet sein sollte, „um Kontrollen, den Rückruf fehlerhafter Produkte, die Unterrichtung der Verbraucher und die Feststellung der Haftung zu erleichtern“ (Erwägungsgrund 18 der Verordnung (EG) 1935/2004). Die Forderung nach der Rückverfolgbarkeit wird in Artikel 17 festgelegt. Da die Basis für diese Verordnung der Beschluss 768/2008/EG des europäischen Parlaments und des Rates ist, werden in diesem Artikel die identischen Anforderungen gestellt (s. Anhang L):

- Produktidentifikation (vgl. Absatz 3 Artikel 17 Verordnung (EG) 1935/2004);
- Identifikation des Herstellers, Verarbeiters und/oder Verkäufers (vgl. Unterabsatz c Absatz 1 Artikel 15 Verordnung (EG) 1935/2004).
- Identifikation der Wirtschaftsakteure entlang der Supply Chain – „One step up – One step down”-Prinzip (vgl. Absatz 2 Artikel 17 Verordnung (EG) 1935/2004). Demnach müssen alle Unternehmen über Systeme und Verfahren verfügen, dank welcher sie benennen können, von welchem Unternehmen sie die Lebensmittelkontaktmaterialien und die für ihre Herstellung verwendeten Stoffe und Erzeugnisse bezogen bzw., an welches Unternehmen sie diese geliefert haben.
- Erstellung und Aufbewahrung von technischen Unterlagen und Konformitätserklärungen zum Nachweis der Konformität der Produkte mit den Vorschriften (vgl. Absatz 1 Artikel 16 der Verordnung (EG) 1935/2004), Hinweisen auf den Verwendungszweck (vgl. Unterabsatz a Absatz 1 Artikel 15 der Verordnung (EG) 1935/2004), Hinweisen für die sichere Verwendung z. B. durch eine Gebrauchsanweisung oder Sicherheitsinformationen (vgl. Unterabsatz b Absatz 1 Artikel 15 der Verordnung (EG) 1935/2004), für aktive[54] Lebensmittelkontaktmaterialien Angaben zum Verwendungszweck und zu anderen einschlägigen Informationen wie Name und Menge der von ihnen abgegebenen Stoffe (vgl. Unterabsatz e Absatz 1 Artikel 15 der Verordnung (EG) 1935/2004).

Mit der Verordnung wurde dabei lediglich die Anforderung nach dem Stufenprinzip „One step up – One step down” sowie nach den zugehörigen Systemen und Verfahren festgelegt. Es wurden keine konkreten Vorgaben gemacht, wie die Systeme und Verfahren zur Rückverfolgbarkeit umgesetzt werden können sowie welche Inhalte und welche Dokumenten dabei erforderlich sind, um das Stufenprinzip zu verwirklichen. Die Ausgestaltung dieser Systeme ist im Verantwortungsbereich des Unternehmens (vgl. Waldner 2006, S. 86). Jedoch wird in Erwägungsgrund 28 der Richtlinie 2001/95/EG besagt, dass Leitlinien festgelegt werden sollen, aus denen praktische Regeln sowie

Einhaltung der guten Herstellungspraxis in der Produktion überwachen und eventuell Korrekturmaßnahmen zur Beseitigung von Schwachstellen im Hinblick auf die Verwirklichung einer guten Herstellungspraxis einleiten (vgl. Artikel 6 der Verordnung (EG) 2023/2006). Des Weiteren muss das Unternehmen eine angemessene elektronische oder papierbasierte Dokumentation mit Angaben zur Rezeptur, dem Herstellungsverfahren und zu den Ergebnissen der Qualitätskontrolle sowie Spezifikationen auf den einzelnen Herstellungsstufen führen (vgl. Artikel 7 der Verordnung (EG) 2023/2006).

[54] Aktive Lebensmittelkontakt-Materialien und -Gegenstände werden eingesetzt, um die Haltbarkeit eines verpackten Lebensmittels zu verlängern oder dessen Zustand zu erhalten/verbessern; Dafür sind sie so entwickelt, dass sie „die Stoffe an das verpackte Lebensmittel oder die das Lebensmittel umgebende Umwelt abgeben oder diesen entziehen können“ (Unterabsatz a Absatz 2 Artikel 2 der Verordnung (EG) 1935/2004).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

klare Kriterien für Unternehmen hervorgehen (vgl. Erwägungsgrund 28 der Richtlinie 2001/95/EG). Deswegen werden im Weiteren die bereits erlassenen branchenspezifischen Leitfäden untersucht, um die Regeln der praktischen Umsetzung der Rückverfolgbarkeitspflichten zu verstehen.

4.3.2.3 Analyse der praktischen Umsetzung der Pflichten anhand von branchenspezifischen Leitfäden

Der umfangreichste Leitfaden zur Umsetzung der Rückverfolgbarkeitspflichten bzgl. der Lebensmittelverpackungen ist der Leitfaden des Joint Research Centre (JRC), der von Verbänden der Industrien, welche die Lebensmittelkontaktmaterialien produzieren, entworfen wurde (vgl. Dainelli 2006, S. 68 f.). Die Auflistung der mitwirkenden Verbände ist Anhang O zu entnehmen. Diese Verbände nehmen Bezug auf den JRC-Leitfaden in ihren eigenen Richtlinien. Auf diesen Leitfaden verweist bspw. die Branchenrichtlinie, welche von vier großen Verbänden der europäischen Lebensmittelverpackungskette für Papier- und Kartonprodukte (European Council of Chemistry, Food Contact Additives (CEFIC) – Chemielieferanten; Confederation of European Paper Industries (CEPI) – Papier- und Kartonhersteller; International Confederation of Paper and Board Converters in Europe (CITPA) – Papier- und Kartonverarbeiter; Flexible Packaging Europe (FPE) – Hersteller von Mehrschichtpapier und -karton) verfasst wurde (vgl. CEFIC et al. 2012, S. 16). Ebenfalls verweist die European Carton Maker Association (ECMA) in ihrer Leitlinie zur guten Herstellungspraxis auf den JRC-Leitfaden (vgl. ECMA 2013, S. 10, 52).

Im allgemeinen Teil wird darauf hingewiesen, dass eine interne und externe Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten sind, um die gesetzlichen Rückverfolgbarkeitsvorgaben der Verordnung (EG) 1935/2004 zu erfüllen (hier und im Folgenden Joint Research Centre 2006, S. 5). Um die interne Rückverfolgbarkeit sicherzustellen, sollen Qualitätsmanagementsysteme nach ISO 9000ff., guter Herstellungspraxis oder vergleichbaren Standards realisiert werden.

Um die Rückverfolgbarkeit zwischen den Stufen der Supply Chain zu ermöglichen, müssen der Lieferung mit Vorprodukten Informationen wie Name des Lieferanten, Typ des Materials, Produktionsort, Datum, Chargennummer, Produktionsschicht, Bestellnummer sowie Analysedokumente beigefügt werden (vgl. Dainelli 2006, S. 73). Diese Informationen werden entweder auf die Behälter mit Ausgangsstoffen gedruckt oder auf Etiketten, Barcodes bzw. in den Begleitpapieren angegeben (hier und im Folgenden Joint Research Centre 2006, S. 6). Der Kunde muss zudem Analysen durchführen, um die Eignung der Ausgangsstoffe für den geplanten Zweck zu bestätigen, z. B. Audits nach der ISO-Norm 9000ff. Um Informationsbrüche zu vermeiden, müssen gemäß JRC-Leitfaden die Material begleitenden Informationsflüsse von jedem Unternehmen der Supply Chain realisiert werden (vgl. Dainelli 2007, S. 75; Joint Research Centre 2006, S. 7). Idealerweise werden alle Unternehmen der Supply Chain nach einem einheitlichen Qualitätsstandard, bspw. ISO 9000ff.[55], zertifiziert, was die Rückverfolgbarkeit bei jeder Stufe und entlang der gesamten Supply Chain garantiert (hier und im Folgenden Joint Research Centre 2006, S. 7). Der Einsatz von gleichen

[55] Die Normreihe ISO 9000ff. umfasst Anforderungen an die Sicherung der Produktqualität und Leitlinien für Qualitätsmanagement (vgl. Hoyle 2001, S. 2). Zu dieser Normenreihe gehören: Norm 9000 – Grundlagen und Definitionen, Norm 9001 – Anforderungen an Qualitätsmanagementsysteme während des gesamten Produktlebenszyklus und Norm 9004 – Hilfe für die praktische Realisierung der Normenreihe. Eine der Produktcharakteristiken ist die Rückverfolgbarkeit und die dafür erforderliche Identifikation (vgl. Hoyle 2001, S. 29).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Identifikationsregeln wird in dieser Situation sichergestellt. In der Praxis bestehen die Supply Chains aus zertifizierten und nicht zertifizierten Unternehmen. Deswegen muss in der Supply Chain ein Grundkonzept eingeführt werden, welches den Kern des Rückverfolgbarkeitssystems darstellt. Besonders wichtig ist dabei die Rolle der zertifizierten Unternehmen, welche ihre Lieferanten zu kontrollieren und sicherzugehen haben, dass die Produkte der Lieferanten entsprechend gekennzeichnet sind. Weiterhin wird im Leitfaden darauf hingewiesen, dass bei dem Lebensmittelhersteller die Verknüpfung zwischen Informationen über Verpackung und abgepackte Lebensmittel hergestellt werden soll.

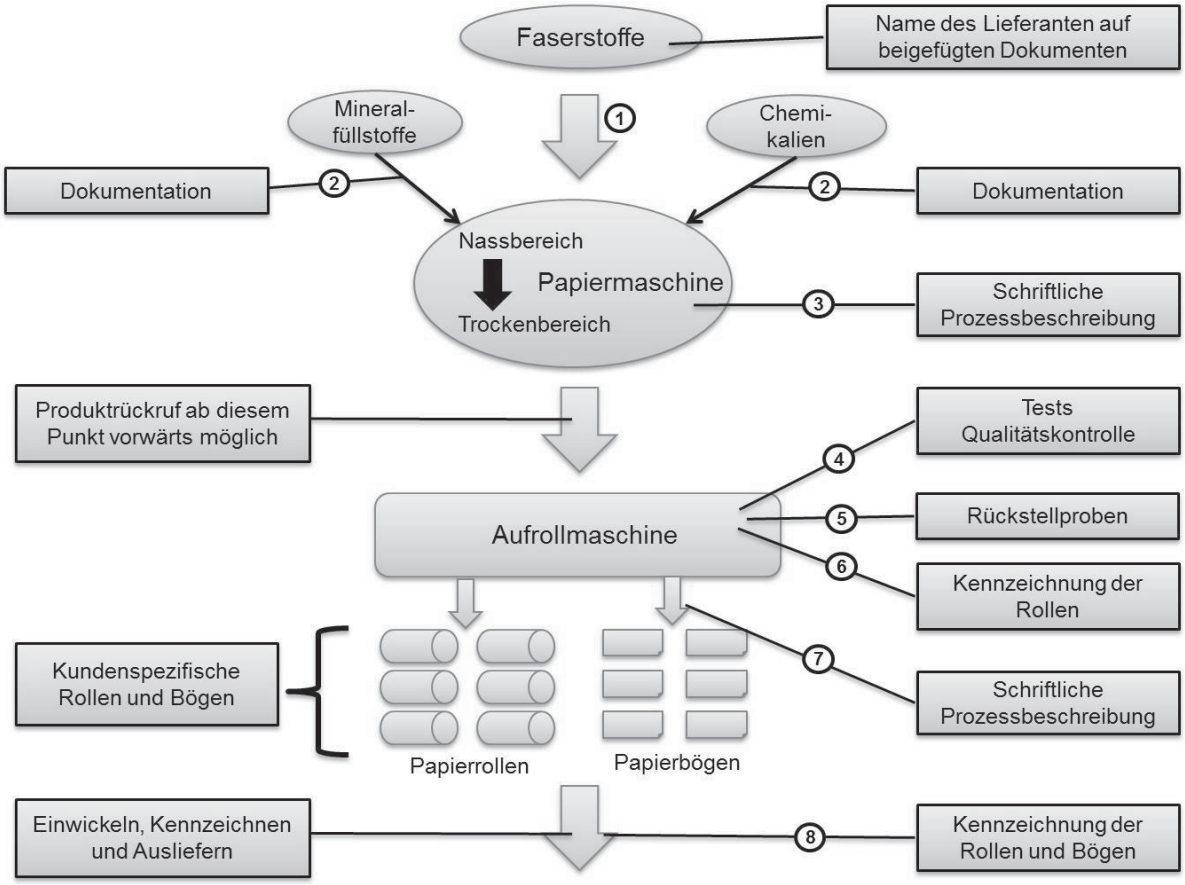


Abbildung 4-15: Papierherstellungsschritte mit Rückverfolgbarkeitsanweisungen[56]

Neben den allgemeinen Ausführungen im JRC-Leitfaden sind konkrete Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Rückverfolgbarkeit von acht verschiedenen Lebensmittelkontaktmaterialien zu finden. Eine dieser acht im JRC-Leitfaden aufgeführten praxisorientierten Rückverfolgbarkeitsrichtlinien bezieht sich auf Verpackungen aus Papier und Pappe (hier und im Folgenden Joint Research Centre 2006, S. 68 f.). Dieser Leitfaden umfasst den Teil der Supply Chain von der Papierfabrik bis zum Eingang der Verpackungen beim Lebensmittelhersteller (s. Abbildung 4-14). Faserstoffe zur Papierherstellung sowie Zusatzstoffe, die in nachfolgenden Prozessen verwendet werden, sind in diesem Leitfaden nicht Materialien und Gegenstände im Sinne der Verordnung (EG) 1935/2004, welche für die Hersteller von Lebensmittelverpackungsmaterialien bindend ist. Allerdings kann es für

[56] Vgl. Joint Research Centre 2006, S. 73.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Hersteller vom Vorteil sein, diese Materialien rückverfolgbar zu machen, um wirtschaftliche oder rechtliche Verantwortung schnell festzustellen.

Im Leitfaden wird darauf hingewiesen, dass Tausende von Methoden existieren, um Papier, Pappe und Karton zu verarbeiten. Deswegen werden Flussdiagramme von Produktionsschritten mit zugehörigen Anweisungen bzgl. der Rückverfolgbarkeit für vier besonders gängige papierbasierte Verpackungen (Kartons für flüssige Lebensmittel, Wellpappe-Boxen, Papier für Heißfiltration und Faltschachtel aus Karton) dargestellt. Zudem wurden in einem Flussdiagramm die verschiedenen Produktionsschritte in der Papierfabrik von Fasern bis zu Papierrollen oder Papierbögen dargestellt. Abbildung 4-15 zeigt das Flussdiagramm für die Herstellung von Papierrollen. Die zugehörigen Anweisungen werden in Tabelle 4-17 beschrieben.

Nr. der Anweisung	Beschreibung der Anweisung
1	Faserstoffe kommen bei der Papierfabrik als Rohstoff an. Der Name des Lieferanten muss aus produktbegleitenden Dokumenten hervorgehen. Die weiteren Informationen sind Typ des Materials, Produktionsort, Datum, Chargennummer, Produktionsschicht, Bestellnummer sowie Analysedokumente.
2	Den einzelnen Chargen von Hilfsstoffen wie Chemikalien oder Mineralfüllstoffe müssen anhand von produktbegleitenden Dokumenten eine Chargennummer, der Lieferantenname, die Auftragsnummer des Papierherstellers sowie das Lieferdatum zugeordnet werden.
3	Die Herstellungsprozesse in der Papiermaschine werden detailliert und zeitgenau protokoliert, um alle relevanten Produktionsschritte aufzuzeichnen. Produktionszeiten werden einzelne Chargennummern von Roh- und Hilfsstoffen sowie dem Endprodukt Papierrolle oder -bogen zugeordnet.
4	Die Qualität des fertigen Papiers wird getestet. Die Qualitätskontrolle wird dokumentiert und enthält Daten wie Zeitpunkt der Produktion oder Testergebnisse.
5	Aus jeder Papiermaschine werden Rückstellproben entnommen. Diese werden für einen angemessenen Zeitraum aufbewahrt. Der Zeitraum orientiert sich am Lebenszyklus der Verpackung. Untersuchungen der Proben ermöglichen eine Identifizierung und Isolierung von schadhaftem Material.
6	Die gewickelten Papierrollen werden fortlaufend nummeriert und verbinden somit Roh- und Hilfsstoffe mit Kundenauftragsnummern.
7	Die großen Rollen werden evtl. in kleinere Rollen oder Bögen geschnitten. Ein Zeitprotokoll, welches die Nummer der Schneidemaschine und die Herkunft der geschnittenen Rolle erfasst, zeichnet den Vorgang auf und teilt den Rollen oder Bögen eine eindeutige Nummer zu.
8	Alle hergestellten Rollen oder Bögen sind nun eindeutig mit einer Nummer und den Namen der Lieferanten markiert. Zudem können diese Informationen um die Auftragsnummer und Chargennummer ergänzt werden. Dazu werden in der Regel Barcodesysteme verwendet. Außerdem enthalten die begleitenden Dokumente Informationen wie Anzahl, das Gewicht und/oder die Länge der Rollen oder Bögen und den Kundennamen.

Tabelle 4-17: Beschreibung der Rückverfolgbarkeitsanweisungen für eine Papierfabrik[57]

Die Weiterverarbeitung von Papierrollen erfolgt bei dem Verpackungshersteller. Im Weiteren wird bspw. die Herstellung der Wellpappenverpackungen mit Rückverfolgbarkeitsanweisungen dargestellt (s. Abbildung 4-16 und Tabelle 4-18).

[57] Vgl. Joint Research Centre, 2006, S. 73.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

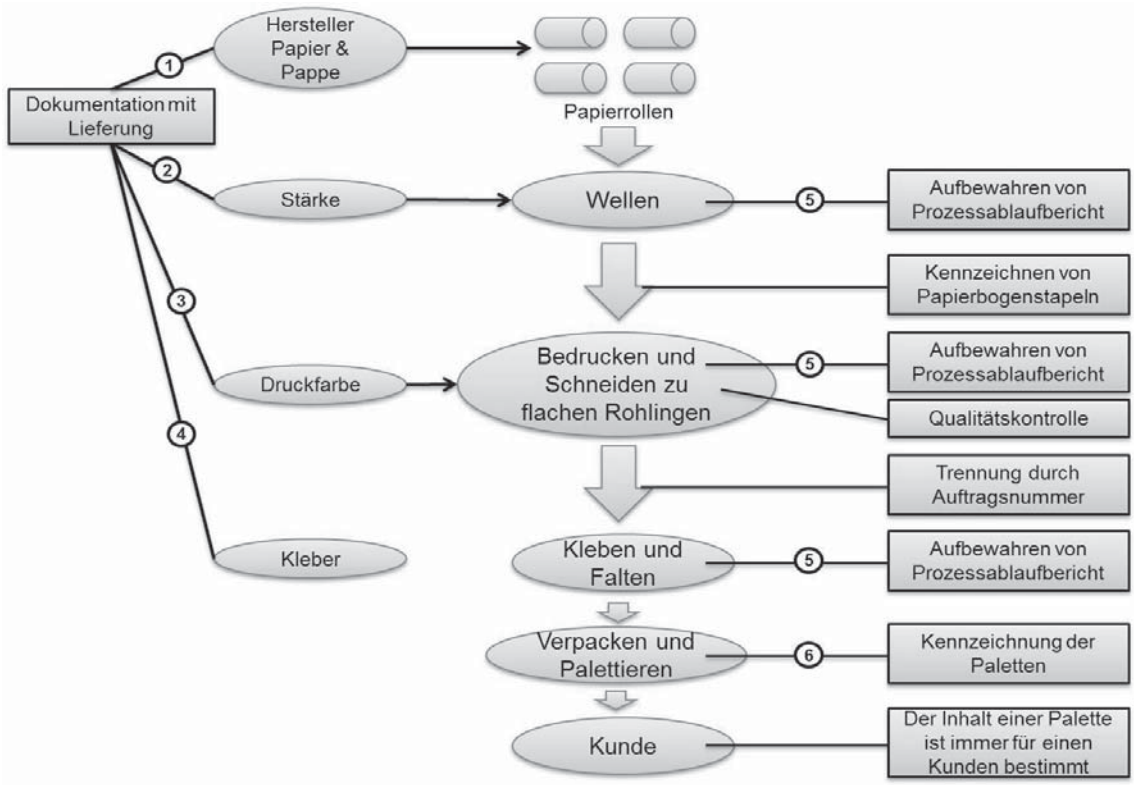


Abbildung 4-16: Herstellungsschritte der Wellpappenverpackung mit Rückverfolgbarkeitsanweisungen[58]

Nr. der Anweisung	Beschreibung der Anweisung
1	Die ankommenden Papierrollen sollen mit dem Namen des Herstellers und der Rollennummer gekennzeichnet werden.
2	Stärke wird in Tankwagen angeliefert. Lieferantenname, Chargennummer und Lieferdatum der Stärke werden gespeichert.
3	Druckfarbe wird normalerweise in 200-Liter-Fässern angeliefert. Auf diesen stehen der Lieferantenname und die Chargennummer. Die Chargennummer bleibt auf den Fässern stehen und wird immer dann aufgezeichnet, wenn die Fässer für einen bestimmten Auftrag benötigt werden.
4	Leim wird normalerweise in gestapelten Schüttgutcontainern geliefert. Lieferantenname, Chargennummer und Lieferdatum werden aufgezeichnet.
5	Während des Produktionsprozesses wird ein Zeitprotokoll erstellt. Dieses verbindet Auftragsnummern mit allen Produktionsvariablen und in die Produktion eingehenden Materialchargen. Die Aufbewahrungsfirst dieser Protokolle entspricht der Lebensdauer des Produkts.
6	Zuletzt werden Paletten mit Produktionsdetails, Auftragsnummer, Kunde und Herstellungsdatum gekennzeichnet. Diese Informationen werden außerdem auf einen beigefügten Lieferschein für den Kunden kopiert.

Tabelle 4-18: Beschreibung der Rückverfolgbarkeitsanweisungen für Wellpappenverpackungshersteller[59]

Mit den Anweisungen in Tabelle 4-17 und Tabelle 4-18 wurden die fachlichen Anforderungen an Rückverfolgbarkeitssysteme festgelegt. Die technischen Anforderungen wurden nicht näher spezifiziert. Zudem fokussiert sich der JRC-Leitfaden auf die internen Herstellungsprozesse, was dazu

[58] Vgl. Joint Research Centre 2006, S. 73.

[59] Vgl. Joint Research Centre 2006, S. 75.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

führt, dass es unklar bleibt, wie die externe Kommunikation ablaufen sollte. Auf diese Frage geht die Richtlinie des Verbandes Vollpappe-Kartonage (VVK) ein. Der VVK-Leitfaden weist darauf hin, dass die Identifikation „der eigenen Produkte, der Vorprodukte, der Versandeinheiten und der Produktionsstandorte zu gewährleisten“ sei und über die weltweit gültigen Nummernsysteme der Global Standards One (GS1)-Organisation erfolgen sollte (vgl. VVK 2006, S. 3 und 7). Die GS1-Organisation ist eine Non-Profit-Organisation, welche Unternehmen bei der Umsetzung von Kommunikations- und Prozessstandards in der Praxis unterstützt (vgl. GS1 2009a, S. 3). Fast 1,3 Millionen Unternehmen nutzen bereits GS1-Nummernsysteme (vgl. GS1 2014a, S. 24). Die folgenden GS1-Nummernsysteme kommen nach VVK-Empfehlungen zum Einsatz: Internationale Artikelnummer (Global Trade Item Number (GTIN), früher European Article Number (EAN)) für die Identifikation von Artikeln und Dienstleistungen; Globale Lokationsnummern (Global Location Number (GLN) früher International Location Number (ILN)) für die Identifikation von physischen Lokationen wie Unternehmen; Nummer der Versandeinheit (NVE oder Serial Shipping Container Code (SSCC)) für die Identifikation der Lieferungen (vgl. VVK 2006,S. 6).

Zum Zweck der Weitergabe relevanter Informationen zur Rückverfolgung entlang der Supply Chain wird empfohlen, den GS1-128-Logistikstandard oder -Transportetikett zu verwenden (vgl. VVK 2006, S. 6). Die NVE/SSCC auf dem GS1-Transportetikett kann weltweit diese Versandeinheit eindeutig identifizieren. Diese Nummer ist in den elektronischen Datenaustauschstandards EAN Communication (EANCOM®) darstellbar und kann somit automatisch erfasst und elektronisch übertragen werden (vgl. GS1 2013, S. 2). Mit EANCOM können alle zwischen den Geschäftspartnern anfallenden Prozesse (Bestellung und Bestellbestätigung, Lieferavis, Wareneingangsmeldung, elektronische Rechnung) abgebildet werden (hier und im Folgenden VVK 2006, S. 6). Die Nachrichtenart Despatch advice message (DESADV: Lieferavis) erleichtert u. a. beispielsweise die Beschreibung von Mischpaletten: Hier werden Detailinformationen übermittelt; dabei dient die SSCC der Palette als Zugriffsschlüssel für die elektronisch avisierten Daten.

Neben den branchenübergreifenden Empfehlungen zur Nutzung von GS1-Standard wurden auch branchenspezifische Empfehlungen vereinbart. So ist die GLN Voraussetzung für die Vergabe von Artikelnummern, Nummern für Versandeinheiten oder Dienstleistungen (hier und im Folgenden GS1 o. Jg.a). Es besteht die Möglichkeit, die GLN als Basisnummer in der Länge von 7 bis 9 Stellen zu beantragen. Je kürzer die Basisnummer ist, desto mehr Nummernkapazität steht zur Verfügung. Aufgrund des hohen Nummernbedarfes empfiehlt der VVK, die Basisnummer in der Länge von sieben Stellen zu wählen (hier und im Folgenden VVK 2006, S. 7 f.). Um den Rückschluss auf kleinere Einheiten zu bieten, empfiehlt der VVK, die flexible serielle Nummer für die Angaben zur Chargennummer und seriellen Palettennummer zu verwenden (s. Tabelle 4-19).

Reserve-ziffer	Basisnummer (GS1 Company Prefix)	Serielle Nummer		Prüfziffer
		Charge	Serielle Palettennummer	
X_1	$X_2\ X_3\ X_4\ X_5\ X_6\ X_7\ X_8$	$X_9\ X_{10}\ X_{11}\ X_{12}\ X_{13}\ X_{14}$	$X_{15}\ X_{16}\ X_{17}$	X_{18}

Tabelle 4-19: Struktur der SSCC-Nummer nach VVK[60]

[60] Vgl. VVK 2006, S. 8.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Eine weitere Empfehlung bezieht sich auf die Datenelemente, die auf dem Transportetikett neben der SSCC-Nummer zu platzieren sind (s. Tabelle 4-20).

Datenbezeichner	Dateninhalt
00	Nummer der Versandeinheit
02	GTIN der enthaltenen Einheit
37	Anzahl der enthaltenen Einheiten
11	Produktionsdatum
10	Charge
241	Kundenteilenummer (nur als Übergangslösung bis zur Umstellung auf GLN)
400	Warenbestellnummer (nur als Übergangslösung bis zur Umstellung auf GTIN)

Tabelle 4-20: Datenelemente des Transportetiketts[61]

Die Größe des Transportetiketts hängt von der Menge der abzubildenden Daten ab (hier und im Folgenden VVK 2006, S. 8 f.). Der VVK empfiehlt die folgenden Vorgaben zu beachten: Die Breite des Etiketts sollte 105 mm betragen, und die Höhe kann bei Bedarf variieren. Somit wird die Kompatibilität der Formate A6 (105 x 148 mm) und A7 (105 x 74 mm) erreicht. Da die Menge der zu verschlüsselnden Informationen hoch ist, ist es deshalb möglich, auch die Breite 210 mm (abgeleitet vom A4 Format 210 x 296 mm) zu verwenden.

Obwohl die VVK-Empfehlungen primär für die Hersteller für Vollpappe-Verpackungen gedacht sind, wurde bei ihrer Ausarbeitung der Fokus auf die Besonderheiten der papierbasierten Verpackungen gelegt. Somit bieten die Empfehlungen zur Anwendung der GS1-Standards auch für Nichtmitglieder des Verbandes ein großes Ergänzungspotenzial zum JRC-Leitfaden.

4.3.2.4 Ableiten von Anforderungen an Tracking & Tracing-Systeme

Die Zusammenführung von JRC-Leitfaden und VVK-Richtlinie stellt die Empfehlungen zur Umsetzung der internen und externen Rückverfolgbarkeit von der Papierherstellung bis zum Eingang der Verpackungen bei dem Lebensmittelhersteller zur Verfügung. Aber sogar in diesem Fall gibt es immer noch Lücken und Schwachstellen, die im Wege der Rückverfolgbarkeitsumsetzung vom Forstbetrieb bis zum Endverbraucher stehen. Die vorhandenen Lücken und Herausforderungen können anhand der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen betrachtet werden (s. Abbildung 4-17):

- Der JRC-Leitfaden stellt die Empfehlungen beginnend mit der Papierherstellung bereit. Somit gibt es keine Empfehlungen für die ersten Schritte der Wertschöpfung: Forstbetrieb-Sägewerke-Holzstoff/Zellstoffherstellung. An dieser Stelle ist anzumerken, dass dieser Teil der Supply Chain durch die besonderen Charakteristiken wie Einsatz von Stückgütern (Industrieholz) und Schüttgütern (Sägenebenprodukte) sowie die Kombination von kontinuierlichen und diskontinuierlichen Prozessen gekennzeichnet ist. Deswegen ist es von großem Interesse, die Empfehlungen zur Umsetzung der Rückverfolgbarkeit in diesem Teil der Supply Chain herauszuarbeiten **(Anforderung A);**

[61] Vgl. VVK 2006, S. 7.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

- Es fehlen auch Empfehlungen bzgl. der Sekundärfasern. Es wird nicht berücksichtigt, dass die Gewinnung von Sekundärfasern mehrere Prozessschritte durchläuft. Den Ausgangpunkt stellt die Sammlung und Sortierung des Altpapiers dar. Erst danach kommt die Aufbereitung. Ausgerechnet der Aufbereitungsprozess kann für die Migration von Schadstoffen verantwortlich sein. Das Wissen über die verwendeten Methoden und Chemikalien kann dabei helfen, das Risikopotenzial einzustufen. Die Herausarbeitung der Empfehlungen für die Rückverfolgbarkeit von Sekundärfasern stellt somit eine akute und wichtige Aufgabe dar **(Anforderung B)**;
- Die Rückverfolgbarkeit von Lebensmittelverpackungen ist eine Ergänzung zur Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln. Die Integration der Rückverfolgbarkeitssysteme von Verpackungsherstellern und Lebensmittelherstellern ermöglicht es nicht nur, die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen, sondern auch die wirtschaftlichen Potenziale zu erschließen. So können die Lebensmittelhersteller die Informationen den Konsumenten zur Verfügung stellen (ähnlich zu PIS bei Möbelherstellern s. Unterkapitel 4.2.1), wobei die Lebensmittelinformationen um Informationen über Verpackungen ergänzt werden. Das Vorhandensein von Rückverfolgbarkeitsinformationen kann auch dabei helfen, die Supply Chain-Partnerschaftsstrategien zwischen Verpackungs- und Lebensmittelherstellern zu realisieren, mit dem Ziel, die Kosten zu reduzieren und Durchlaufzeiten zu verkürzen (s. Unterkapitel 3.2.2). Deswegen ist es von Interesse, die Empfehlungen für die Integration von beiden Rückverfolgbarkeitssystemen auszuarbeiten **(Anforderung C).**

Die Zusammenführung von Empfehlungen auf Basis der Anforderungen A-C und des JRC-Leitfadens und der VVK-Richtlinie hat zum Ziel, die lückenlose Rückverfolgbarkeit entlang der gesamten Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen umzusetzen, um das Konsumentenvertrauen zu fördern und den Verbraucherschutz zu erhöhen.

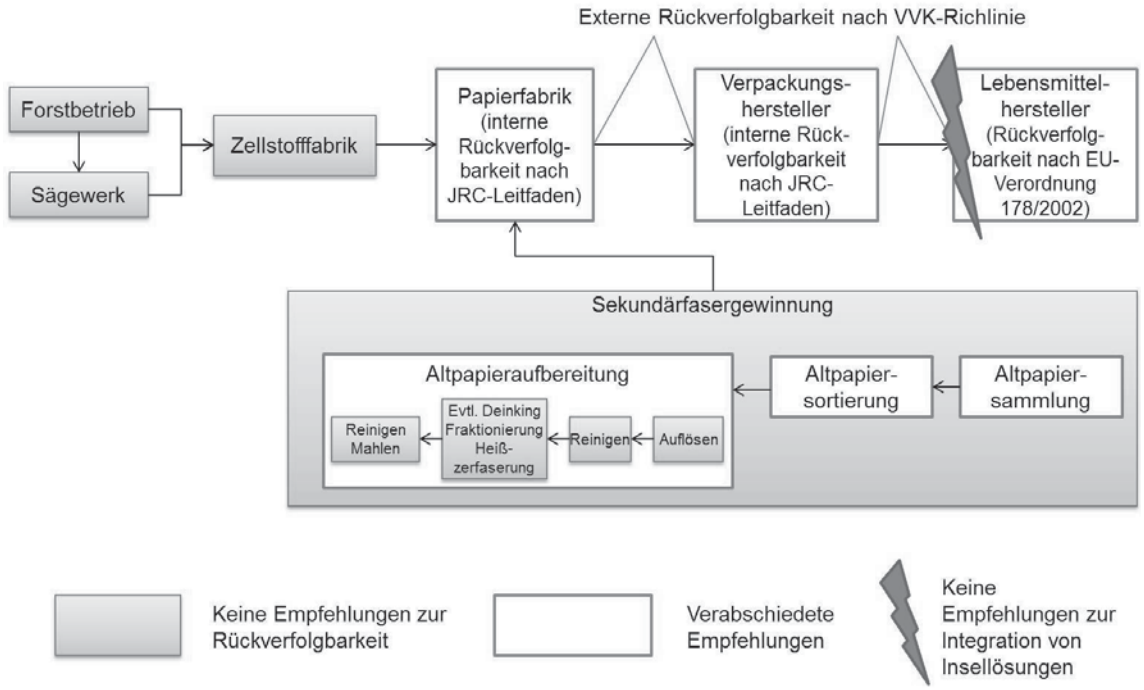


Abbildung 4-17: Verteilung der Empfehlungen zur Umsetzung der Rückverfolgbarkeit entlang der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

4.4 Zusammenfassung der Anforderungen

Um die identifizierten Schwachstellen der praktischen Umsetzung der CoC-Zertifizierung zu beseitigen, wurde vorgeschlagen, ein integriertes T & T-System zu entwickeln, welches auf einer Vier-Schichten-Systemarchitektur basiert (s. Unterkapitel 4.1.3). Auf der Infrastrukturebene sollten Auto-ID-Methoden implementiert werden. Die Integrationsebene sollte u. a. die Verknüpfung der Daten über Input und Output ermöglichen. Auf der Kommunikationsebene sollte ermöglicht werden, die Informationen aus einer Datenbank Unternehmen entlang der Supply Chain sowie Konsumenten zur Verfügung zu stellen. Somit fokussieren die abgeleiteten Anforderungen darauf, wie ein T & T-System implementiert werden muss. Die in der Abbildung 4-3 visualisierte Vier-Schichten-Systemarchitektur wurde bewusst auf einem hohen Abstraktionsniveau modelliert. Somit kann diese Systemarchitektur als Grundgerüst für die Umsetzung der integrierten T & T-Systeme verstanden werden. Die konkreten Ausprägungen der Vier-Schichten-Systemarchitektur hängen von fachlichen Anforderungen sowie Besonderheiten der darunter liegenden Supply Chains einschließlich Herstellungsprozessen mit zugehörigen Materialflüssen und Organisationsstrukturen ab.

Um die Spezifikation zu vereinfachen, wird auf die Kernbereiche der T & T-Systeme zurückgegriffen. In Abbildung 2-9 wurden die Fragen dargestellt, die bei der Konzipierung jedes T & T-Systems zu klären sind. Die dort angesprochenen Fragen können jetzt auf die Vier-Schichten-Systemarchitektur übertragen werden. Die Fragen aus dem Kernbereich „Identifikation“ und „Datenerfassung“ sind während der Umsetzung der Infrastrukturebene zu klären. Die Integrationsebene umfasst dabei die Fragen aus den Kernbereichen „Datenaufzeichnung“ und „Datenverknüpfung“. Die „Kommunikation“-bezogenen Fragen sind bei der Spezifikation der Kommunikationsebene zu klären. Die Applikationsebene bezieht sich auf Systeme, die mit T & T-Daten arbeiten und stellt somit die erweiterten Funktionalitäten der eigentlichen Kernbereiche von T & T-Systemen dar. Die Vier-Schichten-Systemarchitektur mit zu klärenden Fragen bezogen auf die jeweilige Stufe ist Abbildung 4-18 zu entnehmen.

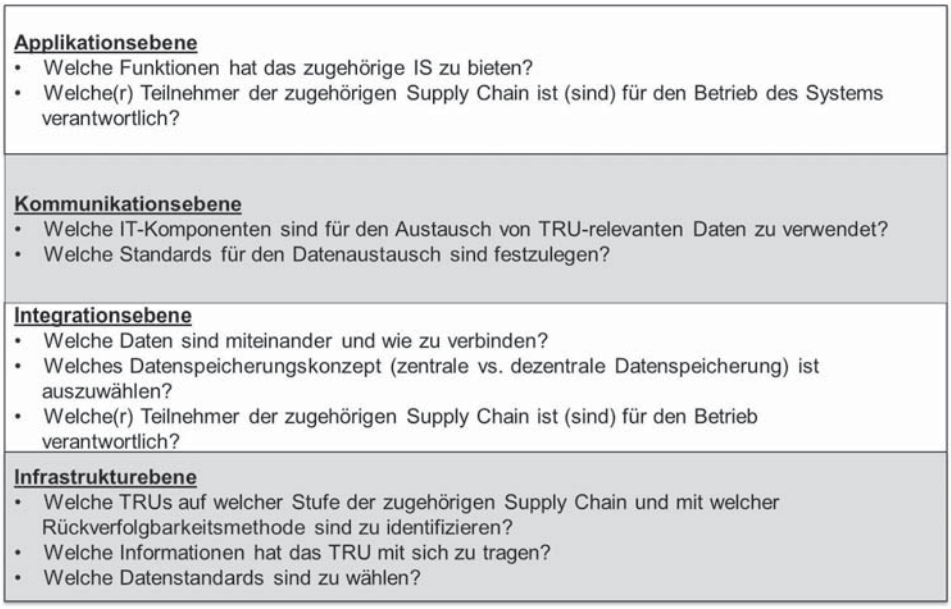


Abbildung 4-18: Vier-Schichten-Systemarchitektur mit Fragen, die während der Umsetzung der integrierten T & T-Systeme zu klären sind

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die fachlichen Anforderungen für jede Potenzialrichtung wurden in vorherigen Abschnitten des Kapitels abgeleitet. Um sie technisch umzusetzen, muss für jede Situation die Spezifikation der Vier-Schichten-Systemarchitektur anhand der in Abbildung 4-18 visualisierten Fragen durchgeführt werden. Die Zusammenfassung der Anforderungen ist Abbildung 4-19 zu entnehmen.

Den Startpunkt für die im folgenden Kapitel durchzuführende Konzeption stellt die Befriedigung der Konsumentenanforderungen bzgl. der Produktinformationen am Beispiel Holzmöbel dar. Da die CoC-Zertifizierung auch ein Instrument für die Erhöhung des Konsumentenvertrauens in Holzprodukte ist, wird nach der Konzeption untersucht, welche Anpassungen erforderlich sind, um auch die Schwachstellen der CoC-Zertifizierung zu eliminieren. Somit wird am Beispiel der T & T-Systeme in der Supply Chain für Holzmöbel sowohl die Befriedigung der Konsumentenbedürfnisse nach Produktinformationen als auch die Verbesserung der praktischen Umsetzung der CoC-Zertifizierung untersucht.

Im nächsten Schritt wird ein T & T-System in der Rundholz-Supply Chain zum Zweck der Reduktion von Beschaffungsunsicherheiten analysiert. Das bereits konzipierte T & T-System in der Supply Chain für Holzmöbel ist das Grundgerüst, das ausgehend von den fachlichen Anforderungen und Besonderheiten der Rundholz-Supply Chain entsprechend anzupassen ist. Durch iteratives Vorgehen sollen Doppelentwicklungen vermieden sowie die sukzessive Ausarbeitung der Modelle erreicht werden.

Die gleiche Vorgehensweise gilt für T & T-Systeme in Supply Chains für papierbasierte Lebensmittelverpackungen zum Zweck der Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben. Auch hier werden die bereits gewonnenen Erkenntnisse wiederverwendet.

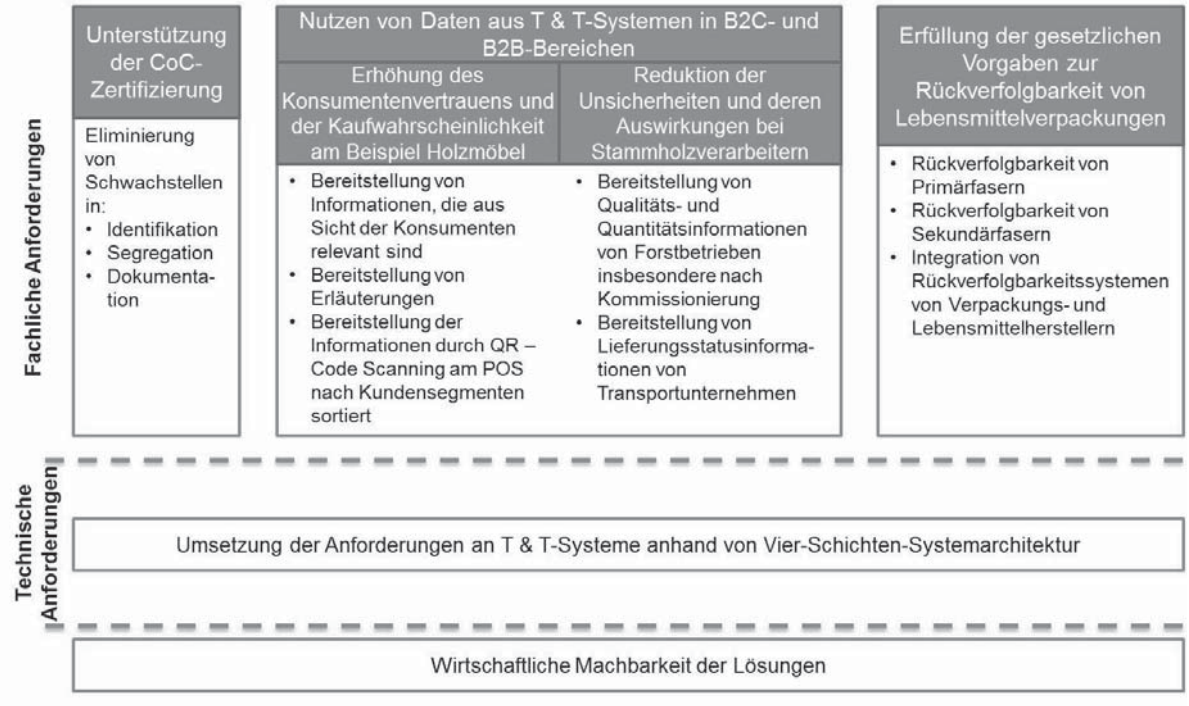


Abbildung 4-19: Zusammenfassung der Anforderungen an T & T-Systeme

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

5 Konzeption von Tracking & Tracing-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten nachwachsenden Rohstoffen

In diesem Kapitel wird auf Basis der in Kapitel 4 durchgeführten Anforderungsanalyse die Konzeption der Lösungen durchgeführt, um Handlungsanleitungen zur Konstruktion und zum Betrieb dieser Systeme herauszuarbeiten. Während der Konzeption werden die T & T-System-Artefakte in Form von Modellen ausgearbeitet, wobei es das Anliegen eines Modells ist, die Vielfalt von real existierenden Merkmalen, Inhalten und Verhaltensmustern für die zu untersuchenden Objekte überschaubar zu machen, zu vereinfachen und zu ordnen. Ein Modell ist folglich ein Mittel der Komplexitätsreduktion (vgl. Schanz 2000, S. 57) und somit der Abstraktion und Repräsentation (vgl. Offermann et al. 2009, S. 3). In Design Science stellen die Modelle Situationen als Probleme und Lösungsansätze dar (vgl. March/Smith 1995, S. 256). Im Mittelpunkt der Konzeption stehen die Referenzmodelle, welche in deskriptiver Sicht die Gemeinsamkeiten einer Klasse von Modellen beschreiben und in präskriptiver Sicht einen Vorschlag darstellen, wie eine Klasse von Modellen ausgestaltet sein kann (vgl. Fettke/vom Brocke 2013). Die Modelle stellen dabei die Spezifikationen der in Abbildung 4-18 dargestellten Vier-Schichten-Systemarchitektur dar, insbesondere im Hinblick auf Datenerfassung und -austausch entlang der ausgewählten Abschnitte des Wertschöpfungsnetzwerkes für die Lignocellulose-basierten NawaRo. Neben der Entwicklung von T & T-Systemlösungen werden auch die Modelle ausgearbeitet, welche eine Wirtschaftlichkeitsanalyse der konzipierten Lösungen ermöglichen. Es wird die ex ante-Evaluation der konzipierten Lösungen vor deren Einsatz anhand von zu identifizierenden Anforderungen durchgeführt. Zudem wird auch die wirtschaftliche Machbarkeit der Lösungen untersucht. Zum einen ist die wirtschaftliche Machbarkeit die wichtigste Rahmenbedingung für die Implementierung der Lösung in den von KMU geprägten Supply Chains. Zum anderen ist nach den „Grundsätzen ordnungsmäßiger Modellierung II“ von SCHÜTTE (1998) der Grundsatz der Wirtschaftlichkeit ein wichtiges Evaluationskriterium für die Lösung, gemäß welchem die Modellkonstruktionen dem Prinzip der Wirtschaftlichkeit unterworfen werden (vgl. Fettke 2006b, S. 36).

Die Unternehmen verfolgen unterschiedliche Ziele bei der Umsetzung der T & T-Systeme: Während die Endwarenhersteller ihren Schwerpunkt auf die Befriedigung der Konsumentenwünsche legen können, wollen die Halbwarenhersteller die Beschaffungsunsicherheiten reduzieren. Im Gegensatz dazu sind bei Forstbetrieben die Holzverluste zu reduzieren und die CoC-Zertifizierung zu verbessern, um die Investitionen in die nachhaltige Waldbewirtschaftung zu schützen. Um am Ende des Kapitels ein T & T-System abzuleiten, welches zur Erschließung von verschiedenen Potenzialen einsetzbar ist, wird wie folgt vorgegangen: Zuerst erfolgt die Konzeption der T & T-Systemlösungen für die Bereitstellung von Produktinformationen für die Konsumenten am Beispiel Holzmöbel (Kapitel 5.1)[62]. In diesem Kapitel wird untersucht, wie T & T-Systeme zur Erschließung von B2C-Effekten zu konzipieren sind. In nachfolgenden Unterkapiteln wird analysiert, welche Änderungen an bereits vorgeschlagenen Lösungen vorzunehmen sind, um die weiteren Ziele der Teilnehmer der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo zu

[62] Dieses Unterkapitel basiert auf APPELHANZ ET AL. (2016) und ist teilweise daraus entnommen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

erschließen. In Kapitel 5.2 wird die Erweiterung der vorher vorgeschlagenen Systemlösung vorgenommen, um die Schwachstellen der praktischen CoC-Umsetzung mit T & T-Systemen zu beseitigen. Dies erfolgt auch am Beispiel der Supply Chain für Holzmöbel. Kapitel 5.3 widmet sich der T & T-System-basierten Befriedigung der Informationsbedürfnisse von Stammholzverarbeitern. Dabei werden detailliert die B2B-Effekte in einem Teil der Supply Chain für Holzmöbel untersucht. Die T & T-System-gestützte Umsetzung der Rückverfolgbarkeit von papierbasierten Lebensmittelverpackungen erfolgt in Kapitel 5.4. Im Gegensatz zu vorherigen Abschnitten wird in Kapitel 5.4 untersucht, wie groß der Änderungsbedarf ist, wenn die herausgearbeiteten Lösungen in einem anderem Einsatzfeld – der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen – umgesetzt werden. Durch dieses sukzessive Vorgehen wird die Aggregation der Modelle bzw. die Ableitung eines T & T-Systems ermöglicht (Kapitel 5.5). Dies sollte sicherstellen, dass in einem Unternehmen des Wertschöpfungsnetzwerkes nur ein T & T-System zur Erschließung von mehreren Potenzialen einzusetzen ist.

5.1 Tracking & Tracing-Systeme für die Bereitstellung der Produktinformationen am Beispiel Holzmöbel

In diesem Abschnitt wird die T & T-System-basierte Lösung für die Befriedigung der Konsumentenanforderungen nach Produktinformationen konzipiert. Die Konzeption des Systems erfolgt in Unterkapitel 5.1.1. Der Ausarbeitung des Kosten-Nutzen-Modells zum Zweck der Analyse der wirtschaftlichen Machbarkeit der im vorherigen Abschnitt vorgeschlagenen Lösung widmet sich Unterkapitel 5.1.2. Anschließend wird über die herausgearbeitete Lösung zum Zweck der Evaluation diskutiert (Unterkapitel 5.1.3). Dafür werden die Erfüllung der Anforderungen analysiert, die getroffenen Annahmen besprochen sowie sich mit den Herausforderungen im Wege der Lösungsumsetzung auseinandergesetzt.

5.1.1 Informatisierung der Supply Chain für Holzmöbel

In Kapitel 4.2.1.2 wurde bereits das zu untersuchende Produktspektrum festgelegt und begründet. Dabei wurde die Auswahl zu Gunsten der Bücherregale als typische Vertreter der Holzmöbel getroffen. Da zwei Varianten der Bücherregale (aus Massivholz und furnierten Spanplatten) betrachtet wurden, muss die Supply Chain für Holzmöbel sowohl die Herstellung von Massivholz- als auch Spanplatten umfassen. Aus diesem Grund wird zuerst die zu untersuchende Supply Chain dargestellt (Unterkapitel 5.1.1.1). Anschließend werden die Erfassungspunkte entlang dieser Supply Chain sowie TRUs und zugehörige Informationen, welche an diesen Punkten zu erfassen sind, definiert (Unterkapitel 5.1.1.2). Wie die Daten miteinander verknüpft werden sollen, um von Konsumenten bevorzugte Informationen bereitzustellen, wird in Unterkapitel 5.1.1.3 diskutiert. Die für die Befriedigung der Konsumentenbedürfnisse erforderliche Systemarchitektur wird in Unterkapitel 5.1.1.4 dargestellt.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

5.1.1.1 Beschreibung der Supply Chain für Holzmöbel

Die Holzmöbel-Supply Chain kann als ein Netzwerk von Unternehmen verstanden werden, welche Rohstoffe wie Rundholz liefern, diese in Halbfertigwaren wie Massivholzplatten, Furnier oder Spanplatten und anschließend zu Fertigwaren wie Holzmöbel verarbeiten und den Konsumenten durch ein Distributionssystem zur Verfügung stellen (vgl. Lee/Billingtron 1993, S. 835).

Der erste Schritt jeder Holz-Supply Chain ist die Forstwirtschaft, die verschiedene Arten von Holz für Sägewerke und Furnierhersteller bietet. Die wichtigsten Prozessschritte mit einer kurzen Beschreibung stehen in Tabelle 4-8. Die eingelieferten Holzstücke werden in den Sägewerken zu Lamellen gesägt. Nach Zuschnitt und Hobeln erfolgt eine Qualitätssortierung und bei Bedarf eine Keilverzinsung (stirnseitige Verleimung) von Lamellen, um die erforderliche Länge zu erhalten (vgl. Initiative Pro Massivholz o. Jg.). Die einzelnen Lamellen werden durch Beleimung an den Schmalflächen (einlagig) und auch an den Breitseiten (mehrlagig) mit anschließender Einwirkung von Druck und Wärme (Durchlaufverfahren) verklebt (vgl. Lohmann 2006, S. 190; Niemz 2002, S. 95). Die so erzeugte Leimholzplatte (Massivholzplatte) kann auf die erforderliche Länge gekürzt werden und stellt das Ausgangsmaterial für die Herstellung des Massivholzmöbels dar. Die Verklebung von Holz kann sowohl bei Sägewerken als auch bei Möbelherstellern durchgeführt werden. Im Weiteren wird angenommen, dass Massivholzpatten zu der Produktpalette der Sägewerke gehören, weil diese großen Wert auf die Steigerung der Wertschöpfung legen (s. Unterkapitel 2.2.1).

Die beim Sägen entstehenden Nebenprodukte werden an die Holzwerkstoffhersteller transportiert. Neben Sägenebenprodukten werden auch frisch geschlagenes Holz und Gebrauchtholz für die Herstellung von Spanplatten eingesetzt. In der Spanplattenherstellung werden die Inputstoffe zerspant und getrocknet, die erstellten Späne werden anschließend verklebt, gepresst, besäumt, geschliffen und kalibriert (vgl. Niemz/Wagenführ 2008, S. 206 ff.). Überwiegend werden Spanplatten als Flachpressplatten in Form von Mehrschichtplatten mit drei bis fünf Schichten hergestellt, wobei die äußerste Schicht (Deckschicht) fast immer aus feinem Spanmaterial besteht (vgl. VHI o. Jg.b).

Die besten Hölzer werden verwendet, um Furnier herzustellen, die anschließend auf ein Trägermaterial wie Spanplatten aufgeleimt werden. Massivholzplatten, Furniere und Spanplatten werden zu Möbelherstellern transportiert. Als wichtigste Herstellungsprozesse in der Möbelindustrie können folgende Prozesse genannt werden: Trennen (Bearbeitung mit geometrisch definierten oder undefinierten Kanten), Beschichten (mit Flüssigkeit – Malerei – und ohne Flüssigkeit – Furnierbefestigung auf Spanplatten) und Verbinden (lösbare Montage mit Hilfsmitteln wie Beschläge, Schrauben, Dübel und unlösbare Montage mit Pressen und Verleimen) (vgl. Murphey/Jorgensen 1974, S. 91 ff.). Diese Prozesse erlauben die Herstellung von sowohl Massivholzmöbeln als auch Möbeln aus Holzwerkstoffen. Das hergestellte Möbel wird an die Verbraucher durch ein Distributionssystem gebracht. Die beschriebene Supply Chain für Holzmöbel ist Abbildung 5-1 zu entnehmen. Tabelle 5-1 zeigt die Zusammenfassung der Stufen der Supply Chain mit durchzuführenden Prozessen und zugehörigen Materialflüssen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

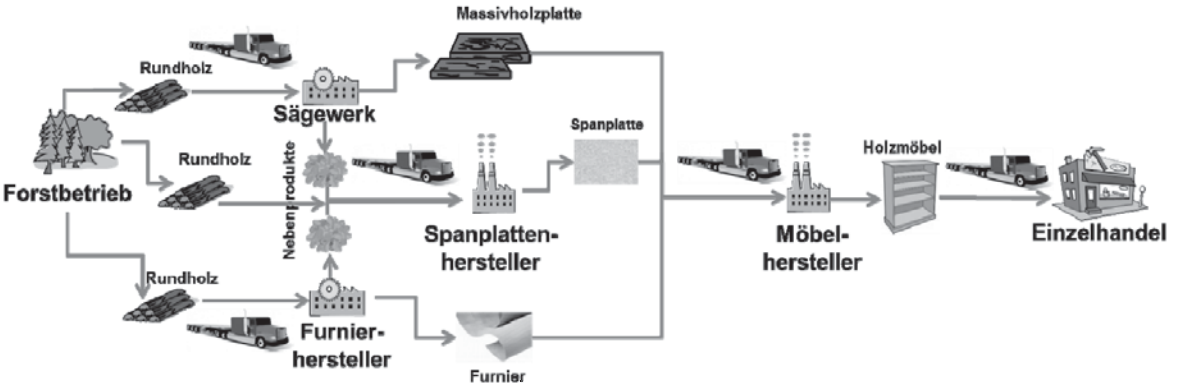


Abbildung 5-1: Supply Chain für Holzmöbel

Stufe der Supply Chain	Prozesse	Input	Output
Forstbetrieb	Einschlag, Rückung, Sortierung		Stammholzstück, Industrieholzstück
Sägewerk	Sägen und Trocknen	Holzstück	Schnitthölzer, Sägenebenprodukte
	Schneiden, Hobeln, Sortieren, Verbinden, Kleben, Kürzen	Lamelle	Massivholzplatte
Furnierhersteller	Schälen, Messern, Sägen	Holzstück	Furnierblätter
Spanplattenhersteller	Zerkleinern und Sortieren	Holzstämme und Gebrauchtholz	Holzspäne
	Kleben, Pressen, Kalibrieren	Hackschnitzel, Sägenebenprodukte	Spanplatten
Möbelhersteller	Trennen, Beschichten, Verbinden	Massivholzplatten	Massivholzmöbel
		Furnier und Spanplatten	Möbel aus furnierten Spanplatten

Tabelle 5-1: Stufen der Supply Chain für Holzmöbel mit zugehörigen Prozessen und Materialflüssen

5.1.1.2 Datenerfassung entlang der Supply Chain für Holzmöbel

Die von Konsumenten bevorzugten Informationen sind an verschiedenen Stufen der Supply Chain zu erheben. Einige Informationen wie Land, Holzart oder nachhaltige Wald-/Plantagenbewirtschaftung sind auf der ersten Stufe der Supply Chain (Forstbetrieb) zu erfassen. Im Gegensatz dazu werden die Informationsitems wie Materialzusammensetzung, Zusatzstoffe etc. erst auf nachgelagerten Stufen, insbesondere bei Möbelherstellern, erhoben (s. Tabelle 5-2).

Stufe der Supply Chain	Informationen, die auf dieser Stufe neu zu erfassen sind
Forstbetrieb	Land, nachhaltige Wald-/Plantagenbewirtschaftung, Holzart
Sägewerk	Zusatzstoffe, gesundheitliche Auswirkungen von Zusatzstoffen
Furnierhersteller	Zusammensetzung des Furniers
Spanplattenhersteller	Recyclinganteil, Materialzusammensetzung, Zusatzstoffe, gesundheitliche Auswirkungen von Zusatzstoffen
Möbelhersteller	Materialzusammensetzung, Kommentare von Produzenten, Zusatzstoffe, gesundheitliche Auswirkungen von Zusatzstoffen

Tabelle 5-2: Verteilung der zu erfassenden Informationen entlang der Supply Chain für Holzmöbel

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Um diese Informationen zu erfassen, werden im Weiteren die TRUs festgelegt sowie die entsprechenden Rückverfolgbarkeitsmethoden entlang der Supply Chain ausgewählt (Unterkapitel 5.1.1.2.1). In Abschnitt 5.1.1.2.2 werden die Datenstandards beschrieben. Die für die Erfassung der Daten erforderlichen Hardwarekomponenten werden in Unterkapitel 5.1.1.2.3 festgelegt.

5.1.1.2.1 Festlegung der Traceable Resource Units und zugehörigen Rückverfolgbarkeitsmethoden entlang der Supply Chain für Holzmöbel

Wie bereits in den Unterkapiteln 2.3.4 und 3.2.1.1 gezeigt wurde, hat der Einsatz von RFID-Transpondern ein hohes Potenzial in der holzbasierten Supply Chain. Nach Melski ermöglicht es die RFID-Technologie, „ein genaueres und aktuelleres Abbild der Realwelt in der digitalen Welt als alternative Auto-ID-Technologien“ (Melski 2009, S. 167) zu erstellen und damit einen höheren Grad der Supply Chain Visibilität zu erreichen, was eine verbesserte Informationsbasis der Entscheidungsfindung z. B. beim Kaufprozess zur Verfügung stellt. Dadurch wird bei der Auswahl der geeigneten Rückverfolgbarkeitsmethode der RFID-Einsatz präferiert, wobei die Größe der zu kennzeichnenden TRU auszuwählen ist. Aufgrund der hohen Komplexität der Supply Chain und der Kombination aus kontinuierlichen und diskontinuierlichen Materialflüssen ist es erforderlich, mehrere Methoden miteinander zu kombinieren.

Forstbetrieb

Wie Tabelle 5-1 zu entnehmen, liefert der Forstbetrieb sowohl Stammholz als auch Industrieholz. Stammholz weist dabei einen hohen Preiswert auf, bspw. beträgt der aktuelle Preis in Deutschland für eine Buche der Klasse A ca. 170 bis 200 €/Festmeter, der Klasse B ca. 73-140 €/Festmeter (vgl. Forstbetriebsgemeinschaft Kleines Wiesental w. V. 2015). Industrieholz hat eine schlechtere Qualität und somit einen niedrigeren Preis, bspw. kostet Buchenindustrieholz 49,50 €/Festmeter (vgl. Forstbetriebsgemeinschaft Kleines Wiesental w. V. 2015). Ausgehend davon haben Erhardt et al. (vgl. Ehrhardt et al. 2010, S. 49 f.) vorgeschlagen, Stammholz auf der Ebene der individuellen Holzstücke und Industrieholz auf der Ebene der Handelseinheiten – typischerweise LKW-Ladungen – mit einem RFID-Transponder zu kennzeichnen. Da die Kennzeichnung auf der Sendungsebene während der Sortierung auf dem Rundholzplatz bei dem Sägewerk und dem Spanplattenhersteller verlorengeht sowie zum Zweck der Erhöhung der Datenpräzision, wird empfohlen, die einzelnen Industrieholzstücke mit Ink-Printing-Technologie zu kennzeichnen. Eine geeignete Lösung wurde im Rahmen des Projektes „IndisputableKey“ entwickelt (s. Unterkapitel 3.2.3.2).

Die Kombination beider Technologien wird dadurch unterstützt, dass die RFID-Lesegeräte mit einem 2D-Imager ausgestattet werden (z. B. Reader Nordic ID, M3 Orange oder LogiScan), wobei ein reibungsloser Parallelbetrieb ermöglicht wird. Neben dem hohen Grad der Supply Chain-Transparenz aufgrund der Rückverfolgbarkeit auf der Itemebene ermöglicht diese Vorgehensweise die Umsetzung eines Backup-Systems, z. B. wenn Ink-Printing nicht lesbar ist. Der Einsatz von RFID-Tags auf der Ebene der Lieferungen oder Handelseinheiten ermöglicht zudem die Automatisierung des TRU-Empfangs, der Kontrolle oder der Inbetriebnahme, was zu Personaleinsparungen führt. Die lückenlose Rückverfolgbarkeit auf Artikelebene hilft auch mehrere Vorteile entlang der gesamten Supply Chain (s. Abbildung 3-3) zu erreichen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Sägewerke/Furnierhersteller

Das Schälen, Messern, Sägen von Baumstämmen führt zu Produktzustandsänderungen, was eine andere Art der Rückverfolgbarkeitsmarkierung bzw. -methode von diesem Zeitpunkt an erfordert (Re-Kennzeichnung). Dabei findet die Transformation in Form der „Teilung“ statt. Dies bedeutet, dass aus einem Holzstück mehrere Schnittbretter bzw. Furniere erstellt werden. So können aus einem Kubikmeter Stammholz ca. 1000 m² Furnier hergestellt werden (vgl. Timber Veneer Association of Australia 2012, S. 1). Somit ist ihre Zahl größer und ihr Wert kleiner ist als der Wert des Stammholzstückes, was dazu führt, dass die zum Einsatz kommende ID-Technologie nicht teuer sein darf. Zudem erfolgt die Verarbeitung von Rundholz unter kontrollierten Bedingungen (oft in Innenräumen), was bedeutet, dass die Anforderung nach der Robustheit gegenüber Umwelteinflüssen nicht mehr so kritisch ist. So wird auch hier empfohlen, die oben beschriebene Ink-Printing-Markierung zu verwenden. Dies ermöglicht die eindeutige Identifikation von Schnittbrettern entlang aller Verarbeitungsschritte wie Trocknen oder Kleben zu einer Massivholzplatte (Leimholz). Gleiches gilt für die Furnierblätter. Die Handelseinheiten werden auch hier mit RFID-Transpondern ausgestatten. Es ist zu beachten, dass die Handelseinheit von Massivholzplatten aufgrund des hohen Wertes ein Stück ist. Im Gegensatz dazu werden Furniere in Paketen (z. B. 32 Furnierblätter) verkauft.

Ein weiterer Output sind Sägenebenprodukte, die kontinuierlich entstehen und als Schüttgüter betrachtet werden. Aus diesen Gründen ist eine Vermischung von Spänen, Hackschnitzeln etc. von unterschiedlichen Holzstücken unvermeidlich. Gerade diese Vermischung macht es schwierig, Sägenebenprodukte zurück zu ihren Quellen (Stammholzstücke) zu verfolgen. Um die Rückverfolgbarkeit von Sägenebenprodukten zu gewährleisten, können zwei Rückverfolgbarkeitsmethoden verwendet werden. Es ist möglich, die Markierung dem Outputstrom beizufügen. Die geeigneten RFID-Marker wurden im Projekt „IndisputableKey“ entwickelt; diese können weiterverarbeitet werden, ohne die Eigenschaften der Spanplatte zu beeinträchtigen (vgl. Uusijärvi 2010, S. 28). Um eine erfolgreiche Identifizierung zu erreichen, sind mehrere Tests notwendig, um die erforderliche Mindestmenge von RFID-Tags zu bestimmen, was die Kosten für die Rückverfolgbarkeit erhöhen kann. Eine billigere Rückverfolgbarkeitsmethode ist in diesem Fall der Einsatz von Prozessdaten. Die Chargen können dabei zeitbezogen definiert werden. Wenn bspw. das Sägen eines Holzstückes eine Minute dauert und die Charge innerhalb einer Stunde entsteht, dann bezieht sich diese auf maximal 60 Holzstücke, die anhand von RFID-Transpondern vor dem Sägen identifiziert werden. Die Größe des Zeitintervalls ist maßgeblich für die Genauigkeit der Rückverfolgbarkeit. Wenn das Zeitintervall auf 30 Minuten verkürzt wird, dann umfasst die Charge die Nebenprodukte von 30 Holzstücken. Die so definierten Chargen werden meistens in Silos aufbewahrt. Dabei ist der Idealfall, dass das Volumen des Silos mit dem Volumen der Charge identisch ist. Im Gegenfall ist eine Vermischung im Silo unvermeidlich. Deswegen ist es zu empfehlen, auf Silos die wiederbeschreibbaren RFID-Transponder aufzubringen, um alle Eingänge und Ausgänge zu dokumentieren. Um die Vermischung im Silo zu kontrollieren und gering zu halten, soll das einmal aufgefüllte Silo vor dem nächsten Auffüllen komplett entleert werden. Die Verkaufseinheiten, beispielsweise Container, sind mit RFID-Transpondern auszustatten, wobei die erforderlichen Informationen den wiederbeschreibbaren RFID-Transpondern auf den betroffenen Silos zu entnehmen sind.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Spanplattenhersteller

Die Herstellung von Spanplatten stellt die Rückverfolgbarkeit vor großen Herausforderungen. So wird auch hier Altholz als Inputstoff verwendet. Dieses Holz wird von Entsorgungsunternehmen gekauft. Dabei ist zu beachten, dass nach einer langen Nutzungsphase keine Möglichkeit besteht, die Herkunft des Holzes zu bestimmen. Es ist sogar erforderlich, bei Altholzeingang die Baumart zu bestimmen, was mit der optischen Spektroskopie erfolgen kann. Aus dem Alt- und Industrieholz werden die Hackschnitzel erstellt, die in Behältern und Silos aufbewahrt werden. Auch hier ist es zu empfehlen, Prozessdaten zur Chargenbildung heranzuziehen sowie die Aufbewahrungscontainer mit wiederbeschreibbaren RFID-Transpondern auszustatten.

Diesem Verarbeitungsschritt folgen die kontinuierlichen Prozessschritte wie Pressen. Da bis zu diesem Zeitpunkt keine geeigneten Marker entwickelt wurden, die harte Produktionsbedingungen wie hohen Druck, Temperatur oder ätzende Chemikalien überstehen können, sind Prozessdaten zu nutzen. Hier können neben den Zeitvariablen auch weitere Parameter herangezogen werden, welche in Echtzeit zum Zweck der Prozesskontrolle erfasst werden, bspw. Verhältnis der Holzarten in Fleece (optische Spektroskopie) und der Feuchtigkeitsgehalt (online Mikrowellenfeuchtemessgeräte). Aus den so erstellten TRUs werden die einzelnen Bretter durch Schneiden zu einer vorher vereinbarten Länge produziert. Ein automatisches System druckt mit einem speziellen Tintenstrahldrucker einen alphanumerischen Code an einer der Kanten jedes Brettes auf (vgl. Panguaneta o. Jg.). Die Handelseinheiten (z. B. 45 Spanplatten) werden bei der Verpackung mit RFID-Transpondern ausgestattet

Möbelhersteller

Viele Möbelhersteller haben bereits ihre Prozesse mit RFID-Technologie verbessert (Wellmann GmbH & Co. KG Victory Land Group, Inc.; Knoll Mf, QuanU Furniture Co., Ltd.; Ploß & Co. GmbH). Die Daten auf dem Transponder („data on the tag“-Konzept) sind für die Verbesserung der Produktionskontrolle von Bedeutung (vgl. Tribowski et al. 2009, S. 8 f.). Diese Daten stehen am Ort des Geschehens unmittelbar zur Verfügung und können somit helfen, die Produktion zu kontrollieren, um die Anzahl der Fehler zu reduzieren und eine Vielfalt von Produktvarianten handzuhaben. Die Zwischenprodukte, die bereits im ersten Produktionsschritt entstehen (z. B. zugeschnittene Massivholzplatte oder furnierte Spanplatte), werden sofort mit RFID-Tags ausgestattet. Das Produkt trägt alle Informationen bis zum letzten Produktionsschritt (Verpackung des Artikels). Da die Verbraucher das Scannen von QR-Codes bevorzugen, ist es wichtig, diesen auf der Verpackung anzubringen. Die Zusammenfassung der innerhalb der Supply Chain zu bildenden TRUs mit zugehörigen Rückverfolgbarkeitsmethoden ist Tabelle 5-3 zu entnehmen.

TRU	Methode		
	RFID	Ink-Printing	Weitere
Stammholzstück	X		
Industrieholzstück		X	
Lieferung von Industrieholzstücken	X		
Schnittholz, Lamelle		X	
Massivholzplatte	X		

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

TRU	Methode		
	RFID	Ink-Printing	Weitere
Silozelle mit Sägenebenprodukten oder Hackschnitzeln	X		
Lieferung von Sägenebenprodukten	X		
Altholz			Nicht rückverfolgbar, Holzartermittlung bei Spanplattenherstellern durch optische Spektroskopie
Spanplattenfließ			Prozessdaten
Spanplatte		X	
Handelseinheit von Spanplatten	X		
Furnierblatt		X	
Handelseinheit von Furnierblättern	X		
Möbelteil in Unternehmen	X		
Verpackung von Holzmöbeln			QR-Code

Tabelle 5-3: TRUs entlang der Supply Chain für Holzmöbel einschließlich Rückverfolgbarkeitsmethoden

5.1.1.2.2 Festlegung der Datenstandards

Nach der Festlegung der TRUs und Rückverfolgbarkeitsmethoden ist eine weitere Frage nach den Datenstandards zu klären. Das bereits in Unterkapitel 4.3.2 angesprochene GS1-Nummerierungssystem stellt auch einen speziellen Datenstandard für die Datenspeicherung auf dem RFID-Transponder zur Verfügung – den Electronic Product Code (EPC). Der EPCglobal-Ansatz[63] zum Speichern lediglich des ID-Schlüssels auf dem Transponder und alle damit verbundenen Daten in einer oder mehreren Datenbanken („Data-on-network"-Konzept) ist der meist verbreitete Ansatz in der Praxis bei der Verwendung der RFID-Technologie für Komponenten, Produkte und logistische Einheiten (vgl. Tribowski et al. 2009, S. 3). Die Gründe dafür sind: die Verwendung von billigen Transpondern, die nur einmal beschreibbar sind und ausschließlich Platz für einen einzelnen EPC bieten; Abwärtskompatibilität von EPC mit anderen von GS1 verwalteten Standards wie der GTIN; keine Notwendigkeit für die Kryptographie, da die entsprechenden Daten im Netz gespeichert sind. Außerdem sollte darauf hingewiesen werden, dass das EPC-Konzept eine komplexe Lösung ist, welche sowohl die eindeutige Identifikation von Objekten mittels des EPC, als auch die unternehmensübergreifende Bereitstellung von Produktinformationen über das EPCglobal-Netzwerk umfasst. Letzteres beschreibt die Gesamtheit der Komponenten (Schnittstellen, Applikationen, Hardware), um die EPC-Daten zu lesen, in internen Systemen zu verarbeiten und mit anderen Geschäftspartnern auszutauschen. Die Basis des EPCglobal-Netzwerkes ist das Internet, das um zusätzliche Komponenten erweitert werden muss (vgl. Clasen 2006, S. 4 f.). Die Datenserver, welche Produktinformationen enthalten, das zentrale Verzeichnis von Herstellern und die Suchdienste zum Auffinden von Produktdatensätzen usw. gehören zu diesen Erweiterungen.

[63] Die Prinzipien des EPC-Ansatzes sind Anhang P zu entnehmen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Drei EPC-Arten spielen eine große Rolle in der weiteren Konzeption: Die serielle GTIN (SGTIN) dient der Identifizierung einer einzelnen Produkteinheit (Stamm- oder Industrieholzstück, Spanplatte, Lamelle etc.), die SSCC ermöglicht die Identifizierung eines Logistik-Handling-Unit (Industrieholzlieferung, Furnierhandelseinheit, Spanplattenhandelseinheit etc.), während der Global Individual Asset Identifier (GIAI) für die Identifikation von Anlagen (Silozellen und Lese-/Schreibgeräten) zuständig ist. Die SGTIN umfasst drei Komponenten: GS1 Company Prefix (ähnlich GLN), Item Reference (ähnlich GTIN) und Serial Number (vgl. GS1 2014b, S. 26 ff.). Die SSCC und GIAI stellen eine Vereinfachung der SGTIN dar. In diesem Fall müssen nur zwei Komponenten angegeben werden: Company Prefix und Seriennummer. Um die Übereinstimmung zwischen den IDs in der internen und externen Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten, ist es zu empfehlen, die EPC-Identsysteme auch intern zu verwenden. Die Zusatzinformationen können in der internen Rückverfolgbarkeit auf dem Transponder gespeichert werden. Sie können individuell von den einzelnen Unternehmen eingestellt werden. Für die interne Rückverfolgbarkeit bei Möbelherstellern haben Tribowski et al. (2009) bereits die ersten Empfehlungen auf Basis der ISO-Norm 13584 verabschiedet. Die Informationen über Chargeneingänge und -ausgänge mit der Angabe von Zeit und Volumen sollte zudem bei Sägewerken/Furnierherstellern und Spanplattenherstellern auf den wiederbeschreibbaren Transpondern gespeichert werden. Neben den bereits erwähnten GS1-Standards existieren auch Standards für GS1 2D-Barcodes. Im QR-Code wird dabei die Uniform Resource Identifier (URI) gespeichert, welche angibt, wo die erforderlichen Produktinformationen zu finden sind. Die URI ist in der Regel die URL, z. B. die Adresse des Server-Computers eines Möbelherstellers (vgl. Meyer et al. 2009, S. 142). Gemäß den GS1-System-Regeln beginnt der gespeicherte String mit einem Application Identifier (AI), gefolgt von den Daten, die der AI bezeichnet. Die zusätzlichen AIs (GTIN für die Produkt-Klasse oder SGTIN zum Artikel) können in der Request an der Informationsquelle in die URL aufgenommen werden, so dass nur präzise und relevante Informationen für die Verbraucher zur Verfügung gestellt werden (vgl. GS1 2009b, S. 22).

5.1.1.2.3 Infrastrukturebene

Die Infrastruktur-Ebene umfasst die Hardwarekomponenten der bereits in Unterkapitel 5.1.1.2.1 festgelegten Rückverfolgbarkeitsmethoden, insbesondere RFID-Tags und Schreib-/Leseeinheiten. Zum Einsatz kommen einmalbeschreibbare Write-Once-Read-More (WORM) und wiederbeschreibbare Write-Read RFID-Transponder, welche den Anforderungen nach der ISO-Norm 18000-6c (EPC Class 1 Gen 2-Standard) genügen. Lese-/Schreibgeräte umfassen zum einen stationäre Geräte und Gates sowie zum anderen mobile Geräte, die in der Lage sind, sowohl RFID-Transponder als auch die Barcode-Images zu lesen und zu schreiben. Tabelle 5-4 enthält eine detaillierte Beschreibung der Infrastrukturebene für jede Stufe der Holzmöbel Supply Chain.

Stufe der Supply Chain	Eigenschaften	Infrastrukturlösung	Beschreibung
Forstbetrieb	Arbeiten im Freien (Schnee, Dreck, Sonnenschein, Regen etc.) hoher Wassergehalt des Holzes;	*Lösung für Stammholz*: RFID für industrielle Anwendung an Holz; automatisches (Transponder Applikator und Harvester Reader) oder manuelles (mobile Lese-/Schreibgeräte) Anbringen von RFID-Transpondern auf Holz an Holzstücke während des	Robuste Lösung für preiswertiges Holz, welche den hohen Automatisierungsgrad der Prozesse wie Holzsortierung, Kommissionierung, Holzkontrolle etc. auf der Itemebene entsprechen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Stufe der Supply Chain	Eigenschaften	Infrastrukturlösung	Beschreibung
	Holzstücke in unterschiedlicher Qualität: Stammholz und Industrieholz	Holzeinschlages	
		Lösung für Industrieholz: Kombination von Ink-Printing auf der Itemebene und RFID an Metall oder Holz auf der Lieferungsebene; automatisches Anbringen von Ink-Printing (Ink-Printer auf Harvester) auf jedes Holzstück während des Holzeinschlages; Anbringen von RFID an Lieferung während der Kommissionierung mithilfe von mobilen Geräten	Lösung für billigeres Holz auf der Itemebene mit RFID-basiertem Backup-System auf der Lieferungsebene. Die Nutzung von RFID unterstützt sowohl externe Rückverfolgbarkeit als auch Eingang, Kontrolle, Rechnungsstellung etc. von Holz auf der Lieferungsebene
Sägewerk/ Furnierhersteller	Änderung des Produktzustandes durch die Teilung (aus einem Holzstück mehrere Schnitthölzer/ Lamellen oder Furnierblätter sowie Sägenebenprodukte) und Integration (mehrere Lamellen sind miteinander zur Massivholzplatte verklebt); kontinuierliche Produktion von Sägenebenprodukten	*Lösung für Massivholzplatten:* Identifikation von eingehenden Stammholzstücken mit stationären oder mobilen RFID-Lesern; automatisches Anbringen von Ink-Printing auf jedes Schnittholz/Lamelle mithilfe von stationärem Ink-Printer nach dem Sägen/Hobeln; vor dem Zusammenkleben Identifikation von Schnitthölzern/Lamellen mithilfe von mobilen oder stationären Ink-Readers; Anbringen von RFID-Transpondern an der Massivholzplatte nach dem Zusammenkleben mithilfe von stationären oder mobilen Schreib-/Lesegeräten	Die Kombination von Markern erlaubt es, sowohl die interne als auch externe Rückverfolgbarkeit umzusetzen. Anbringen von Ink-Printing unterstützt die Rückverfolgbarkeit sowie die Verbesserung von Prozessen mithilfe von Datenabruf am Ort des Geschehens (z. B. Reduktion von Trocknungsfehlern). RFID-Einsatz erlaubt einen hohen Automatisierungsgrad von Prozessen wie Kommissionierung, Rechnungsstellung, Kontrolle
		Lösung für Furnierblätter: Identifikation von eingehenden Stammholzstücken mit stationären oder mobilen RFID-Lesern; automatisches Anbringen von Ink-Printing auf jedem Furnierblatt mithilfe von stationärem Ink-Printer nach dem Sägen/Schälen/Messern; Anbringen von RFID-Transpondern an der Handelseinheit während der Kommissionierung mithilfe von mobilen/stationären Lesegeräten	
		Lösung für Sägenebenprodukte: Identifikation von eingehenden Stammholzstücken mit stationären oder mobilen RFID-Lesern; Erzeugung von Chargen mithilfe von Prozessdaten (zeitbezogen); Aktualisierung von wiederbeschreibbaren RFID auf Metall an der Silozelle mit mobilen Lesegeräten; Anbringen von RFID auf der Lieferung während der Kommissionierung mithilfe von mobilen Lesegeräten	Bei dieser Lösung ist es wichtig, aus kontinuierlichen Materialflüssen Chargen zu erzeugen. Zu diesem Zweck wurde die Zeitspanne festgelegt, während welcher die Charge von Sägenebenprodukten entsteht. In einem weiteren Schritt werden Silozellen mit einem wiederbeschreibbaren RFID-Transponder ausgestattet, der den aktuellen Zustand wie gefülltes Volumen, Zusammensetzung von Chargen speichert und bei Abruf durch mobile Lesegeräte zur Verfügung stellt. Die Genauigkeit der Lösung hängt von der Dauer der Zeitspanne und den Entleerungsbedingungen ab. Basierend auf Chargen und Informationen auf RFID-Transpondern können die Lieferungen an Kunden erstellt werden, welche mit RFID-Transpondern für externe Rückverfolg-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Stufe der Supply Chain	Eigenschaften	Infrastrukturlösung	Beschreibung
			barkeit und Automatisierung von Prozessen gekennzeichnet sind
Spanplatten-hersteller	Zustandsänderung von Industrieholz-stücken (Produktion von Hack-schnitzeln); Mischen der Input-stoffe (Hackschnitzel aus Industrie- und Altholz sowie zugekaufte Säge-nebenprodukte) während der Lagerung und Verarbeitung; kontinuierliche Herstellung von Spanplatten-Fleece	Identifikation von eingehenden Industrieholz-stücken mit stationären oder mobilen Ink-Printer-Lesern (z. B. RFID-Lesegeräte mit 2D-Barcode-Scanning); Identifikation von eingehenden Lieferungen von Nebenprodukten mit stationären oder mobilen RFID-Lesegeräten; Aktualisierung wiederbeschreibbarer RFID-Transponder auf Metall an der Silozelle mit mobilen Lesegeräten; Erstellung von Chargen mithilfe von Prozessdaten für die Ermittlung der Verweilzeit – das Verhältnis der Holzarten in Vlies oder Feuchtigkeitsgehalt; automatisches Anbringen von Ink-Printing auf jede Spanplatte mit stationärem Tintendrucker beim Schneiden; Anbringen von RFID an der Handelseinheit bei der Kommissionierung mit mobilen oder stationären Lesegeräten	Die interne Rückverfolgbarkeit spielt dabei eine wichtige Rolle. Erstens, um die Mischung zu steuern, sind wiederbeschreibbare RFID-Tags an Silozellen zu verwenden (s. Lösung für Nebenprodukte bei Sägewerken). Zweitens sind die Prozessdaten erforderlich, um die Chargen aus kontinuierlichen Materialflüssen zu erzeugen. Drittens werden die Spanplatten mit Ink-Printing markiert. Diese Markierung ermöglicht Tracking und Steuerung der Verarbeitung von Spanplatten. RFID-Transponder an der Lieferungsebene ermöglichen, wie bereits erläutert, die Umsetzung der externen Rückverfolgbarkeit und die Automatisierung und Unterstützung von mehreren Prozessen
Möbelhersteller	Zustandsänderung durch Veränderung (z. B. Beschichtung) und Integration (Verbindung Möbelteile); Verpackung des Endproduktes als Medium für die Kommunikation mit den Verbrauchern	Identifikation von eingehenden Handelseinheiten von Spanplatten, Furnierblättern und Massivholzplatten mit stationären oder mobilen RFID-Lesegeräten; Identifikation aller Spanplatten und Furnierblätter mit stationären oder mobilen Ink-Printing-Lesern (z. B. RFID-Lesegeräte mit 2D-Barcode-Scanning); automatisches oder manuelles Anbringen von RFID-Tags für jedes Möbelteil nach dem ersten Verarbeitungsschritt mithilfe von mobilen oder stationären Lesegeräten; Aktualisierung wiederbeschreibbarer RFID am Möbelteil beim Produktionsprozess mit mobilen RFID-Lesegeräten; automatisches Anbringen der QR-Codes auf jeder Verpackung von Holzmöbeln während Kommissionierung mithilfe von stationären QR-Druckern	Um Durchlaufzeiten zu verkürzen und die Anzahl der Fehler zu reduzieren, wird vorgeschlagen, wiederbeschreibbare RFID-Transponder in geschlossenen Systemen zu verwenden. Die Daten auf dem Transponder können Anweisungen für Arbeitnehmer (z. B. bei der Montage) sowie für Maschinen (Schleif- und Bohrmaschinen) umfassen. Zusätzlich kann der aktuelle Zustand des Erzeugnisses gespeichert werden. Die Zwischenprodukte, die nach dem ersten Produktionsschritt entstehen, werden sofort mit RFID-Tags ausgestattet. Das Produkt trägt alle Informationen mit sich. Da Verbraucher das Scannen von QR-Codes bevorzugen, wird dieser auf der Verpackung platziert

Tabelle 5-4: Beschreibung der Hardwarekomponenten entlang der Supply Chain für Holzmöbel

5.1.1.3 Datenverknüpfung

Daten werden von den oben beschriebenen Hardwarekomponenten der Infrastrukturebene aufgezeichnet. Nach dem Konzept von „Data-on-Network“ erfassen die Leser den EPC einer TRU. Jede Erfassung umfasst neben EPC einen Zeitstempel und Leserdaten. Dieser Datensatz wird Bewegungsdaten genannt. Um diese Daten zu interpretieren, sind Stammdaten erforderlich, die eine

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

statische Natur haben und sogar redundant bei allen Teilnehmern der Supply Chain gespeichert werden können[64].

Zu den Stammdaten gehören:

- Unternehmensdaten. Sie umfassen EPC-Company Prefix (Zugriffschlüssel), Name, Anschrift, Telefon- und Faxnummer, Name des Ansprechpartners, E-Mail-Adresse evtl. ergänzende Information wie Bankverbindung jedes einzelnen Wirtschaftsbeteiligten.
- Artikeldaten. Sie enthalten die Artikelnummer, welche der Item Reference des EPC entspricht (Zugriffschlüssel), EPC-Company Prefix des Herstellers, Artikelbezeichnung. Artikeldaten beziehen sich nicht nur auf Enderzeugnisse sondern auch auf Halbwaren, Bestandteile bzw. Komponenten, Inhalts- und Zusatzstoffe.
- Lese/Schreibgerätedaten. Sie schließen die Lesegerätnummer-GIAI- (Zugriffschlüssel) sowie den Standort des Lesegerätes ein, wobei es der EPC-Company Prefix ermöglicht, das für den Betrieb des Gerätes verantwortlichen Unternehmen zu identifizieren.
- Stücklisten/Rezepturen/Sägemuster. Diese Dokumente verbinden logisch die eingehenden Inputeinheiten mit ausgehenden Outputeinheiten. Die Begriffe Stücklisten und Rezepturen stehen für die tabellarische Darstellung der in einer Produktion einzusetzenden Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie Halbfertigfabrikate mit ihren Mengenkoeffizienten (vgl. Gabler 2013, S. 421; Schneck 2003, S. 952). Die Stücklisten beschreiben die Bestandteile eines Produktes in mechanisch-technologischen Industrien, und die Rezepturen werden in chemischen und biologisch-technologischen Industrien verwendet. Mit Sägemuster werden die Anweisungen für den Sägeprozess festgelegt, bei dem mit einem mehrschneidigen Werkzeug Holzstücke abgetrennt und/oder geschlitzt werden (vgl. Emmler et al. 2008, S. 299). Als Zugriffschlüssel wird für diese Dokumente eine weitere EPC-Variante – der Global Document Type Identifier (GDTI) – verwendet. Die Struktur des GDTI sieht der SGTIN sehr ähnlich. Allerdings gibt es eine Besonderheit: Ein GDTI enthält anstatt einer Item Reference einen Dokumententyp (Document Type), der vom Hersteller vergeben wird. Die serielle Nummer kennzeichnet jedes einzelne Dokument nach der Maßgabe des Nummerngebers (vgl. GS1 2014b, S. 30).

Die Zugriffschlüssel müssen einmal (im Rahmen der Standardisierung) festgelegt und von allen Netzwerkteilnehmern verwendet werden. Dadurch wird die Eindeutigkeit der zu interpretierenden Daten erreicht.

Die beschriebenen Attribute der Bewegungsdaten sind nicht ausreichend, um die Daten über Input und Output miteinander zu verknüpfen und somit die Transformationsprozesse abzubilden. So werden einige Produktinformationen wie Land oder Baumart in der Forstwirtschaft erfasst und von daraus erstellten Zwischenprodukten und Fertigprodukten vererbt. Andere Produktinformationen wie Materialzusammensetzung, Zusatzstoffe oder Recyclinganteil entstehen erst bei Transformationen

[64] Die redundante Speicherung der Stammdaten bei allen Teilnehmern der Supply Chain kann zur Entlastung des EPC-Informationsnetzwerkes (der Teil des EPCglobal-Netzwerkes, der für den unternehmensübergreifenden Datenaustausch zuständig ist) führen, da weniger Informationen bei der Abfrage als Ergebnis übertragen werden müssen und bei der Interpretation der Rohdaten unter Umständen auf die unternehmensübergreifende Abfrage verzichtet werden kann.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(s. Unterkapitel 2.3.1). Die Unter- bzw. Oberbeziehungen zwischen eingehenden und ausgehenden Einheiten werden mithilfe von Stücklisten/Rezepturen/Sägemustern festgelegt. Um Transformationsdaten zu erstellen, ist es notwendig, den EPC der Outputeinheit (master EPC) mit Bewegungsdaten von allen Inputeinheiten (slave EPC) auf der Basis von zugehörigen Dokumenten (Stücklisten/Rezepturen/Sägemuster) zu verbinden. Bei der Integration werden Bewegungsdaten für jede Inputeinheit erfasst und einer Outputeinheit zugeordnet; während der Teilung gehören einmal erfasste Bewegungsdaten der Inputeinheit zu mehreren Outputeinheiten. Transformationen treten auch bei logistischen Prozessen auf, wenn logistische Einheiten in Inhalt und Menge verändert werden. Abbildung 5-2 veranschaulicht die Beziehung zwischen Bewegungs- und Transformationsdaten am Beispiel der Integration.

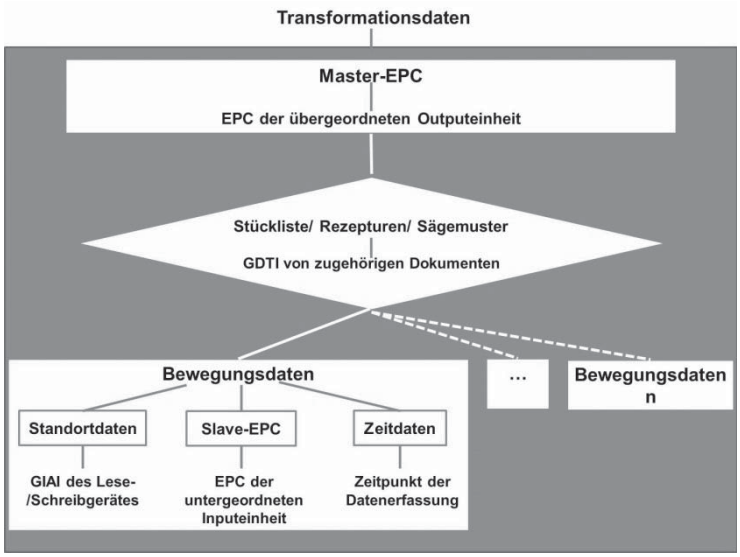


Abbildung 5-2: Beziehungen zwischen Bewegungs- und Transformationsdaten am Beispiel der Integration

Noch komplexer als die Abbildung der Transformation in einem T & T-System ist die Erfassung des CO_2-Fußabdruckes. Zum einen ist es erforderlich, CO_2-Fußabdrücke der einzelnen Prozesse bei jedem Teilnehmer der Supply Chain zu erfassen, was die Existenz von betrieblichen Umweltinformationssystemen (BUIS) voraussetzt. Diese Systeme sollen ermöglichen, die CO_2-Fußabdrücke für jede TRU zu kalkulieren und diesen Wert in den Diensten des EPCglobal-Netzwerkes zu speichern (vgl. Dada/Staake 2008, S. 876 f.). Zum anderen muss ein kumulativer Wert des CO_2-Fußabdruckes entlang der gesamten Supply Chain vom Holzstück bis zum Bücherregal bestimmt werden. Für die Berechnung des kumulativen Wertes sind der CO_2-Fußabdruck der Inputeinheit sowie die Transformationskoeffizienten zu berücksichtigen. Diese Koeffizienten bestimmen, welcher Teil der Inputeinheit in die Outputeinheit eingeht (vgl. Junkkari/Sirkka 2011, S. 221 ff.). Um den von der Inputeinheit zu vererbenden CO_2-Fußabdruck zu berechnen, ist der CO_2-Wert mit dem Transformationskoeffizienten zu multiplizieren. Wenn Rückverfolgbarkeitsdaten mit aktuellen Prozessdaten verbunden werden, dann besteht die Möglichkeit, anstelle von durchschnittlichen Emissionswerten die dynamischen Werte bei der Berechnung des CO_2-Fußabdruckes zu verwenden. So wird es ermöglicht, die Abweichungen durch unterschiedliche Transportrouten oder die Dauer der Trocknungsprozesse bei der Berechnung zu berücksichtigen. Unter Berücksichtigung, dass KMUs die überwiegende Anzahl

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

der Unternehmen in der Supply Chain stellen, wird im Weiteren auf die Betrachtung der dynamischen Werte verzichtet.

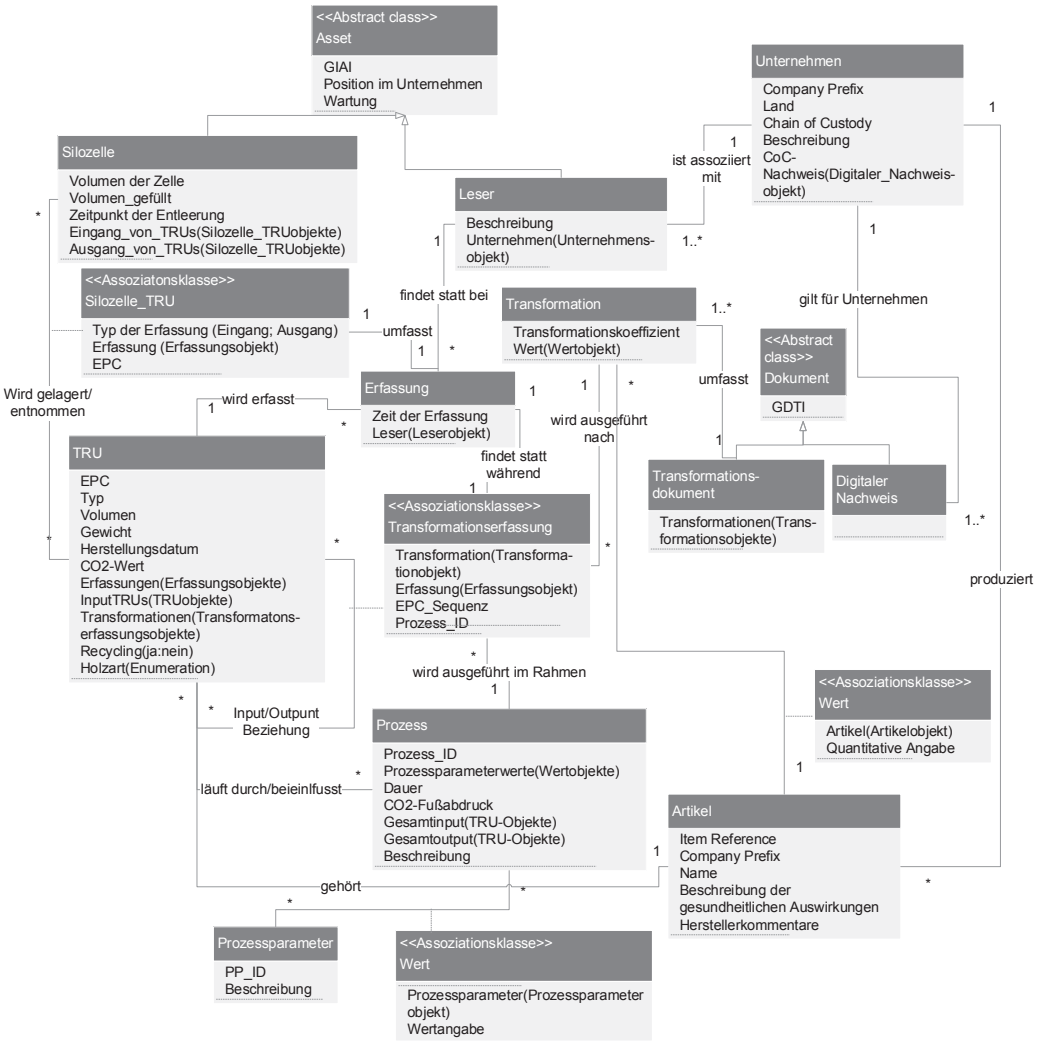


Abbildung 5-3: Datenmodell des Systems in Form eines UML-Klassendiagramms

Das Unified Modeling Language (UML)-Klassendiagramm wurde herausgearbeitet, um die Struktur der relevanten Daten und deren Beziehungen zu visualisieren (s. Abbildung 5-3). Das Modell wurde bewusst auf einem hohen Abstraktionsniveau entwickelt, was erlaubt, in einem konkreten Fall die entsprechenden Verfeinerungen vorzunehmen. Das Klassendiagramm umfasst die Klassen für die Digitalisierung der Stammdaten: Unternehmen (Unternehmensdaten), Artikel (Artikeldaten), Leser (Lese-/Schreibgerätedaten), Transformationsdokument (Stückliste/Rezepturen/Sägemuster). Um die dynamischen Daten abzubilden, wurden die folgenden Klassen definiert: TRU (entspricht der Produkthistorie jeder TRU und umfasst neben Herstellungsdatum und CO_2-Fußabdruck auch die gesamten Bewegungs- und Transformationsdaten einschließlich untergeordneter Inputeinheiten); Erfassung (Bewegungsdaten); Prozess (umfasst die aktuellen Parameterwerte der zu betrachtenden Prozesse); Silozelle (bildet den aktuellen Zustand der betroffenen Silozelle ab); Silozelle_TRU (für die Abbildung der Eingänge und Ausgänge der betroffenen Silozelle).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die von Konsumenten bevorzugten Informationen wurden dabei als Attribute von unterschiedlichen Klassen gespeichert. Tabelle 5-5 stellt den Zusammenhang zwischen bevorzugten Informationen und Klassenattributen her.

Bevorzugte Information	Klassenattribut
Land	Attribut der Klasse „Unternehmen“
Nachhaltige Wald-/Plantagenbewirtschaftung	Attribut der Klasse „Unternehmen“ (Objekt der Klasse „Digitaler Nachweis“)
CO_2-Fußabdruck	Attribut der Klasse „TRU“
Recyclinganteil	Attribute der Klasse „TRU“: „Recycling“, Input-TRUs (Objekte der Klasse „TRU“) und Transformationen (Objekte der Klasse „Transformationserfassung“)
Holzart	Attribut der Klasse „TRU“ (eine Aufzählung als Auflistung aller gängigen Holzarten einschließlich der Option „keine“ für nicht holzenthaltende TRUs)
Materialzusammensetzung	Attribute der Klasse „TRU“: Input-TRUs (Objekte der Klasse „TRU“) und Transformationen (Objekte der Klasse „Transformationserfassung“)
Zusatzstoffe	Attribute der Klasse „TRU“: Input-TRUs (Objekte der Klasse „TRU“) und Transformationen (Objekte der Klasse „Transformationserfassung“)
Gesundheitliche Auswirkungen	Attribut der Klasse „Artikel“
Herstellerkommentare	Attribut der Klasse „Artikel“
Zusammensetzung des Furniers	Attribute der Klasse „TRU“. Input-TRUs (Objekte der Klasse „TRU“) und Transformationen (Objekte der Klasse „Transformationserfassung“)

Tabelle 5-5: Bevorzugte Informationen und deren Darstellung in dem Klassendiagramm

5.1.1.4 Systemarchitektur

In Unterkapitel 5.1.1.2 wurden die Komponenten der Infrastrukturebene beschrieben, die auch **Hardwareebene** genannt wird. Diese Ebene ist die Schnittstelle zur realen Welt und verbindet den physischen Materialfluss mit dem digitalen Informationsfluss. Die Hardwareebene kann um die **Edgeebene** ergänzt werden. Der Begriff „Edge“ bedeutet den Rand des Kommunikationsnetzwerkes des Unternehmens (vgl. Gillert/Hansen 2007, S. 119). Vor Ort am Rand des Kommunikationsnetzwerkes können Device-Controller die Hardwarewelt mit der Softwarewelt verbinden. Ein Device-Controller hat die folgenden Funktionen zu erfüllen: Kontrolle und Steuerung der Lesegeräte, die mit dem Controller verkabelt oder mittels Wireless Local Area Network (WLAN) verbunden sind; Erzeugung von Alerts bei Betriebsproblemen; Filterung der Mehrfachlesungen und Validierung der Daten mit dem Ziel, den Datenumfang begrenzt zu halten; Transformation der vom Lesegerät empfangenen Daten in ein für die übergeordneten Ebenen der Systemarchitektur konformes Datenformat (XML-Datensatz) und umgekehrt die Umwandlung eines XML-Datensatz in das EPC-Format (bei einem Schreibvorgang); Pufferung der Daten, wenn das Netzwerk gestört ist.

Aufgrund der hohen Komplexität der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo (s. Kapitel 2.2.3.2) ist es erforderlich, verschiedene Markierungstechnologien (RFID, Ink-Printing, QR-Code) und Prozessdaten zum Zweck der Rückverfolgbarkeit von Holzprodukten zu kombinieren. Dafür muss die Infrastrukturebene die Komponenten für

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

verschiedene Rückverfolgbarkeitsmethoden sowie Hard- und Software für ihre Integration umfassen.

Die **Middleware** ist die Brücke zwischen der Erfassung von T & T-System-Daten und ihrer Einbindung in Geschäftsprozesse. Sie empfängt und verarbeitet von Device-Controllern bzw. Schreib-/Leseeinheiten bereitgestellte Daten. Im klassischen Sinne stellt die Middleware eine Softwareschicht dar, welche systeminterne Dienste für die Kommunikation zwischen Anwendungssystemen anbietet. Die Middleware ermöglicht es den Anwendungssystemen, die benötigten Dienste über das Netzwerk anzufordern. Dabei geht das Anwendungssystem nicht auf die technischen Besonderheiten der Netzwerkverbindungen ein. Diese werden von der Middleware gesteuert (vgl. Gillert/Hansen 2007, S. 113 f.).

Die von Hardwarekomponenten empfangenen Daten werden „Event" (Ereignis)-Daten genannt. Unter einem Event ist ein bestimmter Sachverhalt zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort zu verstehen. Die Anwendungssysteme sind in der Regel nicht in der Lage, die Events zu verarbeiten. Daher ist eine Erweiterung der Middleware erforderlich. Sie ermöglicht nicht nur die Integration der Anwendungssysteme sondern auch die Vorverarbeitung der Event-Daten, die in Geschäftsdaten (betriebswirtschaftlich sinnvolle Daten) umgewandelt werden müssen. Daraus ergibt sich ein zweischichtiges Middlewaremodell: Die erste Ebene beschäftigt sich mit der Eventverarbeitung, und die zweite Ebene steht für die Integration der Anwendungen. Die detaillierte Beschreibung der Middleware-Ebenen ist Anhang Q zu entnehmen.

Die Middleware erlaubt es, die Unabhängigkeit zwischen Komponenten der Infrastruktur-, Integrations-, Kommunikations- und Anwendungsebenen sicherzustellen. Diese Vorgehensweise macht es möglich, Änderungen an Komponenten einer Ebene ohne Auswirkungen auf Komponenten anderer Ebenen vorzunehmen. Besonders wichtig ist dies beim zu modellierenden System in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo, da die einzelnen Ebenen der Infrastruktur über die gesamte Supply Chain verteilt sind. So ist die Infrastrukturebene bei jedem Teilnehmer der Supply Chain implementiert. Im Gegensatz muss der Betrieb der Middleware als Integrationsebene und EPC-Services für die Umsetzung der Kommunikation von der dritten Partei (z. B. Verbände der Holz- und Möbelindustrie) übernommen werden. Dies ist notwendig, um die Kosten für KMU durch eine einfache Systemarchitektur gering zu halten. Dafür umfasst diese Systemarchitektur: eine zentrale Drehscheibe des Systems, die Integrations- und Kommunikationsebenen einschließt, und die verteilten Knoten, die auf Informationen in zentralen Datenbanken über Web-Services zugreifen und die Informationen manuell oder automatisch durch entsprechende Lesegeräte ergänzen. Eine unabhängige Organisation, die bspw. vom Verband der deutschen Möbelindustrie gebildet werden könnte, ist in der Lage, den Betrieb der zentralen Drehscheibe des Systems zu übernehmen. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, die komplexen und multilateralen Beziehungen entlang der Holzmöbel Supply Chains zu handhaben. Zudem kann durch diese Vorgehensweise die schrittweise Entwicklung eines Quasi-Standards für die Rückverfolgbarkeit in der Möbelindustrie unterstützt werden, was wiederum dabei hilft, den Verbraucherschutz zu erhöhen, die gesetzlichen Vorgaben bezüglich der Informationen an Verbraucher zu erfüllen, schnell und effektiv Rückrufaktionen zu handhaben sowie Zertifizierungsprozesse zu vereinfachen (z. B. Chain of Custody oder ISO Norm 9000ff.). Die Anwesenheit der unabhängigen Organisation kann die

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Bereitschaft der Teilnehmer unterstützen, die Daten zu liefern und sich an den Normungsprozessen zu beteiligen. Als ein möglicher Ausgangspunkt für eine solche Struktur kann das Daten Competence Center e.V. der Verbände der Holz- und Möbelindustrie Nordrhein-Westfallen e.V. betrachtet werden (vgl. Verbände der Holz- und Möbelindustrie Nordrhein-Westfalen e.V. o. Jg.). Es handelt sich um eine unabhängige, gemeinnützige Organisation im Bereich der Datenkommunikation für planungsintensive Möbel. Für die Kommunikation zwischen Möbelherstellern und Händlern steht bereits ein Stammdatenserver zur Verfügung. Der Hersteller kann die Produktdaten eingeben, die dann von Distributoren abgerufen werden. Die bereits vorhandene Infrastruktur kann um weitere Funktionalitäten wie die Kommunikation zwischen allen Beteiligten in der Supply Chain sowie der Speicherung der Produkthistorien erweitert werden.

Für die Kommunikation stehen die EPCglobal-Komponenten zur Verfügung: Electronic Product Code Information Service (EPCIS) und EPC Discovery Services. **EPCIS** ist die Hauptkomponente des EPC-Konzeptes. Hier werden die gelesenen gefilterten und mit dem Geschäftskontext versehenen Daten gespeichert. Mit dem EPCIS wird die Verbindung eines Unternehmens zum EPCglobal-Netzwerk sichergestellt. Der EPCIS unterscheidet sich von darunterliegenden Ebenen in den folgenden Aspekten (vgl. im Folgenden Kuhlmann/Amende 2006, S. 8; GS1 2014c, S. 10): Zum einen enthält er „historische Daten“. Damit sind die Informationen in der Lage, sowohl den quasi Ist-Zustand des Systems als auch zurückliegende Ereignisse zu repräsentieren. Auf unteren Ebenen werden Echtzeitdaten gespeichert und verarbeitet. Zum anderen werden hier keine Rohdaten, sondern die ausgelesenen T & T-Daten gespeichert, welche mit Kontextinformationen angereichert und zu Geschäftsdaten von der Middleware umgewandelt werden, mit denen die Backendsysteme arbeiten können.

Die eigentliche EPCIS-Datenerfassung findet im Activity Management-Modul der Middleware (s. Anhang Q) statt. Die Benutzerschnittstelle macht es möglich, EPCIS-Ereignisse indirekt zu generieren bzw. mit einem Geschäftskontext anzureichern, wenn es automatisch nicht möglich ist. Die EPCIS-Erfassungsschnittstelle stellt einen Kommunikationsweg zur Weitergabe von EPCIS-Ereignissen dar, die entweder an das EPCIS-Datenverzeichnis, das die EPCIS-Ereignisse speichert, oder über einen Bypass direkt an die Applikation mit Zugriff auf EPCIS weitergeleitet werden. EPCIS-Abfrageschnittstellen regeln, wie die Daten unternehmensintern und -übergreifend abgefragt werden können. Sie stehen sowohl für die Übermittlung der Anfragen an das eigene EPCIS bzw. an das EPCIS der Partner als auch für die Sendung der Abfrageergebnisse an den Empfänger. Die Schnittstellen erlauben die Arbeit in zwei Modi: Pull (synchroner Modus) und Push (asynchroner Modus). Im synchronen Modus wird die Anfrage sofort beantwortet. Dafür ist ausschließlich die EPCIS-Abfrage- und Steuerungsschnittstelle zu verwenden. Im asynchronen Modus wird die Anfrage mittels o. a. Schnittstelle abonniert. Danach erhält der Empfänger in periodischen Abständen die Ergebnisse der Abfrage. Dafür ist die EPCIS-Rückmeldeschnittstelle erforderlich. Sie wird auch zur direkten Weitergabe der Daten verwendet. Die o. a. EPCIS-Schnittstellen sind Abbildung 5-4 zu entnehmen.

Mit der EPCIS-Spezifikation (vgl. hier und im Folgenden GS1 2014c, S. 48 ff.) werden die Ereignistypen definiert. Jedes Ereignis hat 4 Dimensionen, die sich auf die Auskunft darüber beziehen, was, wann, wo, und warum passiert ist. Die im Datenmodell festgelegten Bewegungsdaten entsprechen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

dem definierten Objektereignis, das die Informationen umfasst, die sich auf einen oder mehrere EPC beziehen und an Lesepunkten benutzt wird, wo die reine Beobachtung der Objekte erforderlich ist. Um die Transformationsdaten abzubilden, ist es möglich, zusätzlich ein Transformation-Event zu verwenden.

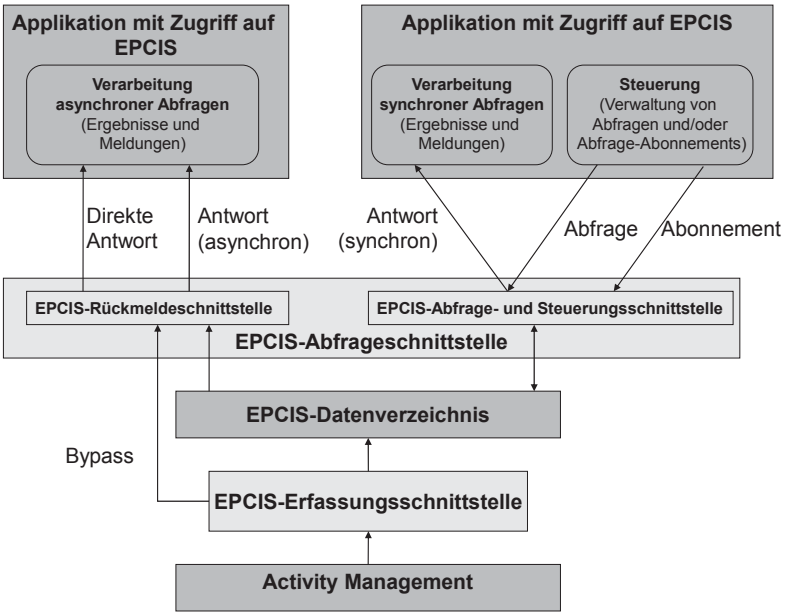


Abbildung 5-4: EPCIS-Schnittstellen[65]

Um die EPCIS-Ereignisse abzufragen, müssen die Benutzer über entsprechende Zugriffsrechte verfügen. Für die Berücksichtigung dieser Rechte und die Autorisierung der Anfragen sind die EPCIS-Abfrageschnittstellen verantwortlich. Die folgenden Sicherheitsdienste sind dabei zu verwenden (vgl. Popova 2005, S. 8):

- Dienste zur Authentifizierung (Authentification Services). Die Netzwerkteilnehmer werden als solche erkannt. Dies wird mittels digitaler Zertifikate realisiert.
- Zugangsberechtigungsdienste (Access Control Services). Diese Dienste steuern den Zugang der Teilnehmer zu bestimmten Daten. Als Identifikationsmittel kann der EPC-Company Prefix verwendet werden.

Um die EPCIS-Systeme zu lokalisieren, auf denen die Informationen zum angefragten EPC gespeichert sind, kommen EPC Discovery Services oder EPC-Ermittlungsdienste zum Einsatz. Da im Vorfeld bekannt ist, wo die Informationen zu finden sind (EPCIS der Drittpartei), ist es zu empfehlen, die zugehörige Netzwerkadresse in der Geschäftsvereinbarung festzulegen.

Besonders wichtig ist es, den **EPC Event Registry Service** umzusetzen. Er agiert wie eine Suchmaschine, die externen Fragestellern den Weg zu Datenquellen (EPCIS-Servern) nennt, wo die Informationen zu einem angefragten EPC vorhanden sind. Es handelt sich hier um ein gezieltes Auffinden von Informationen zu einer TRU. Wenn ein EPCIS-Ereignis in dem EPCIS-Datenverzeichnis gespeichert wird, meldet der EPCIS das Ereignis beim Event Registry Service. Der Event Registry Service-Server enthält einen Katalog, in dem nicht die Ereignisse zu einem EPC

[65] In Anlehnung an Kuhlmann/Amende 2006, S. 9.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

sondern der Ort, an dem sie zu finden sind (konkreter EPCIS-Server), vermerkt wird. Die Suchsoftware führt die Suche im Katalog nach dem o. a. Zugriffschlüssel durch. Die Suchergebnisse werden dabei in der Reihenfolge des Eintrages in dem Event Registry Service zusammengestellt.

Die hier beschriebene RFID-Middleware (Integrationsebene) und EPCIS zusammen mit EPC Event Registry Service (Kommunikationsebene), die von der Drittpartei betrieben werden, bilden einen zentralen Knoten des Systems, während die Infrastrukturkomponenten der Teilnehmer der Supply Chain die dezentralen Knoten darstellen. Diese Knoten müssen einfach und kostengünstig in das System integriert werden. Die wichtigsten Komponenten für diese Integration sind das Internet Protocol (IP)-Netzwerk und eine Web-Service-Schnittstelle. So können die vom Lesegerät erfassten Rohdaten über Internet und die zugehörige Web-Service-Schnittstelle an die Middleware weitergeleitet werden, wo die Daten überprüft, zu einem Objektereignis vervollständigt und anschließend in der EPCIS-Datenbank gespeichert werden. Mobile Lese-/Schreibgeräte sind auch in der Lage, auf dem Browser die TRU-Daten anzuzeigen, indem sie als Client bei dem System mithilfe der Lesegerätnummer identifiziert werden. Mit Online-Formularen wird die Option für eine manuelle Ergänzung bzw. Korrektur der Daten angeboten. Das Formular kann bei Bedarf an den zentralen Knoten des Systems abgeschickt werden. Für das PIS bietet die Web-Service-Schnittstelle eine automatische Übernahme der Daten an.

Mittels **PIS (Applikationsebene)** werden die für Konsumenten relevanten Informationen generiert, für die Darstellung auf mobilen Geräten vorbereitet und in Pakete nach den Kundensegmenten zusammengeführt. Dabei handelt es sich um Systeme, die in der Lage sind, die Aufgaben algorithmisch und regelbasiert zu lösen. Auf der Basis der konsistenten und korrekten Daten aus EPCIS, Stammdatenbank werden Informationspakete in Form von mobilen Websites vorbereitet. Dennoch ist die Informationsdarstellung (z. B. Text, Tabelle, Bild, Grafik) in nachfolgenden Studien zu bestimmen.

Um die vorbereitete mobile Website mit QR-Codes aufzurufen, müssen die Daten gemäß den Regeln des GS1-Systems strukturiert werden. Da keine Metadaten in dem QR-Code vorhanden sind, ist es unmöglich zu verstehen, welche Web-Seite an den HTTP-URL verknüpft ist: eine generische Website des Markeninhabers oder eine produktspezifische. Die Aufnahme der zusätzlichen AIs kann garantieren, dass nur relevante produktspezifische Informationen sogar auf der generischen Web-Seite angezeigt werden. Deswegen wird bei der HTTP-Anforderung die „GET“-Methode und Standardsyntax für den Query-String-Teil der URL verwendet. Dies ermöglicht es Web-Ressourcen, einen Teil der Abfrage zu ignorieren. Wenn die Web-Ressource an der URL die Abfragezeichenfolge oder eine bestimmte AI nicht erkennen oder verstehen kann, wird diese einfach nicht verarbeitet (vgl. GS1 2009b, S. 33 f.).

Es wird vorgeschlagen, solche PIS von Möbelherstellern entwickeln und betreiben zu lassen. Diese Entscheidung ist dadurch begründet, dass die Möbelhersteller am Ende der Wertschöpfung stehen (s. Abbildung 5-1) und auf Basis der vorliegenden Daten die immer noch fehlenden und für Konsumenten relevanten Informationsitems wie Materialzusammensetzung, Zusatzstoffe und gesundheitliche Auswirkungen dieser Stoffe sowie Kommentare von Produzenten bzgl. des Holzmöbelstückes erfassen (s. Tabelle 5-2). Weiterhin werden die Produktinformationen den Konsumenten am POS

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

bereitgestellt, um das Vertrauen in die Holzprodukte von Möbelherstellern und dadurch die Kaufwahrscheinlichkeit dieser Produkte zu erhöhen. Die daraus entstehenden Nutzeffekte beziehen sich unmittelbar auf die Nachfragesteigerung nach Produkten der Möbelhersteller. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Zuständigkeit für das PIS es den Herstellern ermöglicht, die sensiblen Produktinformationen selbst zu steuern, Informationen unter Berücksichtigung des Corporate Designs zu visualisieren und sich Wettbewerbsvorteile zu sichern.

Die Zusammenfassung der Systemarchitektur ist Abbildung 5-5 zu entnehmen.

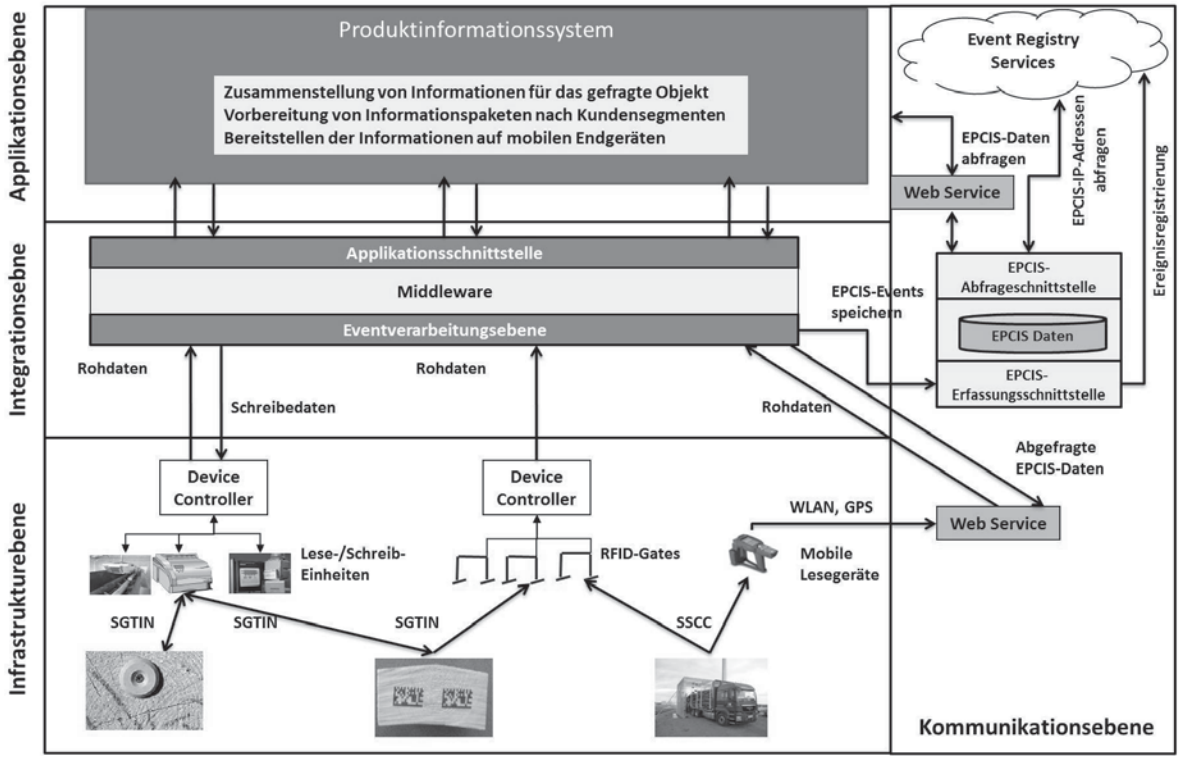


Abbildung 5-5: Systemarchitektur für ein T & T-System zur Befriedigung der identifizierten Konsumentenbedürfnisse nach Produktinformationen

5.1.2 Kosten-Nutzen-Verhältnisse für Tracking & Tracing-Systeme für die Bereitstellung von Produktinformationen

Die wirtschaftliche Machbarkeit der im vorherigen Unterkapitel vorgeschlagenen Lösung (T & T-System für die Bereitstellung von Holzproduktinformationen für Konsumenten) ist im nächsten Schritt zu prüfen. Unter der Wirtschaftlichkeit einer IS-Investition wird in dieser Arbeit das Verhältnis zwischen dem erzielten Nutzen und den dafür entstehenden Kosten verstanden (vgl. zur allgemeinen Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von IT-Systemen Schumann 1992, S. 53 ff.; für eine spezifische Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Kennzeichnungssystemen in der Holzwirtschaft vgl. Holzmann 2009, S. 40 f.; Schneider 2010, S. 173 ff.). In diesem Abschnitt wird anhand eines Kosten-Nutzen-Modells die Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Lösung analysiert. Zunächst werden hierzu Annahmen getroffen sowie Kosten und Nutzenpotenziale systematisiert und das Modell aufgestellt (Unterkapitel 5.1.2.1). Anhand eines konkreten Anwendungsfalls wird in Unterkapitel 5.1.2.2 schließlich die Wirtschaftlichkeit der T & T-Systeme untersucht und interpretiert.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

5.1.2.1 Aufstellung des Kosten-Nutzen-Modells

Der Einsatz des vorgeschlagenen Systems ist nur dann sinnvoll, wenn dies einen Mehrwert für die beteiligten Unternehmen der Supply Chain für Holzmöbel generiert. Dieser Mehrwert umfasst direkte und indirekte Vorteile. Die direkten Vorteile der Bereitstellung der Produktinformationen an Verbraucher sind: höhere Kaufwahrscheinlichkeit, die durch die Erhöhung der Nachfrage zum Erscheinen kommt (s. Unterkapitel 4.2.2.4) und WTP, die sich auf die Konsumentenbereitschaft zur Kostenbeteiligung für die Informationsbereitstellung bezieht bzw. einen Preisaufschlag für die Informationsbereitstellung (s. Kapitel 4.1.3) darstellt. Das vorgeschlagene T & T-System, das dem PIS zugrunde liegt, ist in der Lage, eine hohe Transparenz in der Supply Chain zu schaffen. Diese Transparenz führt zu Prozessverbesserungen (s. Abbildung 3-3), welche durch Kosteneinsparungen (höhere Holzausbeute, geringere Lagerbestände etc.) ausgedrückt werden können (vgl. Bajric 2010, S. 34).

Die Kosten werden in die einmaligen Investitionen bzw. Anschaffungskosten und laufende Ausgaben unterteilt (hier und im Folgenden Melski 2009, S. 179). Die einmaligen Investitionen fallen am Anfang des PIS-Projektes an und können unterteilt werden in:

- Hardware-Kosten: Kosten für Schreib-/Lesegeräte, deren Installation und RFID-Tags (wiederbeschreibbare Einheiten, die mehrmals in geschlossenen Systemen verwendet werden). Diese Kosten entstehen an jeder Stufe der Supply Chain.
- Software-Kosten: Kosten für Middleware, Applikation (hier PIS), Software-Installation und Konfiguration. Diese Kosten sind von Möbelherstellern zu tragen. Weitere zu berücksichtigende Kosten sind die Einmalgebühren für das GS1-Paket (zum Zweck der EPC-Vergabe an TRUs), welche von jedem Teilnehmer der Supply Chain zu zahlen sind.
- Systemeinführungskosten: Kosten für Beratung und Schulung des Personals, welche von jeder Stufe der Supply Chain zu tragen sind.

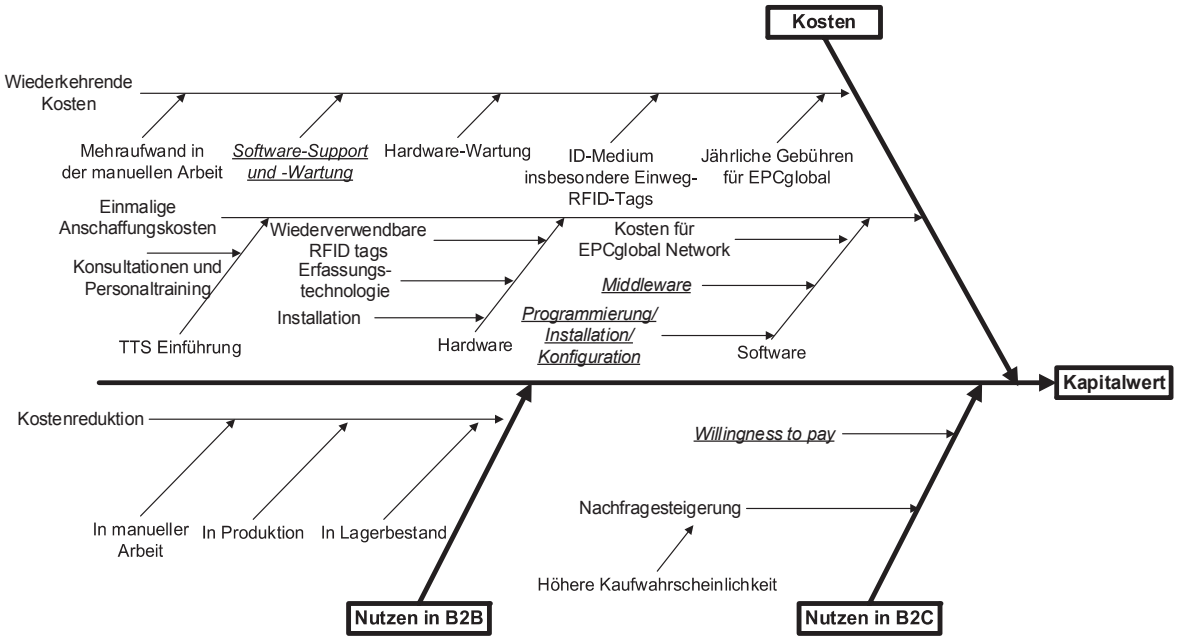
Wiederkehrende Kosten umfassen Hardware-Wartungs- und Support- sowie Software-Wartungskosten (z. B. als Anteil der entsprechenden Anschaffungskosten). Ebenfalls enthalten sind die Kosten für die Datenträgerbeschaffung (RFID-Tags für offene Systeme oder Tintendruck/QR-Code pro TRU). Während Hardwarekosten von jedem Mitglied der Supply Chain zu zahlen sind, treten Softwarekosten nur auf der Stufe der Möbelhersteller auf, welche für den Betrieb eines PIS zuständig sind (s. Kapitel 5.1.1.4). Außerdem sind die jährlichen Gebühren für EPCglobal von jedem Teilnehmer der Supply Chain zu entrichten.

Diese Systematisierung der Kostenarten und potenziellen Nutzeffekte hilft, Cash Flows zu prognostizieren. Da der Erwerb der Systemkomponenten eine umfangreiche Infrastrukturmaßnahme ist, welche für mehrere Zeitperioden gedacht ist, sind die dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung (z. B. Kapitalwertmethode[66]) für die weitere Analyse auszuwählen. Abbildung 5-6 stellt abschließend die im Modell berücksichtigten Kosten und Nutzenpotenziale anhand eines Ishikawa-Diagramms[67] dar.

[66] Kapitalwertmethode ist eine der am häufigsten zu verwendeten Methoden der Investitionsrechnung (vgl. Ben-Menachem/Gavious 2008, S. 155).

[67] *Ishikawa-Diagramme*, auch *Ursache-Wirkung-Diagramme* genannt, haben ihren Ursprung in der Qualitätsmanagement-Forschung (vgl. hier und im Folgenden Graf/Janssens 2008, S. 171 f.). Sie stellen Kausalitätsbeziehungen zwischen Ursachen und deren Auswirkungen in Form einer Fischgräte dar.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.



Relevant für alle Teilnehmer der Supply Chain
Relevant für Möbelhersteller

Abbildung 5-6: Kosten und Nutzenpotenziale im Modell

Dem Ishikawa-Diagramm liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Neben den oben beschriebenen Kosten und Nutzen sind explizit zudem die Änderungen in der manuellen Arbeit zu berücksichtigen. Zum einen können höhere Personalkosten durch die Einführung der T & T-Systeme (z. B. bei Anbringung von Transpondern oder Lesen mit mobilen Geräten) entstehen. Zum anderen ist mit Ersparnissen bei der manuellen Arbeit durch die Automatisierung zu rechnen. Es wird zudem angenommen, dass weitere Kosten durch im Modell nicht untersuchte Nutzen-Effekte abgedeckt werden.
- Die – während der ersten Periode potentielle – Nachfragesteigerung bleibt für den gesamten Zeithorizont konstant. Mögliche Reaktionen von Konkurrenten werden nicht berücksichtigt.
- Transformationskoeffizienten für nicht-produzierende Unternehmer (z. B. Transport, Handelsunternehmen) sind gleich 1, da sie keine Produkttransformation durchführen.
- Einmalige Investitionen und wiederkehrende Kosten für Middleware, die von einer unabhängigen Organisation bei den Verbänden der Holz- und Möbelindustrie betrieben wird, werden zwischen Möbelherstellern, die Verbandmitglieder sind, verteilt. Die Verbraucher nehmen an den entstandenen Kosten in Form der WTP teil, die in vollem Umfang von den Möbelherstellern beansprucht wird.

Die einzelnen Bestandteile werden im Folgenden mittels mathematischer Formeln modelliert. In Tabelle 5-6 sind die Modellparameter aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Maßeinheit
$AK_{TTS,i}$	Einmalige Anschaffungskosten für Stufe i	€
$b_{i,k_i,t}$	Gewinnmarge je Produkteinheit k_i auf Stufe i im Jahr t	als Prozentsatz auf den Verkaufspreis der Pro-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Parameter	Beschreibung	Maßeinheit
		dukteinheit $p_{i,k_i,t}$
$D_{k_i,t}$	Nachfrage für die Produkteinheit k_i im Jahr t	in Stück/Gewichts-/Volumeneinheiten
$d_{TTS,k_i,t}$	Nachfragesteigerung durch die Anwendung von T & T-System für die Produkteinheit k_i im Jahr t	als Prozentsatz auf die Nachfrage nach Produkteinheit k_i
$EPC_{BK,\ D,\ i}$	Bereitstellungskosten für EPCglobal-Netzwerk nach Nachfrage D auf der Stufe i, wobei $D = \{D_1; \ldots\ D_{K_i}\}$ ist	€
$EPC_{fG,\ D,\ i,\ t}$	Jahresgebühren für EPCglobal nach Nachfrage D auf der Stufe i im Jahr t, wobei $D = \{D_1; \ldots\ D_{K_i}\}$ ist	€
i	Stufe der Supply Chain	---
I	Anzahl der Stufen in der Supply Chain	---
$IK_{r,i}$	Installationskosten für Reader auf der Stufe i	als Prozentsatz auf Readerkosten ($Preis_{reader}$.Readeranzahl)
$IK_{SW,i}$	Installations- und Konfigurationskosten für Software auf Stufe i	als Prozentsatz auf Softwarekosten SMK_i
$IN_{i,\ t}$	Indirekter Nutzen auf Stufe i im Jahr t exklusiv Ersparnisse an manueller Arbeit	€
$KBS_{TTS,\ i}$	Kosten für Beratung und Schulung des Personals auf Stufe i	€
K_i	Anzahl der Güter im Absatzprogramm des Unternehmens auf der Stufe i	---
k_i	Ein Gut aus dem Absatzprogramm des Unternehmens auf der Stufe i	---
$KRA_{i,t}$	Kostenreduktion bezüglich manueller Arbeit auf der Stufe i im Jahr t	€
$KSA_{i,t}$	Kostensteigerung bezüglich manueller Arbeit auf der Stufe i im Jahr t	€
KW_{TTS}	Kapitalwert des Systems für die Supply Chain	€
$KW_{TTS,i}$	Kapitalwert des Systems der i-ten Stufe	€
$MR_{RFID,\ i}$/ $MR_{ink,\ i}$	Anzahl der mobilen RFID/Ink-Printing-Reader auf Stufe i	---
$p_{i,k_i,t}$	Preis pro Produkteinheit k_i auf Stufe i im Jahr t	€
$p_{MR,\ ink}$/ $p_{SR,\ ink}$	Preis von mobilen/stationären Ink-Printing-Readern	€
$p_{MR,\ RFID}$/ $p_{SR,\ RFID}$	Preis von mobilen/stationären RFID-Readern	€
$p_{RFID,\ t}$ / $p_{ink,\ t}$ / $p_{qr,\ t}$	Preis von RFID-Tag/Ink-Printing/QR-code pro Einheit im Jahr t	€
$p_{SR,\ QR}$	Preis von stationären QR-Readern	€
$p_{wiederbeschreibbare\ RFID}$	Preis von wiederverwendbaren RFID-Tags	€
r	Diskontierungssatz	Prozentsatz
SMK_i	Softwarekosten (einschließlich Middlewarekosten) auf Stufe i	€
$SR_{RFID,\ i}$/ $SR_{ink,\ i}$/ $SR_{QR,\ Möbelhersteller}$	Anzahl der stationären RFID-/Ink-Printing/QR-Reader auf Stufe i/Möbelhersteller	---
t	Jahr	---
T	Zeithorizont für die Jahre t = 1, ..., T	Jahr
$wk_{HW,\ t}$/ $wk_{SW,\ t}$	Hardware-/Support- und Software-Wartungskosten im Jahr t	als Prozentsatz von Hardware-/Software-Kosten
$WK_{TTS,\ i,\ t}$	Wiederkehrende Kosten auf Stufe i im Jahr t exklusiv Mehraufwand an manueller Arbeit	€
WTP_{TTS}	WTP pro Einheit der Handelseinheit durch die Anwendung von T & T-Systemen	Als Prozentsatz auf den Verkaufspreis einer Handelseinheit

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Parameter	Beschreibung	Maßeinheit
$x_{RFID,\,D,\,i,\,t}$ / $x_{ink,\,D,\,i,\,t}$ / $x_{QR,\,D,\,i,\,t}$	Anzahl der TRUs nach Nachfrage D auf Stufe i im Jahr t, die mit RFID-Tags/ink-Printing/ QR-Code ausgestattet sind, wobei $D = \{D_1; \dots D_{K_i}\}$ ist	---
$x_{wiederbeschreibbare\ RFID,\,i}$	Anzahl der TRUs auf der Stufe i, die mit einem wiederverwendbaren RFID-Tag ausgestattet sind	---
y_{j,k_j,k_i}	Transformationskoeffizient, nach dem Inputprodukt k_i in Outputprodukt k_j auf der Stufe j eingeht, wobei i und j $\in I$	---

Tabelle 5-6: Modellparameter

Da sich die Kosten und der Nutzen eines Möbelherstellers von anderen Stufen unterscheiden, wird die Berechnung des T & T-System-Kapitalwertes für Möbelhersteller und andere Stufen der Supply Chain separat durchgeführt.

Mit Formel 1 werden die einmaligen Anschaffungskosten pro Stufe i für alle Teilnehmer der Supply Chain mit der Ausnahme von Möbelherstellern berechnet, als die Summe von Hardwarekosten und deren Installationskosten $(MR_{RFID,i} \cdot p_{MR,RFID} + MR_{ink,i} \cdot p_{MR,ink} + SR_{RFID,i} \cdot p_{SR,RFID} + SR_{ink,i} \cdot p_{SR,ink})(1 + IK_r))$, Kosten für Beratung und Mitarbeiterschulung $(KBS_{TTS,i})$, Kosten für wiederwendbare RFID-Tags $(x_{wiederbeschreibbare\ RFID,i} \cdot p_{wiederbeschreibbare\ RFID})$ und für die Teilnahme an dem EPCglobal-Netzwerk $(EPC_{BK,D,i})$.

Formel 1:

$$AK_{\mathrm{TTS},i} = \left(MR_{RFID,i} \cdot p_{MR,RFID} + MR_{ink,i} \cdot p_{MR,ink} + SR_{RFID,i} \cdot p_{SR,RFID} + SR_{ink,i} \cdot p_{SR,ink}\right)(1 + IK_r) + KBS_{TTS,i} + x_{wiederbeschreibbare\ RFID,i} \cdot p_{wiederbeschreibbare\ RFID} + EPC_{BK,D,i}, \quad \forall i \neq Möbelhersteller$$

Um die einmaligen Anschaffungskosten eines Möbelherstellers zu ermitteln, wird die Formel 1 um die Kosten für QR-Code-Hardware $(SR_{QR,i} \cdot p_{SR,QR}(1 + IK_r))$, Software und deren Installation und Konfiguration $(SMK_i(1 + IK_{SW}))$ erweitert (Formel 2).

Formel 2:

$$AK_{\mathrm{TTS},i} = \left(MR_{RFID,i} \cdot p_{MR,RFID} + MR_{ink,i} \cdot p_{MR,ink} + SR_{RFID,i} \cdot p_{SR,RFID} + SR_{ink,i} \cdot p_{SR,ink} + SR_{QR,i} \cdot p_{SR,QR}\right)(1 + IK_r) + SMK_i(1 + IK_{SW}) + KBS_{TTS,i} + x_{wiederbeschreibbare\ RFID,i} \cdot p_{wiederbeschreibbare\ RFID} + EPC_{BK,D,i}, \quad i = Möbelhersteller$$

Wiederkehrende Kosten aller Teilnehmer mit Ausnahme von Möbelherstellern werden gemäß der Formel 3 als Summe der Hardware-Wartungskosten $(MR_{RFID,i} \cdot p_{MR,RFID} + MR_{ink,i} \cdot p_{MR,ink} + SR_{RFID,i} \cdot p_{SR,RFID} + SR_{ink,i} \cdot p_{SR,ink})wk_{HW,t})$, der Kosten für Datenträger $(x_{RFID,D,i,t} \cdot p_{RFID,t} + x_{ink,D,i,t} \cdot p_{ink,t})$ und Jahresgebühren für die EPCglobal $(EPC_{JG,D,i,t})$ berechnet.

Formel 3:

$$WK_{\mathrm{TTS},i,t} = \left(MR_{RFID,i} \cdot p_{MR,RFID} + MR_{ink,i} \cdot p_{MR,ink} + SR_{RFID,i} \cdot p_{SR,RFID} + SR_{ink,i} \cdot p_{SR,ink}\right)wk_{HW,t} + x_{RFID,D,i,t} \cdot p_{RFID,t} + x_{ink,D,i,t} \cdot p_{ink,t} + EPC_{JG,D,i,t}, \quad \forall i \neq Möbelhersteller$$

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Wiederkehrende Kosten eines Möbelherstellers umfassen alle Kosten nach der Formel 3 plus Instandhaltungskosten für QR-Hardware $(SR_{QR,i} \cdot p_{SR,QR} \cdot wk_{HW,t})$, Softwarewartungs- und -supportkosten $(SMK_i \cdot wk_{SW,t})$ und die Kosten für QR-Code Marker $(x_{QR,D,i,t} \cdot p_{QR,t})$ (Formel 4).

Formel 4:

$$WK_{TTS,i,t} = \big(MR_{RFID,i} \cdot p_{MR,RFID} + MR_{ink,i} \cdot p_{MR,ink} + SR_{RFID,i} \cdot p_{SR,RFID} + SR_{ink,i} \cdot p_{SR,ink} + SR_{QR,i} \cdot p_{SR,QR}\big) wk_{HW,t} + SMK_i \cdot wk_{SW,t} + x_{RFID,D,i,t} \cdot p_{RFID,t} + x_{ink,D,i,t} \cdot p_{ink,t} + x_{QR,D,i,t} \cdot p_{QR,t} + EPC_{JG,D,i,t}, \qquad i = Möbelhersteller$$

Der Kapitalwert (KW_{TTS}) ist die Summe aller mit Kalkulationszinssatz auf den Zeitpunkt Null abgezinsten Ein- und Auszahlungen für den Zeitraum T (vgl. Gabler 2013, S. 238). Während Auszahlungen für alle Teilnehmer mit Ausnahme von Möbelherstellern bereits mit den Formeln 1 und 3 definiert wurden, sind die Einzahlungen noch zu berechnen. Zuerst ist der zusätzliche Gewinn für jedes Produkt k_i zu ermitteln, welcher durch die Steigerung der Nachfrage nach dem fertigen Holzmöbel ($k_{Möbelhersteller}$) entsteht. Da die Nachfragesteigerung lediglich für die Stufe „Möbelhersteller" bekannt ist, kann die Nachfragesteigerung für die vorgelagerten Stufen mit Hilfe von Transformationskoeffizienten bestimmt werden, mit welchen die Güter der vorgelagerten Stufen in die Endprodukte eingehen. Da die Transformationen mit einem Gut k_i auf jeder der nachgelagerten Stufe bis zur Stufe „Möbelhersteller" stattfinden, muss das Produkt von entsprechenden Transformationskoeffizienten für jedes Gut k_i berechnet werden ($\prod_{l=i+1}^{l=I} y_{l,k_{l,k_i}}$, wobei I=Stufe „Möbelhersteller" ist). Dadurch ist die Nachfragesteigerung für jedes Produkt k_i wie folgt zu berechnen: Nachfragesteigerung bei Möbelherstellern für jedes Produkt ($k_{Möbelhersteller}$) in Stück multipliziert mit Produkt der Transformationskoeffizienten für das Gut k_i

$$\left(\sum_{k_{Möbelhersteller}=1}^{K_{Möbelhersteller}} D_{k_{Möbelherstller}t} \cdot d_{\mathrm{TTS},k_{Möbelhersteller}\mathrm{t}} \cdot \prod_{l=i+1}^{l=I} y_{l,k_{l,k_i}}\right).$$

Jede zusätzlich verkaufte Einheit des Gutes k_i bringt für die i-te Stufe einen zusätzlichen Gewinn in Euro, welcher mit Hilfe des Produkts aus Gewinnmarge und Preis pro Einheit k_i $(b_{i,k_i t} \cdot p_{\mathrm{i},k_i \mathrm{t}})$ zu berechnen ist. Dann kann der zusätzliche Gewinn durch die Nachfragesteigerung auf der i-ten Stufe wie folgt berechnet werden:

$$\left(\sum_{k_i=1}^{K_i} \sum_{k_{Möbelhersteller}=1}^{K_{Möbelhersteller}} D_{k_{Möbelherstller}t} \cdot d_{\mathrm{TTS},k_{Möbelhersteller}\mathrm{t}} \cdot b_{i,k_i t} \cdot p_{\mathrm{i},k_i \mathrm{t}} \cdot \prod_{l=i+1}^{l=I} y_{l,k_{l,k_i}}\right).$$

Weiterhin sind der indirekte Nutzen und die Differenz zwischen Ersparnissen und Mehraufwand bei der manuellen Arbeit zu berücksichtigen $(\mathrm{KRA}_{\mathrm{i,t}} - \mathrm{KSA}_{\mathrm{i,t}})$ (Formel 5).

Formel 5:

$$KW_{\mathrm{TTS},i} = -AK_{\mathrm{TTS},i} + \sum_{t=1}^{T} \left(\sum_{k_i=1}^{K_i} \sum_{k_{Möbelhersteller}=1}^{K_{Möbelhersteller}} D_{k_{Möbelherstller}t} \cdot d_{\mathrm{TTS},k_{Möbelhersteller}\mathrm{t}} \cdot \prod_{l=i+1}^{l=I} y_{l,k_l,k_i} \cdot b_{i,k_i t} \cdot p_{\mathrm{i},k_i \mathrm{t}} + IN_{i,t} + \big(KRA_{i,t} - KSA_{i,t}\big) - WK_{\mathrm{TTS},i,t} \right) (1+r)^{-t}, \qquad \forall i \neq Möbelhersteller$$

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Zur Berechnung des Kapitalwertes der Investition für Möbelhersteller ist Formel 5 um eine weitere Einzahlung – WTP – zu erweitern, wobei der Preisaufschlag für jede verkaufte Einheit k_i berücksichtigt wird $(D_{k_i t}(1 + d_{\mathrm{TTS},k_i,\mathrm{t}}) \cdot p_{i,k_i,t} \cdot WTP_{\mathrm{TTS},k_i})$ (Formel 6)

Formel 6:

$$KW_{\mathrm{TTS},i} = -AK_{\mathrm{TTS},i} + \sum_{t=1}^{T}\left(\sum_{k_i=1}^{K_i}(D_{k_i,t} \cdot d_{\mathrm{TTS},k_i\mathrm{t}} \cdot b_{i,k_i,t} \cdot p_{i,k_i,t} + D_{k_i t}(1 + d_{\mathrm{TTS},k_i,\mathrm{t}}) \cdot p_{i,k_i,t} \cdot WTP_{\mathrm{TTS},k_i}) + IN_{i,t} + (KRA_{i,t} - KSA_{i,t}) - WK_{\mathrm{TTS},i.t}\right)(1 + r)^{-t}, \qquad i = Möbelhersteller$$

5.1.2.2 Anwendungsfall

In diesem Abschnitt erfolgt nun die Analyse der Wirtschaftlichkeit des T & T-System-Einsatzes anhand eines konkreten Anwendungsfalls des im vorherigen Unterkapitel entwickelten Kosten-Nutzen-Modells. Zusätzlich zu den getroffenen Annahmen wird im Weiteren auf die Berücksichtigung von Einzelhändlern verzichtet. Es wird zudem angenommen, dass der Mehraufwand an manueller Arbeit durch die Umstellung der Prozesse gleich der Ersparnisse durch die Automatisierung der Arbeit ist. Diese Annahme basiert auf vorherigen Studien von Holzmann (vgl. Holzmann 2009, S. 152 ff.; s. Unterkapitel 3.2.2 und Abbildung 3-3). Weiterhin wird angenommen, dass die Hersteller ihre Erzeugnisse selbst versenden. Da eine praktische Umsetzung der vorgeschlagenen Systemlösung nicht durchgeführt wurde, stützt sich die Kosten-Nutzen-Kalkulation auf Schätzungen. Die festgelegten Werte (Tabelle 5-6, 5-7, 5-8) basieren auf Expertenschätzungen (GS1 Deutschland, Initiative Pro Massivholz; Verbände Säge- und Möbelindustrie, Marktforschungsunternehmen; führende internationale und lokale Hard- und Softwarehersteller in Deutschland wie Schreiner Group GmbH & Co. KG, Plöckl Media Group GmbH, Data Elektronik GmbH, Hans Turck GmbH & Co. KG) sowie früheren Studien (Lev/Viniak 2012; Melski 2009; Nilsson 2010; Uusijärvi 2010). Tabelle 5-7 sind die Werte für die einmaligen Anschaffungs- und wiederkehrenden Kosten zu entnehmen.

Mobile RFID-Reader mit Barcode-Scanner	2230 €
Mobile pulk-lesefähige RFID Reader mit Barcode-Scanner	2550 €
Transponder Applikator und Harvester RFID-Reader	6500 €
Stationäre RFID-Reader	3000 €
Harvester Ink-Applikator	5000 €
Log Ink-Reader (stationär)	7000 €
Ink-Printer (stationär)	13000 €
Ink-Reader (stationär)	8000 €
QR-Code-Printer	1000 €
Installationskosten für Reader/Printer	20 % von Readerkosten
Bereitstellung von EPCglobal Network	273,70 €
EPCglobal Einmalgebühren	178,50 €
Variable Kosten für Ink-Printing	0,01 €/Stück

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Variable Kosten für QR-Code-Printing	0,03 €/Stück
RFID-Tag mit UHF-Chip (EPC Class 1 Gen 2, 860 - 960 MHz)	0,30 €/tag
Wiederbeschreibbarer RFID-Tag mit UHF-Chip (EPC Class 1 Gen 2, 860 - 960 MHz)	0,35 €/Tag
Preisaufschlag für RFID-Tag auf Metall	0,05 €/Tag
Software: (PIS+Middleware)	80500 € (Massivholzmöbel); 113500 € (Möbel aus furnierten Spanplatten)
Softwareinstallations- und Konfigurationskosten	30 % von Softwarekosten
Beratung und Mitarbeiterschulung	5000 € (Möbelhersteller); 2500 € (andere Teilnehmer der Supply Chain)
Hardware-Wartungskosten	15 % von Hardwarekosten
Software-Wartungskosten	25 % von Softwarekosten

Tabelle 5-7: Werte für Kostenparameter

Tabelle 5-8 zeigt den direkten und indirekten T & T-Systemnutzen. Die Werte beziehen sich auf die früheren Studien und Pilotprojekte, die in den Holz-basierten Supply Chains durchgeführt wurden. Da die untere Grenze für die Nachfragesteigerung bis jetzt nicht untersucht wurde, wird die Break-Even-Analyse zum Zweck deren Bestimmung durchgeführt.

Nutzen	Wert	Quelle
Direkter Nutzen		
WTP	12,2 %	Cai und Aguilar, 2013
Indirekter Nutzen		
Kosteneinsparungen in der Forstwirtschaft (Produktion + Bestand)	5 €/m³ Holz	Bajric, 2010
Kosteneinsparungen bei Sägewerk/Furnierhersteller oder Spanplatten-Hersteller (Produktion + Bestand)	5,2 €/m³ Holz-basiertes Material	
Kosteneinsparungen bei Möbelhersteller (durch Fehlervermeidung)	20 €/defekte Stücke von Holzmöbeln	Tribowski et al., 2009

Tabelle 5-8: Werte für Nutzenparameter

Anschließend werden die Szenarien festgelegt (siehe Tabelle 5-9): für Bücherregale aus Massivholz (Szenario 1) und Bücherregale aus furnierten Spanplatten (Szenario 2). Preise, Maße der einzelnen (Zwischen-)Produkte und Größen von einzelnen Handelseinheiten wurden von den Lieferanten in Erfahrung gebracht (Weyland GmbH; Behrens-Wöhlk-Gruppe; Landesbetrieb Wald und Holz Nordheim-Westfallen; Templin OHG; Pickawood GmbH, Wald-Prinz.de). Transformationskoeffizienten für die gewählten Abmessungen und Größen der einzelnen (Zwischen-)Produkte wurden unter Verwendung des Schneidoptimierungsprogramms Cutting Optimization Pro-Version 5.7.8.11 berechnet. Anhang R dokumentiert die angenommene Ausstattung der einzelnen Stufen der Supply Chain. Als Referenzwert für den Diskontierungssatz wird die Durchschnittsrendite der deutschen Möbelindustrie nach Steuern verwendet. Gemäß Experten des Fachbereichs „Wirtschaft und ausländische Märkte“ der Verbände der Deutschen Holz-, Möbel- und Fertigbauindustrie liegt der aktuelle Wert im Bereich zwischen 2-3 %. Da der aktuelle Wert nur geschätzt wird, ist der offizielle Wert in Höhe von 3 % für das Jahr 2011 für Berechnungen zu verwenden.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Szenario 1: Bücherregale aus Massivholz	
Absatzrate	2000 Stück
Bücherregalmaß (Länge x Breite x Tiefe)	197 cm x 49 cm x 37 cm mit 4 Böden
Preis von Bücherregal	249 €
Massivholzplattenmaß (Länge x Breite x Tiefe)	250 cm x 121 cm x 1,9 cm (Stränge 40-41 mm breit in einer einzigen Länge)
Preis für m² Massivholz	72 €/m²
Massivholz Verkaufseinheit	Einzelplatte
Holzstückmaß (Durchmesser x Länge)	45 cm x 5 m
Preis für m³ Stammholz	107,50 €
Volumen der Stammholzlieferung	Ca. 27 m³
Supply Chain	Forstbetrieb-Sägewerk-Möbelhersteller
Transformationskoeffizient	{-; 0,18 Fm/Massivholzplatte; 1,33 Massivholzplatte/Bücherregal}
Fehlerrate	1 % von Absatzrate
Gewinnmarge pro Einheit	10 % von Preis
Zeithorizont	5 Jahre
Szenario 2: Bücherregale aus furnierten Spanplatten	
Absatzrate	10000 Stück
Bücherregalmaß (Länge x Breite x Tiefe)	202 cm x 40 cm x 28 cm mit 5 Böden
Preis von Bücherregal	89 €
Furniermaß (Länge x Breite x Tiefe)	246 cm x 100 cm x 0,3 cm
Preis für m² Furnier	4 €/m²
Furnier-Verkaufseinheit	32 Blätter
Volumen Nebenproduktelieferung	95 m³
Spanplatte (Länge x Breite x Tiefe)	280 cm x 207 cm x 1,9 cm
Preis für m² von Spanplatten	9,84 €/m²
Spanplattenverkaufseinheit	45 Spanplatten
Industrie-Holzstückmaß (Durchmesser x Länge)	30 cm x 4 m
Preis für m³ Industrie-Holz	45 €/m³
Preis für m³ Stammholz	107,50 €/m³
Volumen der Rundholzlieferung	Ca. 27 m³
Supply Chain	Forstbetrieb-Furnierhersteller (Sägewerk)-Spanplattenhersteller-Möbelhersteller
Transformationskoeffizient	{-; 0,00246 m³ Stammholz/Furnier; 0,177 m³ (Industrie-Holz+Nebenprodukte+Altholz)/Spanplatte; 0,48 Spanplatte und 2,48 Furnierblätter/Bücherregal}
Fehlerrate	1 % von Absatzrate
Gewinnmarge pro Einheit	10 % von Preis
Zeithorizont	5 Jahre

Tabelle 5-9: Parameterwerte für Szenarien: Bücherregale aus Vollholz (Szenario 1) und Bücherregale aus furnierten Spanplatten (Szenario 2)

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die Break-Even-Analyse hilft dabei, den niedrigsten Wert für die Nachfragesteigerung zu bestimmen, welche erforderlich ist, damit sich die Systeminvestition lohnt: $d_{T\&T\text{-}System}$ = 2,58 % für Szenario 1 und $d_{T\&T\text{-}System}$ = 6,84 % für Szenario 2. Tabelle 5-10 stellt die Kapitalwerte der T & T-Systeminvestitionen für jede Stufe und entlang der gesamten Supply Chain am Beispiel $d_{T\&T\text{-}Ssystem}$ = 10 % für beide Szenarien dar.

Supply Chain Stufe	Szenario 1	Szenario 2
Forstbetrieb	$-13633.30 + \sum_{t=1}^{5} \frac{(3148.11 - 1736.10)}{(1+0.03)^t} = -7166.707655$	$-36633.30 + \sum_{t=1}^{5} \frac{(616.07745 - 2297.26)}{(1+0.03)^t} = -44332.62381$
Sägewerk oder Furnierhersteller	$-40369.30 + \sum_{t=1}^{5} \frac{(8532.2160 - 6633.60)}{(1+0.03)^t} = -31674.19466$	$-51074.50 + \sum_{t=1}^{5} \frac{(1631.465760 - 6744.70)}{(1+0.03)^t} = -74491.61560$
Spanplattenhersteller	----------	$-59105.3 + \sum_{t=1}^{5} \frac{(7755.426 - 8537.90)}{(1+0.03)^t} = -62688.8018$
Möbelhersteller	$-1.2817330\,10^5 + \sum_{t=1}^{5} \frac{(72251.60 - 22642.00)}{(1+0.03)^t} = 99024.14$	$-2.1396080\,10^5 + \sum_{t=1}^{5} \frac{(1.3053800001\,0^5 - 36488.500)}{(1+0.03)^t} = 216758.37$
Gesamt	60183,24 €	35245,33 €

Tabelle 5-10: Beispiele für die Berechnung des Kapitalwertes der T &T-Systeminvestitionen

Wie Tabelle 5-10 zu entnehmen ist, profitieren nur Möbelhersteller von den Investitionen bei der gegebenen Nachfragesteigerung. Um der demotivierenden Wirkung der negativen Kapitalwerte entgegenzuwirken, ist es wichtig, sich eine Regelung zu überlegen, wie die Kosten von den Teilnehmern zu tragen sowie die Nutzeffekte insbesondere WTP-Einnahmen aufzuteilen sind. Eine Überlegung zu möglichen Regeln wird im Folgenden kurz erläutert.

Die Einzahlungen und Auszahlungen werden als ein gemeinsamer Pool betrachtet. Damit keine negativen Kapitalwerte bei Teilnehmern entstehen, sind die Höhe der Auszahlungen des i-ten Teilnehmers (AZ_i) in € maximal auf die Höhe der zu erwartenden Einzahlungen (EZ_i) in € zu beschränken (c_i) (Formel 7)[68]:

Formel 7:

$AZ_i \leq EZ_i, dann\ c_i = AZ_i;$

$AZ_i > EZ_i, dann\ c_i = EZ_i$ wobei

$$AZ_i = AK_{\mathrm{TTS},i} + \sum_{t=1}^{T} \left(WK_{\mathrm{T\&T-System}\ i,t}\right)(1+r)^{-t}\ und$$

$$\mathrm{EZ_i} = \begin{cases} \sum_{t=1}^{T} \left(\sum_{k_i=1}^{K_i} \sum_{k_{Möbelhersteller=1}}^{K_{Möbelhersteller}} D_{k_{Möbelhersteller}t} \cdot d_{TTS,k_{Möbelhersteller}t} \cdot b_{i,k_i t} \cdot p_{i,k_i t} \cdot \prod_{l=i+1}^{l=I} y_{l,k_{l,k_i}} + IN_{i,t} + (KRA_{i,t} - KSA_{i,t}) \right)(1+r)^{-t} \\ \text{bei } \forall\ i \neq \text{Möbelhersteller} \\ \sum_{t=1}^{T} \left(\sum_{k_i=1}^{K_i} (D_{k_i,t} \cdot d_{TTS,k_i t} \cdot b_{i,k_i,t} \cdot p_{i,k_i,t} + D_{k_i t}(1+d_{TTS,k_i,t}) \cdot p_{i,k_i,t} \cdot WTP_{TTS,k_i}) + IN_{i,t} + (KRA_{i,t} - KSA_{i,t}) \right)(1+r)^{-t}, \\ \text{i=Möbelhersteller} \end{cases}$$

[68] Die Auflistung der Modellparameter ist Anhang S zu entnehmen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Im nächsten Schritt ist zu überprüfen, ob alle erforderlichen Auszahlungen getätigt wurden; falls nicht, dann mit welchem Ausmaß sie noch aus Einzahlungsüberschüssen (positiven Kapitalwerten der i-ten Stufe in € - $KW+_i$) zu bezahlen sind. Sei $AZ_{gesamt} = \sum_{i=1}^{I} AZ_i$ die erforderlichen Auszahlungen für die gesamte Supply Chain in €. Sei $c_{gesamt} = \sum_{i=1}^{I} c_i$ die Kosten in €, die bereits umgelegt wurden. Die Differenz zwischen $(AZ_{gesamt} - c_{gesamt})$ sind die noch zu zahlenden Kosten. Deren Relation in Bezug auf den positiven Kapitalwert der gesamten Supply Chain ermöglich es, den Koeffizienten zu bestimmen, der mit dem positiven Kapitalwert der i-ten Supply Chain-Stufe zu multiplizieren ist, um zu erfahren, wieviel die i-te Stufe noch zu zahlen hat ($AZ_{rest,\,i}$) (Formel 8).

Formel 8:

$$AZ_{rest,i} = \frac{AZ_{gesamt} - c_{gesamt}}{\sum_{i=1}^{I} KW_{+i}} \mathrm{KW}_{+\,\mathrm{i}}\ \forall i, bei\ denen\ KW_{\mathrm{TTS},i} > 0$$

Nachdem die Kosten umgelegt wurden, sind die restlichen Einzahlungsüberschüsse in Form des positiven Kapitalwertes der Gesamtinvestition ($KW_{TTS} = \sum_{i=1}^{I} KW_{\mathrm{TTS},i}$) zu verteilen (Formel 9). Dafür kann der Koeffizient der Beteiligung der i-ten Stufe der Supply Chain an den Gesamtauszahlungen verwendet werden ($\frac{c_i + AZ_{rest,i}}{AZ_{gesamt}}$).

Formel 9:

$$EZ_{rest,i} = \frac{c_i + AZ_{rest,i}}{AZ_{gesamt}} \cdot KW_{TTS}, für\ \forall i = 1 \ldots I$$

Tabelle 5-11 zeigt die Anwendung der oben vorgeschlagenen Regel auf beide Szenarien.

	Forstbetrieb	Sägewerk/Furnierhersteller	Spanplattenhersteller	Möbelhersteller	Gesamte Supply Chain
Szenario 1					
AZ_i	21584,12965	70749,24560	---	231867,0301	324200,4054
EZ_i	14417,42199	39075,05094	---	330891,1718	384383,6447
c_i	14417,42199	39075,05094	---	231867,0301	285359,5030
$AZ_{rest,\,i}$	0,0	0,0	---	38840,90240	38840,90240
$EZ_{rest,}$	2676,391341	7253,732883	---	50253,11508	60183,23930
Szenario 2					
AZ_i	47154,07813	81963,25107	98206,38199	381067,4457	608391,1569
EZ_i	2821,454326	7471,635467	35517,58019	597825,8168	643636,4868
c_i	2821,454326	7471,635467	35517,58019	381067,4457	426878,1157
$AZ_{rest,\,i}$	0,0	0,0	0,0	181513,0412	181513,0412
$EZ_{rest,}$	163,4525541	432,8469505	2057,605238	32591,42516	35245,3299

Tabelle 5-11: Verteilung der Kosten und Einzahlungsüberschüsse (in €) entlang der Supply Chain für Holzmöbel

Um die Unsicherheiten aus der Verwendung von historischen und teilweise geschätzten Daten zu reduzieren und die Risiken im Zusammenhang mit der Berechnung zu bewerten, wurden Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Bei diesen Sensitivitätsanalysen wurde die Empfindlichkeit des Kapitalwertes bei der Variation eines Modellparameters vom vorgegebenen Wertansatz untersucht (vgl.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Schneck 2003, S. 888 f.). Dabei wurde jeder besonders wichtige Modellparameter um ± 5 %, ± 10 %, ± 15 % vom ursprünglichen Wert (Tabelle 5-7; Tabelle 5-8; Tabelle 5-9) bei konstanten Werten der restlichen Parameter variiert. Die Kapitalwerte in Abhängigkeit von Parametervariationen sind Anhang T zu entnehmen. Mit Hilfe von Diagrammen (Abbildung 5-7) werden die Auswirkungen von festgelegten Änderungen des Modellparameters auf das Ergebnis Kapitalwert des T & T-Systems für das jeweilige Szenario präsentiert. Im Schnittpunkt, bei dem die ursprünglichen Werte für Parameter zur Berechnung verwendet wurden, entsprechen die Kapitalwerte den Werten aus Tabelle 5-10. Abbildung 5-7 können die kritischen Werte für Modellparameter entnommen werden, welche zu negativen Kapitalwerten führen und dadurch die T & T-Systeminvestitionen unvorteilhaft machen (alle Kapitalwerte, die unter der horizontalen Linie mit dem Wert gleich 0 € liegen). Im Weiteren wird die Sensitivität des Kapitalwertes in Abhängigkeit von jeweiligem Modellparameter einschließlich damit verbundener kritischer Werte diskutiert.

Insgesamt ist die Sensitivität des Kapitalwertes im Szenario 2 höher. Die Gründe dafür sind unter anderem die höhere Anzahl der Supply Chain-Stufen und der geringere Bücherregalpreis. Vier Stufen der Supply Chain müssen die Infrastrukturebene in Szenario 2 komplett umsetzen, was zu höheren Auszahlungen insbesondere in Form der einmaligen Anschaffungskosten führt. Da der Bücherregalpreis die Basis für die Berechnung des Nutzens im B2B- (indirekt) und B2C-Bereich (direkt) sind, verkürzen sich auch die Einzahlungen. Dadurch verschlechtert sich das gesamte Kosten-Nutzen-Verhältnis in Szenario 2.

Die **WTP** beeinflusst am stärksten die Rentabilität der Investitionen. Eine WTP-Reduktion um 5 % führt zu einem negativen Kapitalwert und somit zum Verzicht auf T & T-Systeminvestitionen in beiden Szenarien. Um den positiven Kapitalwert für die vorgegebenen Parameterwerte zu erreichen, sollte die WTP mindestens 9,80 % (24,40 €) für Szenario 1 und 11,41 % (10,15 €) für Szenario 2 betragen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist der **Diskontierungssatz.** Während in Szenario 1 nur die 15%-ige Erhöhung des Diskontierungssatzes zu einem negativen Kapitalwert führt, macht sogar die 5%-Änderung die Investition in Szenario 2 nicht rentabel. Dies ergibt sich aus dem Umfang der Cash Flows, die in Szenario 2 höher sind (s. Tabelle 5-10). Der Maximalwert für den Diskontierungssatz bei gegebenen Parameterwerten beträgt 13,89 % in Szenario 1 und 6,36 % in Szenario 2. Die vergleichbaren Effekte ergeben sich aus der Veränderung von einem anderen Nutzen im B2C-Bereich, nämlich einer **Nachfragesteigerung.** In Szenario 1 führt eine ca. 2%-ige Nachfragesteigerung in Hohe von 40 Bücherregalen zu einem negativen Kapitalwert. Eine ca. 6%-ige Nachfragesteigerung in Hohe von 600 Bücherregalen macht die T & T-Systeminvestitionen nicht rentabel.

Die Situation sieht für den Parameter **„Absatzrate“** anders aus. So kann ein 15%-iger Nachfragerückgang (Absatzrate=1700 Bücherregale) noch zu einem positiven Kapitalwert in Szenario 1 führen. Im Gegensatz dazu entsteht ein negativer Kapitalwert bei der vergleichbaren Veränderung in Szenario 2. Dies ist auf die hohen Fixkosten und niedrigen Preise für Bücherregale aus furnierten Spanplatten zurückzuführen. Da einmalige Anschaffungskosten etwa sechsmal höher als wiederkehrende Kosten sind, helfen höhere Absatzraten, die Rentabilität der Investition zu erhöhen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

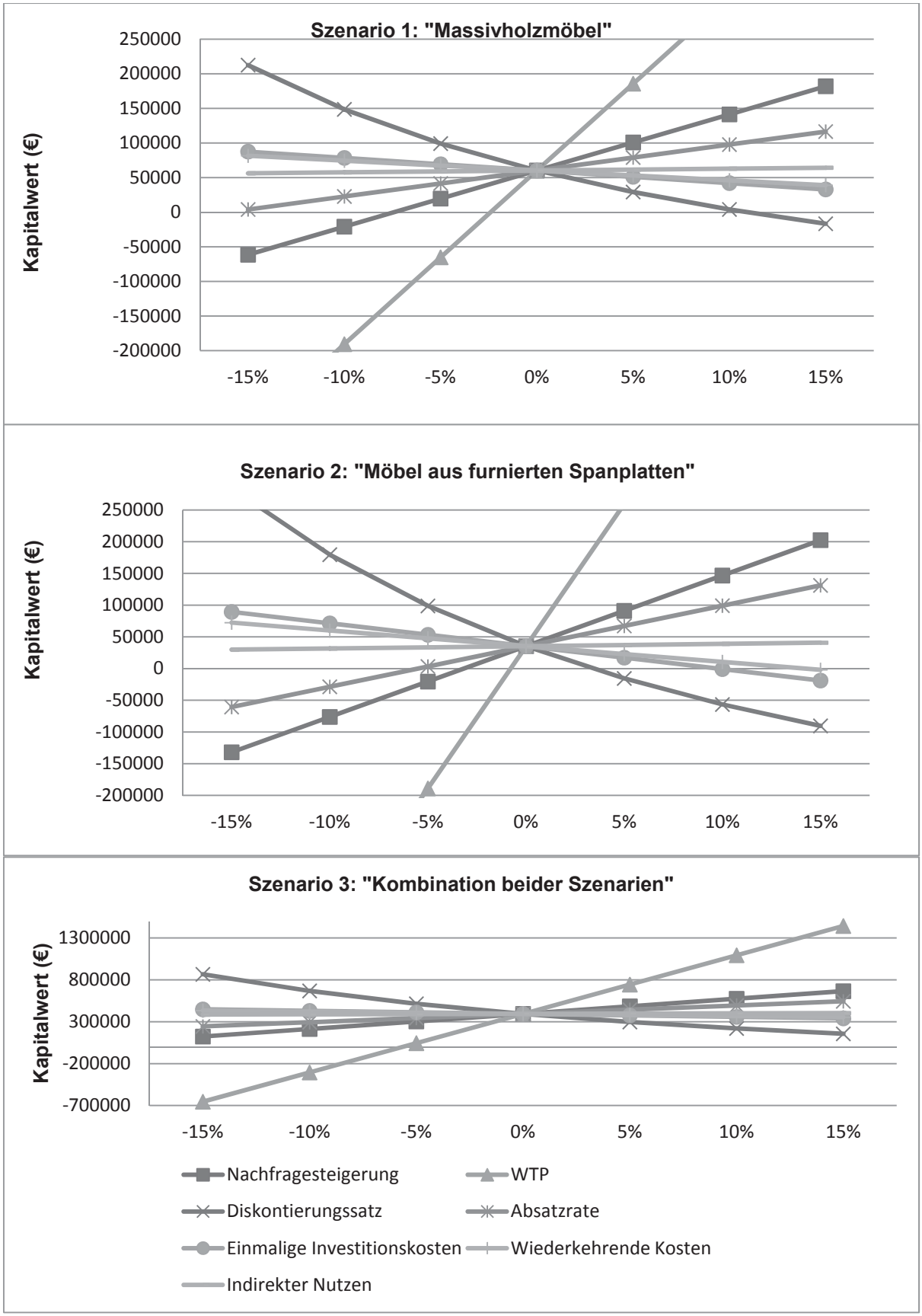


Abbildung 5-7: Auswirkungen der Parameteränderungen auf den Kapitalwert der TTS-Investition

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die Auszahlungen in Form der **einmaligen Investitions- und wiederkehrenden Kosten** beeinflussen den aktuellen Wert, aber in geringerem Ausmaß als die bisherigen Parameter. Nur die 10%-ige Erhöhung der Kosten in Szenario 2 führt zu einem negativen Kapitalwert. Der Einfluss der laufenden Kosten ist niedriger als der Einfluss der einmaligen Anschaffungskosten, weil die Kombination verschiedener Marker-Technologien und die Umsetzung der zentralen Drehscheibe für die Integration und Kommunikationsschichten die laufenden Kosten reduzieren. Die geringere Sensitivität kann wichtig sein, falls die Kosten höher ausfallen als die Schätzwerte. Da die Technik neu ist und die höhere Ausleserate nur durch intensive Tests zu erreichen ist, könnte die Testphase umfassend und aufwendig sein. Darüber hinaus muss die Kombination mehrerer Methoden der Rückverfolgbarkeit sichergestellt werden. Die Ausfallzeiten, die bei der Einführung des Systems entstehen können, erhöhen einmalige Anschaffungskosten. Preissteigerungen bei Datenträgern, verschiedene Anpassungen, die schrittweise Erweiterung des Systems und sogar unerwartete Wartungsarbeiten sind Faktoren, welche die Höhe wiederkehrender Kosten beeinflusst.

Der **indirekte Nutzen** hat einen geringen Einfluss auf den Kapitalwert. Ein möglicher Grund ist die lückenhafte Untersuchung der positiven Effekte von T & T-Systemen im B2B-Bereich. So gibt es noch keine Untersuchung der Beziehungen zwischen B2B- und B2C-Effekten. Bspw. können positive Auswirkungen im B2B-Bereich B2C-Effekte beeinflussen. Die T & T-Systeme können dabei helfen, die Schwachstellen der aktuellen praktischen Umsetzung der Chain-of-Custody-Zertifizierung (s. Kapitel 4.1) zu überwinden, was das Konsumentenvertrauen in das Produkt positiv beeinflussen kann.

Die beiden Szenarien beziehen sich auf relativ kleine Unternehmen. Um ein größeres Unternehmen zu veranschaulichen, können beide Szenarien zusammengeführt werden, so dass der Möbelhersteller Bücherregale aus Massivholz und furnierten Spanplatten (Szenario 3) herstellt. Unter der Annahme, dass die Furniere von Sägewerken hergestellt werden, kann die Investition rentabel sein bei WTP => 8.03 % und $d_{T\&T\text{-}System}$ = 0 %. Sind WTP = 12,2 % und $d_{T\&T\text{-}System}$ = 10 %, dann beträgt der Kapitalwert für die gesamte Supply Chain 394154,51 €. Die Sensitivitätsanalyse für Szenario 3 zeigt, dass nur ein Parameter als kritisch zu betrachten ist, nämlich WTP (s. Abbildung 5-7). Aber auch hier sind Verbesserungen zu beobachten. Der Kapitalwert bleibt positiv bei der 5%-Reduktion der WTP.

5.1.3 Diskussion

Das vorgeschlagene System ermöglicht die lückenlose Rückverfolgbarkeit auf Itemebene. Die entlang der gesamten Supply Chain erhobenen Daten sind die Basis für die Bereitstellung von relevanten Produktinformationen, auf die über Smartphones an der POS zugegriffen werden kann. Um dies zu erreichen, wurde ein System auf Basis der Vier-Schichten-Systemarchitektur konzipiert. Die Zusammenfassung der wichtigen Punkte der Konzeption mit zugehörigen Herausforderungen ist Tabelle 5-12 zu entnehmen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Schicht/Voraussetzung	Beschreibung	Herausforderungen
Voraussetzungen		
Standards	EPCglobal-Spezifikationen ➔ Konzept „Data-on-network“	Andere Standards sind zu entwickeln, beispielsweise für Data-on-Tag bei Möbelherstellern
Systembetreiber	Unabhängige Organisation ➔ Daten in Zentraldatenbank (EPCIS) Möbelhersteller ➔ PIS	Potentieller Verlust der Kontrolle über Daten bei Supply-Chain-Teilnehmern ➔ Vertrauen zwischen Teilnehmern
Vier-Schichten-Systemarchitektur		
Infrastrukturebene	Identifikation der TRUs auf Itemebene durch die Kombination von RFID- und Ink-Printing-basierten Lösungen; Ausstattung jeder Lieferung oder Handelseinheit mit RFID-Tag bietet eine Backup-Lösung, wenn die Markierung mit Ink-Printing nicht lesbar ist	Schwierigkeiten bei der Erzeugung der TRU in kontinuierlichen Prozessen. Lösung: Einsatz von Prozessdaten für TRU-Identifikation ➔ Prozessdaten müssen laufend und automatisch aufgezeichnet werden; Umfangreiche Tests, vor allem, um die maximal mögliche Leserate zu erreichen: Auswahl des geeigneten Datenträgers (resistent gegen Feuchtigkeit im Holz und geeignet für den industriellen Einsatz), die Bestimmung des Installationsortes für Datenträger, der Position der Antennen und Kameras für stationäre Lesegeräte
Integrations- und Kommunikationsebenen: • **Datenverknüpfung**	Erfassung der Transformationsdaten	Vorhandensein von Umweltinformationssystemen im Unternehmen für die Erfassung des CO_2-Fußabdruckes; Bevor die 100%-ige Leserate erzielt wird, ist es notwendig, die Rückverfolgbarkeitsinformationen in den Begleitpapieren weiterzuleiten. Dies wird auch helfen, wenn der Datenträger nicht lesbar bzw. abhanden gekommen ist, was zu einem zusätzlichen manuellen Aufwand (papierbasierte Dokumentation) oder der Entwicklung von zusätzlichen Schnittstellen (einschließlich EDI-Dokumenten) führt
• **Middleware**	Zentralelement des Gesamtsystems; steht für Integration und Kommunikation	Schlechte Skalierbarkeit und das Problem eines Single Point of Failure: Wenn es zu einem Ausfall an zentraler Stelle des Systems kommt, sind die gesamte Lieferkette und das PIS davon betroffen
Applikationsebene	Funktionalität von PIS: Zusammenstellung, Aufbereitung und Bereitstellung von relevanten Informationen bzgl. des angeforderten Objekts auf den mobilen Geräten	Eventuelle Gebühren für die erklärenden Informationen aus anderen Quellen und die Entwicklung geeigneter Schnittstellen; Weitere Studien in Bezug auf die Auswahl und Präsentation der Informationen sind erforderlich

Tabelle 5-12: Zusammenfassende Darstellung der Konzeption des vorgeschlagenen Systems

Der nächste Abschnitt widmet sich der Evaluation des vorgeschlagenen Systems, wobei unter Evaluation eine wissenschaftliche Handlung zu verstehen ist, „welche die Absicht verfolgt, Referenzmodelle zu klären, […] die Probleme und Methoden ihrer Anwendung und Überprüfung zu formulieren sowie ihren Gestaltungsbeitrag bzw. Nutzen in der Forschung und in der Praxis zu bestimmen“ (Fettke 2006b, S. 33). Die Evaluation dient primär der Prüfung der vorgeschlagenen Lösung im Lichte der zuvor abgeleiteten Anforderungen (Unterkapitel 5.1.3.1: vgl. Frank, 2010, S. 41). Die Stabilität der Lösung bei dem Wegfall der im Laufe der Konzeption getroffenen Annahmen wird in Unterkapitel 5.1.3.2 diskutiert. Auf die Probleme bzw. die Herausforderungen, die im

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Wege der Umsetzung der vorgeschlagenen Lösungen stehen, wird in Unterkapitel 5.1.3.3 eingegangen.

5.1.3.1 Umsetzung der Anforderungen

Die in Abbildung 4-19 festgelegten Anforderungen sind als erfüllt zu betrachten. Die zugehörige Begründung für die jeweilige Anforderung ist Tabelle 5-13 zu entnehmen.

Anforderung	Begründung der Erfüllung
Bereitstellung von Informationen, die aus Sicht der Konsumenten relevant sind	Im Datenmodell wurden die Klassen bestimmt, deren Attribute und Beziehungen so festgelegt sind, dass alle von Konsumenten bevorzugten Informationen mit dem System erfasst, vorbereitet und Konsumenten zur Verfügung gestellt werden können (s. Tabelle 5-5).
Bereitstellung von Erläuterungen	Um diese Anforderung zu erfüllen, wurde vorgeschlagen, das PIS verschiedene Regeln und Algorithmen nutzt, um auf Basis der Informationen u. a. aus externen Quellen die Erläuterungen optimal für Konsumenten darzustellen.
Bereitstellung der Informationen durch QR-Code-Scanning am POS, nach Kundensegmenten sortiert	Im System wurde die Anbringung des QR-Codes mit URL der mobilen Webseite mit Produktinformationen auf die Verpackung mit Bücherregal umgesetzt. Die Vorbereitung der Inhalte für die mobile Seite sowie die richtige Formatierung und Verwaltung von Seiten wird vom PIS übernommen.
Umsetzung der Anforderungen an T & T-Systeme anhand der Vier-Schichten-Systemarchitektur	Die vorgeschlagene Lösung basiert auf der Vier-Schichten-Systemarchitektur (s. Tabelle 5-12). Die Antworten auf die Fragen, die während der Konzeption auf Basis der Vier-Schichten-Systemarchitektur geklärt wurden, werden in Anhang U zusammengefasst.
Wirtschaftliche Machbarkeit der Lösungen	Die durchgeführte wirtschaftliche Analyse zeigt, dass auch die Identifikation auf Itemebene für KMU wirtschaftlich machbar ist. Um dies zu erreichen, wurde die Kombination von RFID- und Ink-Printing-Identifikationstechnologien vorgeschlagen. Der Betrieb der Integrations- und Kommunikationsebene wird von einer zentralen Stelle übernommen. Die durchgeführten Sensitivitätsanalysen zeigen, dass sowohl WTP als auch Nachfragesteigerung als Nutzen erforderlich sind, vor allem, wenn die Möbelhersteller kleine Unternehmen sind. Besonders wichtig ist dabei, die Konsumentenbereitschaft für die Informationsbereitstellung zu bezahlen. Um den von Verbrauchern zu zahlenden Betrag zu reduzieren, sind die weiteren Potenziale im B2B-Bereich zu untersuchen. Ferner wurde festgestellt, dass mit zunehmender Größe des Unternehmens die Rentabilität der Investitionen zunimmt und die Sensitivität gegenüber den Modellparametern abnimmt. Darüber hinaus wurde eine höhere Rentabilität für Massivholzmöbel als für Möbel aus furnierten Spanplatten gefunden, da Massivholzbücherregale teurer sind und auf einer kürzeren Supply Chain basieren. Die mit einer neuen Technologie und der mangelnden Erfahrung verbundenen Risiken können durch hohe Stabilität des Kapitalwertes bzgl. der Kostenveränderungen abgemildert werden. Außerdem gilt, je größer die WTP und je kleiner die Nachfragesteigerung sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass Möbelhersteller die anderen Teilnehmer finanziell zu unterstützen haben.

Tabelle 5-13: Erfüllung der Anforderungen (T & T-Systeme im B2C-Bereich)

5.1.3.2 Diskussion über getroffene Annahmen

Es wurden Annahmen sowohl bei der Konzeption der Lösung als auch bei der Ausarbeitung des Kosten-Nutzen-Modells und Berechnung des Anwendungsfalls getroffen.

Konzeption der Systemlösung

Bei der Konzeption wurde bewusst die Anzahl der getroffenen Annahmen gering gehalten. Die wichtigste getroffene Annahme ist das Vorhandensein einer **zentralen unabhängigen Stelle für den Betrieb der Integrations- und Kommunikationsebene**. Dies ist erforderlich, um die multilateralen Beziehungen zwischen Teilnehmern, die auch gleichzeitig in mehreren Supply Chains agieren, im Griff zu haben. So ist es dem Forstbetrieb nicht bekannt, bei welchem Endwarenhersteller das

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

bereits von Sägewerken/Furnierwerken und/oder Spanplattenherstellern verarbeitete Holz landet. Dadurch ist der Betrieb der Integrations- und Kommunikationsebenen bei einem konkreten Möbelhersteller als praktisch unmöglich anzusehen. Diese unabhängige Organisation kann zudem die schrittweise Entwicklung eines Standards für die Rückverfolgbarkeit in der Holzwirtschaft unterstützen, nach dem Vorbild des Independent Certificate for European Log Transport (ICELT), welches ein Gütesiegel für diejenigen Holztransporte vergibt, bei welchen durch den Telematikeinsatz Logistikoptimierung ermöglicht und Holzdiebstahl vorgebeugt wird (vgl. ICELT o. Jg.a).

Als ein möglicher Ausgangspunkt für eine solche Struktur wurde beispielhaft das Data Competence Center e.V. vorgeschlagen, da dieses Zentrum bereits über eine passende Systemarchitektur verfügt, die zu erweitern ist. Es ist auch möglich, dass für jede Stufe der Supply Chain eine eigene bzw. einige Organisationen zum Einsatz kommen. So können für Forstbetriebe die ländlichen Forstämter den Betrieb der Integrations- und Kommunikationsebene übernehmen, für Holztransport kommt ICELT in Frage und für die restlichen Stufen der Supply Chain das Data Competence Center e.V. An dieser Stelle ist anzumerken, dass verschiedene Kombinationen aus unabhängigen Einheiten möglich sind, solange die Lösungen miteinander kompatibel sind und eine lückenlose Rückverfolgbarkeit entlang der Supply Chain ermöglichen. Die Basis dafür stellt der Einsatz von EPCglobal Network-Spezifikationen dar.

Eine weitere Annahme bezieht sich auf die **Rückverfolgbarkeit von Zusatzstoffen**, die an unterschiedlichen Stellen der Supply Chain zum Einsatz kommen. In der Lösung wurde eine lückenlose Rückverfolgbarkeit von holzbasierten Materialien umgesetzt. Die Lieferanten von Zusatzstoffen wurden im System nicht berücksichtigt. Die optimale Lösung wäre es, dass die Lieferanten am EPCglobal teilnehmen und für die Chargen mit Zusatzstoffen die entsprechenden EPCs vergeben. Wenn dies nicht der Fall ist, dann muss der Teilnehmer der Supply Chain, bei dem diese Zusatzstoffe eingehen, die Charge digitalisieren und im System als TRU erfassen. Dafür muss er eine ID-Nummer für die Charge vergeben, welche mit zugehörigen Informationen verknüpft wird. Um dies umzusetzen, muss der Teilnehmer am T & T-System von Lieferanten verlangen, zumindest Chargennummer und Herstellungsdatum mitzuteilen. Für die nachträgliche Erzeugung der TRU stehen Web-Formulare (manuelle Eingabe) zur Verfügung.

Ausarbeitung des Kosten-Nutzen-Modells

Die **Vereinfachung des Modells auf die Kosten und Nutzeffekte**, die in Abbildung 5-6 zusammengefasst wurden, ist auf zwei Gründe zurückzuführen. Zum einen ist die Verfeinerung der Kosten erst nach einer prototypischen Implementierung der vorgeschlagenen Lösung möglich. Zum anderen sind weitere Untersuchungen der Nutzeffekte erforderlich. Diese Untersuchungen werden teilweise in den kommenden Abschnitten durchgeführt.

Eine weitere Annahme bezieht sich auf die **konstante Nachfragesteigerung**. Es ist davon auszugehen, dass die Wettbewerber mit verkaufsfördernden Maßnahmen reagieren, was die Nachfragesteigerung im Laufe der Zeit reduzieren kann. Allerdings kann eine ausreichend hohe WTP diese negative Tendenz kompensieren. Zudem ist davon auszugehen, dass die Konsumenten, die Wert auf Informationen legen und sich daran gewöhnt haben, diese Informationen für Bücherregale zu erhalten, auch die Informationsbereitstellung für weitere Holzmöbelsortimente wünschen. Diese

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

schrittweise Erweiterung ist leichter für solche Unternehmen vorzunehmen, die bereits über die entsprechende Erfahrung verfügen und die notwendige Systemarchitektur besitzen. Weiterhin können diejenigen Unternehmen, die als erste die Innovationen einführen, neue Nischen erschließen.

Die Annahme über die **Transformationskoeffizienten für nicht-produzierende Unternehmen** entspricht der Realität. Sowohl die Transport- als auch Handelsunternehmen können die logistischen Einheiten transformieren. Sie führen keine Transformationen an Rohstoffen, Halb- und Fertigwaren durch.

Die Annahme über **die Verteilung der Kosten für Middleware** ist auch gerechtfertigt. Die Kosten, die von Möbelherstellern zu tragen sind, die den neuen Service für Kunden anbieten, werden nicht nur durch die Nutzeffekte im B2B-Bereich sondern auch durch WTP abgedeckt. Die ökonomischen Analysen haben gezeigt, dass sogar bei KMU mit rentablen Investitionen zu rechnen ist. Die Kosten, die zu zahlen sind, können in Abhängigkeit von der Absatzrate des Herstellers verteilt werden. Gerade die Absatzrate gibt einen Hinweis auf die Anzahl der Objekthistorien, die bei EPCIS zu speichern sind. An dieser Stelle ist noch einmal zu betonen, dass die Erschließung weiterer Effekte im B2B-Bereich wie die Unterstützung der Zertifizierungsprozesse, Verbesserung der Geschäftsprozesse und/oder Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben die Rentabilität der Investitionen erhöhen kann. Unter welchen Bedingungen dies möglich ist, wird in den nächsten Abschnitten diskutiert.

Berechnung des Anwendungsfalls

Bei der Berechnung wurden die **Ausgaben der Einzelhändler** nicht berücksichtigt. Die Ausgaben der Einzelhändler beziehen sich auf ein internetfähiges mobiles Gerät, das in der Lage ist, QR-Codes zu lesen. Als Beispiel kann ein Smartphone genannt werden. Da hier nicht unbedingt die neueste Variante genommen werden muss, ist es auch möglich, ältere Modelle deutlich unter 200 € zu kaufen (vgl. Huch 2015), was im Vergleich zu einmaligen Anschaffungskosten in der Supply Chain zu vernachlässigen ist.

Der **Verzicht auf die Betrachtung der Transportunternehmen** ist wie folgt begründet: Die Verkehrsmittel der Transportunternehmen werden oft mit Telematik und Tablet Personal Computer ausgestattet, so dass die Integration zum System jederzeit möglich ist. Solange zudem keine Änderungen an logistischen Einheiten vorgenommen werden, ist die Erfassung beim Warenausgang der vorherigen Stufen und dem Wareneingang der nachgelagerten Stufen ausreichend, um die von Konsumenten bevorzugten Informationen zu erfassen. Anders sieht die Situation aus, wenn an Umschlagsknoten die Transformationen an logistischen Einheiten passieren. Solche Knoten müssen auch mit mobilen Readern ausgestattet werden. Dann ist dieser Umschlagspunkt genauso wie jede Stufe der Supply Chain zu behandeln, die vor dem Möbelhersteller liegt. Es ist zu vermuten, dass solche Umschlagsknoten in Supply Chains mit höheren Umsätzen häufiger zur Erscheinung kommen. Wie bereits gezeigt wurde, sind die Rentabilität der Investitionen bei größeren Unternehmen höher und die Sensitivität zu Veränderungen bei Parameterwerten geringer.

Obwohl das Modell und der Anwendungsfall auf einigen Annahmen basieren, können wichtige Schlussfolgerungen gezogen werden. Erstens sind die Investitionen rentabler für Massivholzprodukt-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

te und für größere Unternehmen. Zweitens ist die WTP eine wichtige Determinante für die Motivation der Möbelhersteller, das System einzuführen. Daher sollten die Verbraucher die Kosten teilweise kompensieren. Der Anteil kann durch die Berücksichtigung des indirekten Nutzens reduziert werden. Drittens hängt der Erfolg von der Bereitschaft ab, sich gegenseitig finanziell zu unterstützen. Insbesondere müssen Möbelhersteller bereit sein, die Hardware zu kaufen und die Wartungskosten von Hardware teilweise zu finanzieren. Eine mögliche Verteilung der Kosten und Nutzen wurde auch vorgeschlagen. Im Gegenzug gründet diese Bereitschaft zur Neuverteilung auf Vertrauen und Machtdistribution entlang der Supply Chain.

5.1.3.3 Herausforderungen

Das im vorherigen Abschnitt angesprochene **Vertrauen und die Machtverteilung** gehören zu Eigenschaften des darunter liegenden Wertschöpfungsnetzwerkes. Jedoch wurde bis jetzt die Organisationsspezifika des Wertschöpfungsnetzwerkes für Holzmöbel, welche die Einführung von interorganisationalen IS unterstützt, kaum untersucht. Da es bei dem vorgeschlagenen System nicht nur um den Informationsaustausch, sondern auch um die Bereitschaft, sich gegenseitig finanziell zu unterstützen und Regeln für die Kosten- und Nutzenverteilung zu vereinbaren geht, ist es zu empfehlen, in weiteren Studien die identifizierte Forschungslücke zu untersuchen.

Eine weitere Herausforderung stellt die **Standardisierung** dar. Während Standards für die Daten auf Datenträgern festgelegt sind, ist immer noch zu klären, welche Daten auf Silo-RFID-Transpondern zu speichern sind. Die wichtigen Vorgaben wurden bereits im Datenmodell mit der Klasse „Silozelle“ (s. Abbildung 5-3) gemacht; ob weitere Angaben noch wichtig sind, ist zwischen den Teilnehmern zu klären. Zudem muss auch festgelegt werden, wie die Geschäftsdokumente auszutauschen sind. Zum einen können basierend darauf zusätzliche Informationen gewonnen werden. Zum anderen wird dadurch die Backup-Lösung umgesetzt, falls die Datenträger unlesbar sind oder verloren gehen. Hier ist es möglich, einen branchenneutralen Standard entlang der gesamten Supply Chain zu verwenden, wie z. B. EANCOM als weltweiten und am weitesten verbreiteten EDI-Standard, der zudem auf GS1-Nummerstandards basiert (vgl. GS1 o. Jg.b). Eine weitere Möglichkeit ist die Nutzung von branchenspezifischen Standards wie ELDAT als Datenschnittstelle zwischen Forst- und Holzwirtschaft (vgl. KWF o. Jg.). Im ELDAT-Standard wurden bereits Felder für Transponderdaten und Transponderposition zur Verfügung gestellt (vgl. Urbanke 2010, S. 9 ff.). Als Nachteil ist an dieser Stelle zu nennen, dass der Standard für deutschsprachige Länder zum Einsatz kommt. Verwendung kann auch der PapiNet-Standard finden. PapiNet hat eine komplette Reihe von XML eDocuments für B2B – Informationsaustausch für die Forst- und Holzwirtschaft definiert (hier und im Folgenden Karlsen/Puntanen 2009, S. 13 ff.). Zudem unterstützt dieser Standard den Austausch von Harvesterdaten, die nach dem stanFord-Standard erfasst wurden. Im Rahmen des Projektes „IndisputableKey“ wurden ein weiteres Element und zugehörige eDocuments entwickelt, die es erlauben, typische Geschäftsdokumente (Bestellung, Lieferavis, Rechnung etc.) mit den TRU-bezogenen Daten zu kombinieren. Diese Erweiterungen sollen in Zukunft in den PapiNet-Standard übernommen werden.

Die Herausforderungen, die während der **Umsetzung der Vier-Schichten-Systemarchitektur** entstehen, wurden bereits in Tabelle 5-12 aufgelistet. Jede dieser Herausforderungen kann die

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Kosten für das System steigern. So ist es wichtig, eine hohe Leserate des Datenträgers zu erreichen. Dazu ist es erforderlich, zunächst die **optimale Position der Hardwarekomponenten** sowohl der Datenträger auf Objekten als auch der Schreib-/Leseeinheiten auf der entsprechenden Stufe der Supply Chain zu bestimmen. Da sich der RFID- und Ink-Printing-Einsatz in den holzbasierten Supply Chains auf die Pilotstudien oder kleine, oft lokale Lösungen beschränkt (vgl. Friedemann 2014, S. 191), ist mit geringem Know-How und Erfahrung auf diesem Gebiet zu rechnen. Deswegen wird es erforderlich sein, Tests durchzuführen, um eine hohe Leserate zu erreichen. Zudem muss **eine Backup-Lösung** für die Nicht-Lesbarkeit von Datenträgern umgesetzt werden. In der Lösung wurde bereits die Kombination von Ink-Printing auf Itemebene und RFID auf Ebene der Handels- oder logistischen Einheiten vorgeschlagen. Weiterhin ist es zu empfehlen, solche Datenträger zu verwenden, die neben dem automatischen Lesen auch Lesen durch Menschen ermöglicht, z. B. RFID-Transponder, welche auch auf dem Label menschenlesbaren Text anbietet. Es ist zudem wichtig, in Geschäftsdokumenten Bezug auf die TRU-Identifikation zu nehmen.

Um dem **Problem eines Single Point of Failure** bei der Middleware entgegen zu wirken, sind alle Komponenten redundant auszulegen. Dies kann sich negativ auf die Kosten auswirken. Um die **von Konsumenten erwünschten Erklärungen** zur Verfügung zu stellen, ist es evtl. erforderlich, einige Benchmark-Werte nur gegen Gebühren von externen Quellen zu ziehen. Um die Ausgaben hier zu reduzieren, ist es wichtig, weitere Studien mit Konsumenten durchzuführen, um in Kenntnis zu bringen, welche Erklärungen konkret und in welcher Form erwünscht sind.

Als letztes ist die **Erzeugung der TRU in kontinuierlichen Prozessen** anzusprechen. Die Präzision hängt stark davon ab, wie gut die Ströme und deren Eigenschaften mit Experimenten untersucht wurden. Sogar in diesem Fall sind die Daten historisch. Um auf die aktuellen Abweichungen in Prozessen zu reagieren, ist es von Vorteil, nicht nur die Zeit als Prozessvariable sondern auch die weiteren Variablen wie z. B. Feuchtegehalt zu berücksichtigen. Um dies umzusetzen, müssen entsprechende Kontrollsysteme in den Unternehmen existieren, welche diese Daten erfassen. Zudem müssen die zugehörigen RTD-Funktionen aufgestellt werden.

Die hier aufgezeigten Herausforderungen sowie die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigen, dass neben den B2C-Effekten auch die Effekte im B2B-Bereich zu erschließen sind. Dies ist erforderlich, um die Höhe der WTP für Konsumenten zu reduzieren und die quantifizierbaren Nutzeffekte bei Teilnehmern der Wertschöpfungsnetzwerke insbesondere auf den Stufen am Anfang des Netzwerkes zu erhöhen. Dafür sind schrittweise Erweiterungen der vorgeschlagenen Lösungen vorzunehmen. So wird im nächsten Abschnitt diskutiert, welche Erweiterungen notwendig sind, um die ausgearbeitete Lösung zur Unterstützung der CoC-Umsetzung zu verwenden.

5.2 Tracking & Tracing-Systeme für die Unterstützung der CoC-Zertifizierung am Beispiel Holzmöbel

In diesem Abschnitt wird die bereits ausgearbeitete T & T-Systemlösung auf ihre Eignung für die Beseitigung von Schwachstellen der CoC-Zertifizierung überprüft. Dies ist erforderlich, um festzustellen, ob mit der Systemlösung aus Kapitel 5.1 auch das Potenzial „Unterstützung der CoC-Zertifizierungsprozesse“ erschlossen werden kann. Dafür wird analysiert, ob diese Lösung den in

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Unterkapitel 4.1.3 festgelegten Anforderungen genügt. Weiterhin wird mithilfe des bereits in Kapitel 5.1.2.2 dargestellten Anwendungsfalls die Wirtschaftlichkeitsanalyse der erweiterten Lösungen durchgeführt, um basierend darauf zu identifizieren, ob diese Erweiterung profitabel ist.

Anforderung nach unterschiedlichen Auto-ID-Methoden für Holz und Holzerzeugnisse entlang der Wertschöpfungskette. Diese Anforderung ist als erfüllt zu beurteilen. Die vorgeschlagene Lösung erlaubt die Rückverfolgbarkeit auf der Itemebene, wobei jedes Item zu jedem Zeitpunkt mithilfe von RFID, Ink-Printing und/oder Prozessdaten eindeutig identifizierbar ist (s. Tabelle 5-3). Dies macht es möglich, auf die physische Trennung zwischen zertifizierten und nicht zertifizierten Materialflüssen zu verzichten. Um zu wissen, ob die betrachtete TRU nach dem CoC-Standard zertifiziert ist, sollte die TRU-Produkthistorie auch den Zertifizierungsstatus der Einheit umfassen. Diese Erweiterung ist im Datenmodell des Systems (s. Abbildung 5-3) vorzunehmen. Zu den bereits vorhandenen Datenstrukturen werden die neuen Klassen, neuen Beziehungen sowie die neuen Attributen hinzugefügt. In Abbildung 5-8 werden die notwendigen Erweiterungen im urspünglichen Datenmodell (s. Kapitel 5.1.1.3) visualisiert. Auf die Darstellung der Datenstrukturen (Klassen und Beziehungen), die nicht geändert werden müssen, wird verzichtet. Diese sind Abbildung 5-3 zu entnehmen.

Bei der Erweiterung ist zu beachten, dass der Zertifizierungsstatus mehrere Attribute umfasst: Zertifizierungsschema (z. B. PEFC und/oder FSC), Status („zertifiziert“, „recycelt“), jeweiliger Prozentsatz. Da eine Einheit auch nach mehreren Standards zertifiziert sein kann, ist die Klasse „TRU“ um ein Array zu erweitern, welches wiederum aus Objekten der Klasse „Zertifizierung“ besteht.

Anforderung eines integrierten T & T-Systems mit zentraler Datenbank, die auch Zugriff auf digitale Zertifikate für Endverbraucher anbietet. Diese Anforderung besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil bezieht sich auf die Konzeption eines integrierten Systems, die auf einer Vier-Schichten-Systemarchitektur basiert sowie zentrale Datenspeicherung verwendet. Dieser Teil der Anforderung kann als erfüllt angesehen werden (s. Unterkapitel 5.1.3). Im Gegensatz dazu ist der zweite Teil der Anforderung bzgl. der Bereitstellung digitaler Zertifikate an Konsumenten noch zu erfüllen. Das in Unterkapitel 5.1.1.3 ausgearbeitete Modell enthält u. a. die Klasse „Digitaler Nachweis“, die bis zu diesem Zeitpunkt erforderlich war, um zu ermitteln, ob das Holz aus der nachhaltigen Waldbewirtschaftung kommt (Zertifikat für Forstbetriebe). Die Nutzung dieser Klasse kann auf die Teilnehmer der gesamten Supply Chain ausgedehnt werden. Das Zertifikat des Möbelherstellers kann dabei dem Konsumenten am POS zur Verfügung gestellt werden. Dafür kann das PIS neben den drei Informationspaketen auch die Option zum Aufruf eines digitalen Zertifikatsnachweises anbieten. Es ist zu vermuten, dass diese Option für ökologisch orientierte Konsumenten interessant sein könnte.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

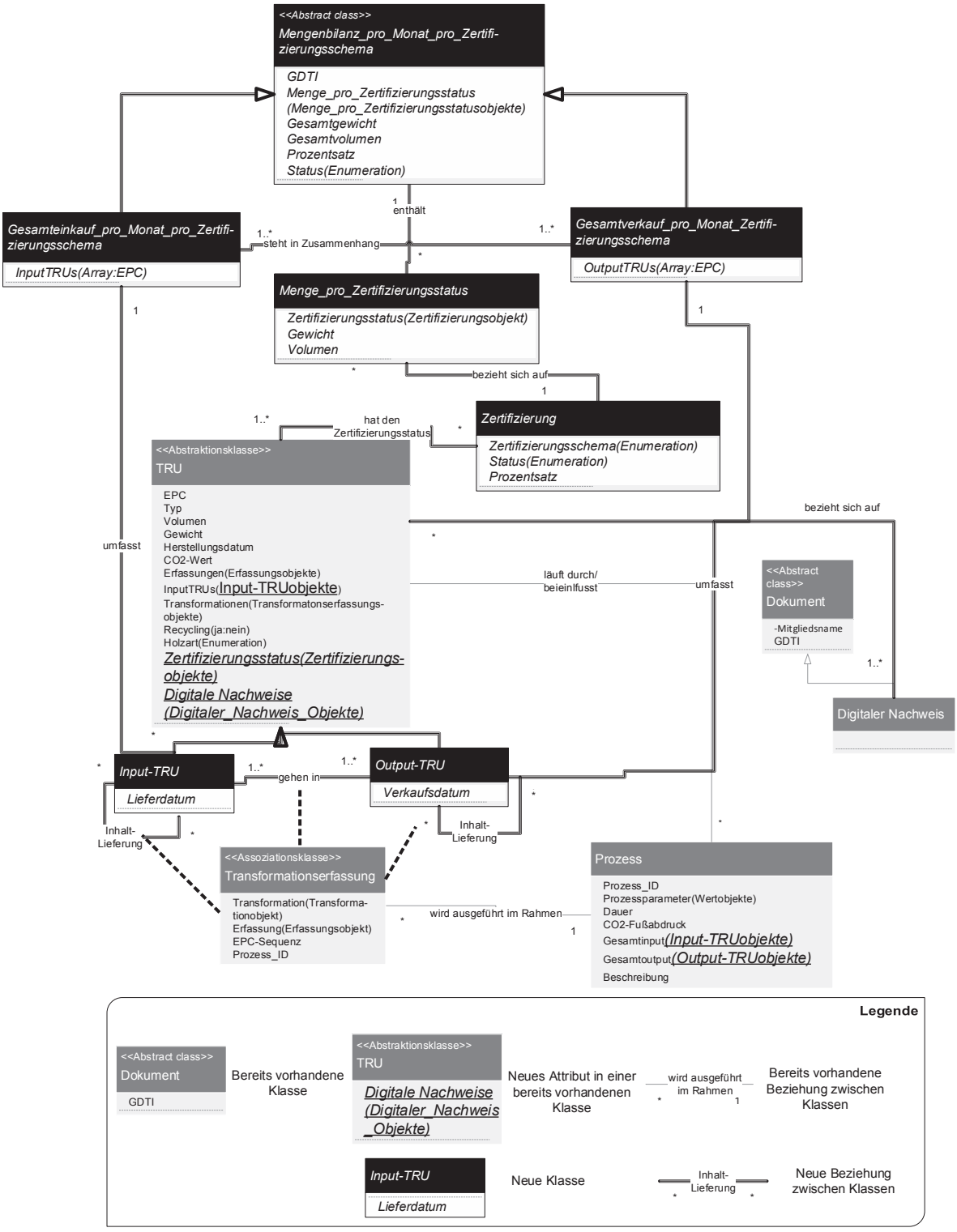


Abbildung 5-8: Erweiterung des Datenmodells

Anforderung von Verknüpfung der Daten über Input und Output während der Transformation. Die Datenverknüpfung von Input und Output war ein wichtiger Punkt während der Konzeption der Systemlösung (s. Unterkapitel 5.1.1.3). Um die Prozentsatzmethode zu nutzen, sind jedoch Anpassungen im Datenmodell vorzunehmen, da bei dieser Methode die Mengenbilanzen über den Gesamtinput- und -ouput pro festgelegter Periode, z. B. einen Monat, besonders wichtig sind. Dabei kommen sowohl Transfersysteme (einfacher Prozentsatz) als auch Mengenbilanzierungssysteme (Mengenguthaben) zum Einsatz. Die Regel für die Berechnung des Prozentsatzes bzw. Mengen-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

guthaben unterscheiden sich nach den verwendeten Zertifizierungsschemas. So wird beim FSC-Transfersystemen der FSC-Status einer Inputeinheit auf die Outputeinheit übertragen, wobei bei der Mischung mit unterschiedlichen FSC-Status jeweils nur der geringwertige Status übertragen werden (vgl. FSC Deutschland o. Jg., S. 14). Der einfache Prozentsatz bei der PEFC-Zertifizierung ergibt sich, indem die Menge der „PEFC-zertifizierten" Holzrohstoffe zu der Menge der „nicht-PEFC-zertifizierten" Rohstoffe ins Verhältnis gesetzt wird (vgl. hier und im Folgenden PEFC Deutschland e.V. o. Jg., S. 12). Bei der Mengenguthaben-Methode wird das Mengenguthaben berechnet, das mit einer beliebigen Anzahl von Prozentsätzen angewendet wird, solange der errechnete Anteil der zertifizierten Ware am Gesamtverkauf nicht höher ist als der errechnete Anteil des zertifizierten Rohstoffs am Gesamteinkauf. Bei einer Entscheidung für das Mengenguthaben besteht ferner die Möglichkeit, Guthaben über einen Zeitraum von maximal 12 Monaten zu akkumulieren.

Um die Mengenbilanzierung durchzuführen, sind weitere Klassen im Modell erforderlich: die Klasse „Gesamteinkauf_pro_Monat_pro_Zertifizierungsschema", welche das Mengenguthaben für jedes Zertifizierungsschema enthält, sowie die Klasse „Gesamtverkauf_pro_Monat_pro_Zertifizierungsschema", welche den Anteil der zertifizierten Waren am Gesamtverkauf abbildet. In Abbildung 5-8 werden die notwendigen Erweiterungen im Datenmodell vusialisiert.

Die Änderungen, die vorzunehmen sind, betreffen die Integrationsebene, insbesondere die Datenverknüpfung, welche vom Betreiber (Daten Competence Center e.V. der Verbände der Holz- und Möbelindustrie Nordrhein-Westfallen e.V.) durchzuführen sind. Die Änderung ist auch von Möbelherstellern bzgl. des PISs vorzunehmen, um die digitalen Nachweise zur Verfügung zu stellen. Aus Sicht der anderen Teilnehmer der Supply Chain handelt es sich um eine Entscheidung bzgl. des Datenabrufs. Die Daten können manuell am dezentralen Knoten des Systems abgerufen werden, z. B. am Rechner via des Web Portals, das von der Drittpartei zur Verfügung gestellt wird. Die Daten können dann bearbeitet und auch in einer zentralen Datenbank (z. B. im Teil, der für das Unternehmen zur Verfügung steht) gespeichert werden. Die weitere Vorgehenswese ist der PIS-Umsetzung ähnlich. Die Teilnehmer können die Daten periodisch (einmal monatlich) per Pull-Prinzip abrufen und automatisch in interne Systeme des Unternehmens übertragen. Die zuständigen Sachbearbeiter werden dann ausgehend von diesen EPCIS-Daten und Stammdaten, die bei ihnen gespeichert sind, die Berichte erstellen und diese intern bearbeiten. Die Entscheidung über die Vorgehensweise ist von der IT-Affinität des betroffenen Unternehmens abhängig. Wie die empirische Untersuchung in der Rundholz-Supply-Chain zeigte, hat die Größe des Unternehmens einen signifikanten Einfluss auf die Bereitschaft, IS einzuführen (s. Unterkapitel 4.2.2.4). Somit ist davon auszugehen, dass kleine Unternehmen die Berichtserstellung als Software as a Service in Anspruch nehmen. Im Gegensatz zu der SaaS-Lösung werden die mittleren und großen Unternehmen dazu tendieren, die Daten der Drittpartei automatisch in eigene Systeme zu integrieren, um sie mit internen IS zu verarbeiten. Deswegen ist es wichtig, beide Varianten zur Verfügung zu stellen. Ausgehend davon, dass für die Umsetzung der Erweiterungen geringfügige Änderungen erforderlich sind, ist mit einer geringen jedoch zusätzlichen Gebühr für die SaaS-Lösung zu rechnen (Einrichtungsgebühr (EG_i) und Nutzungsgebühr NG_i)). Auf diese Gebühr kann bei der Integration der Daten z. B. für Möbelhersteller, die bereits die Daten für das PIS abrufen, komplett verzichtet werden. Diese Gebühr ist eine weitere Kostenkomponente, die mit der Zeit gegen Null läuft. Der Grund dafür ist, dass die fort-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

schreitende CoC-Standardisierung das Image von Holz und holzbasierten Produkten erhöht. Da die digitalen Nachweise an Konsumenten durch das PIS-System zur Verfügung gestellt werden, ist es möglich, in Zukunft Gütesiegel für dieses PIS auszustellen, was Vertrauen in das System und somit die Konsumentenbereitschaft, das System zu nutzen, steigern kann. Diese Synenergieeffekte haben positive Auswirkungen auf den direkten Nutzen des Systems. Es ist zu erwarten, dass die digitalen Nachweise die WTP erhöhen können (l_{TTS,k_i}) und/oder die Nachfrage steigern ($o_{\mathrm{TTS},k_{Möbelhersteller}\mathrm{t}}$). Somit kann der Nutzen höher als im vorherigen Abschnitt ausfallen. Da alle Input- und Outputbeziehungen während den Transformationen automatisch erfasst werden, reduziert sich die manuelle Arbeit, die erforderlich ist, um die Mengenbilanzierung durchzuführen. Zudem liegen die Daten digitalisiert vor, was dazu führt, dass die Kosten für Papier, Tinte, Wartungskosten für den Raum, wo die Unterlagen aufbewahrt werden, stark reduziert werden können. Dies bedeutet, dass die Kostenreduzierungen auch im B2B-Bereich entstehen ($KR_{i,t}$). Die Änderungen im Kosten-Nutzen-Modell werden in den nachfolgenden Formeln abgebildet. Dabei werden als Basis die Formeln 5 und 6 genommen. Diese Formeln sind um zusätzliche Kosten- und Nutzenkomponenten zu erweitern (Formel 10 und 11). Die Beschreibung der Modellparameter ist Anhang S zu entnehmen.

Formel 10:

$$KW_{\mathrm{TTS},i} = -(AK_{\mathrm{TTS},i} + EG_i) + \sum_{t=1}^{T}\left(\sum_{k_i=1}^{K_i}\sum_{k_{Möbelhersteller}=1}^{K_{Möbelhersteller}} D_{k_{Möbelherstller}t} \cdot (d_{\mathrm{TTS},k_{Möbelhersteller}\mathrm{t}} + o_{\mathrm{TTS},k_{Möbelhersteller}\mathrm{t}}) \cdot b_{i,k_i t} \cdot p_{\mathrm{i},k_i\mathrm{t}} \cdot \prod_{l=i+1}^{l=I} y_{l,k_{l,k_i}} + (IN_{i,t} + KR_{i,t}) + (KRA_{i,t} - KSA_{i,t}) - WK_{\mathrm{TTS},i,t} - NG_{i,t}\right)(1+r)^{-t}, \qquad \forall i \neq Möbelhersteller$$

Formel 11:

$$KW_{\mathrm{TTS},i} = -AK_{\mathrm{TTS},i} + \sum_{t=1}^{T}\left(\sum_{k_i=1}^{K_i}(D_{k_i,t} \cdot (d_{\mathrm{TTS},k_i\mathrm{t}} + o_{\mathrm{TTS},k_{Möbelhersteller}\mathrm{t}}) \cdot b_{i,k_i,t} \cdot p_{i,k_i,t} + D_{k_i t}\left(1 + d_{\mathrm{TTS},k_i,\mathrm{t}} + o_{\mathrm{TTS},k_{Möbelhersteller}\mathrm{t}}\right) \cdot p_{i,k_i,t} \cdot (WTP_{\mathrm{TTS},k_i} + l_{\mathrm{TTS},k_i}) + (IN_{i,t} + KR_{i,t}) + (KRA_{i,t} - KSA_{i,t}) - WK_{\mathrm{TTS},i.t}\right)(1+r)^{-t}, \qquad i = Möbelhersteller$$

Wie die Sensitivitätsanalyse in Kapitel 5.1.2.2 zeigt (s. Anhang T), führt die 5%-Steigerung der Nachfrage zu zusätzlichen Einzahlungen in Zeitperiode T=5 in Höhe von 40.563,76 € (Szenario 1), 55.747,84 € (Szenario 2) und 90.299,36 € (Szenario 3). Die 5%-ige Erhöhung der WTP ist mit zusätzlichen Einzahlungen in Hohe von 125.438,18 € (Szenario 1), 224.176,67 € (Szenario 2) und 349.614,84 € (Szenario 3) verbunden. Mit geringeren zusätzlichen Einzahlungen ist bei der Erhöhung des indirekten Nutzens zu rechnen: 1.330,89 € (Szenario 1), 1.839,09 € (Szenario 2),

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

3078,38 € (Szenario 3). Es ist selbstverständlich, dass bei dem gleichzeitigen Auftreten von drei positiven Effekten von einer verstärkten Steigerung der Einzahlungen im Rahmen der T & T-Systeminvestitionen auszugehen ist: 173.081,33 € (Szenario 1), 291.968,35 € (Szenario 2), 458.825,52 € (Szenario 3). Diesen zusätzlichen Einzahlungen stehen die zusätzlichen Kosten gegenüber. Unter der Annahme, dass EG=49,80 €, NG für TRU auf der Itemebene=0,10 € und TRU auf der Lieferungs- und Handelseinheitsebene=0,25 € sind (vgl. Wilwerding dataCargo o. Jg.b), können die Netto-Einzahlungen bzw. die Kapitalwertsteigerungen durch die Erweiterung der in Kapitel 5.1 ausgearbeiteten T & T-Systemlösungen berechnet werden (s. Tabelle 5-14).

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Zusätzliche Einzahlungen (€)	173081,33	291968,35	458825,52
Zusätzliche Auszahlungen (€)	43847,71	17007,30	60755,41
Zusätzlicher Kapitalwert der Investitionen (€)	129233,62	274961,05	398070,11

Tabelle 5-14: Steigerung der Kapitalwerte der T & T-Systeminvestition durch die Erweiterung der Lösungen zum Zweck der Verbesserung der CoC-Zertifizierung

Da die Netto-Zahlungen einen positiven Wert aufweisen, ist es zertifizierten Unternehmen zu empfehlen, mit der T & T-Systemlösung nicht nur die Konsumentenbedürfnisse nach Produktinformationen zu befriedigen sondern auch gleichzeitig die Schwachstellen der praktischen Umsetzung der CoC-Zertifizierung zu beseitigen.

5.3 Tracking & Tracing-Systeme für die Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten in der Stammholz-Supply-Chain

Die Wirtschaftlichkeitsanalysen in den Kapiteln 5.1.2.2 und 5.2 zeigen, dass die Investitionen in T & T-Systeme bei den Teilnehmern der Stammholz-Supply Chain als Teil der Supply Chain für Holzmöbel wie Forstbetriebe oder Sägewerk/Furnierhersteller negativ ausfallen, sogar wenn neben den B2C-Effekten auch die Verbesserung der CoC-Zertifizierung erschlossen wird (z. B. in Szenario 1 $KW_{Forstbetrieb}$=-4.850,70 € oder $KW_{Sägewerk}$=-17.547,68 €). In den Kapiteln 3.2.2 und 4.2.2 wurde bereits dargestellt, dass mithilfe von T & T-Systemen die B2B-Effekte erreicht werden können, die spezifisch für die Stammholz-Supply Chain sind (z. B. Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten bei Stammholzverarbeitern, der hohen Holzverluste entlang der Supply Chain, der leeren Suchfahrten beim Holztransport). Deswegen wird in diesem Abschnitt untersucht, wie die bereits ausgearbeiteten T & T-Systemlösungen für die Befriedigung der Informationsbedürfnisse von Stammholzverarbeitern geändert werden sollten (Unterkapitel 5.3.1). Der Anpassung des Kosten-Nutzen-Modells zum Zweck der Analyse der wirtschaftlichen Machbarkeit der vorgeschlagenen Lösungen widmet sich Unterkapitel 5.3.2. Anschließend wird über die herausgearbeiteten Lösungen anhand der Anforderungen diskutiert (Unterkapitel 5.3.3).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

5.3.1 Informatisierung der Stammholz-Supply Chain

Um die Beschaffungsunsicherheiten zu reduzieren, sind Informationen über Qualität und Quantität der Holzlieferung sowie über den Lieferungsstatus von Bedeutung (s. Unterkapitel 4.2.2.4), wobei nicht nur Informationen an sich sondern auch der Zeitpunkt der Informationsbereitstellung relevant sind. Die aktuellen Informationen sind die Grundlage für die Realisierung und Unterstützung der rollierenden Planung, welche eine Aktualisierung und Verbesserung der bestehenden Pläne als Reaktion auf veränderte äußere Faktoren und Umweltbedingungen ermöglicht (vgl. Alicke 2005, S. 96). Die Information über Holzqualität unterstützt die Auswahl der am besten geeigneten Sägemaschine und Sägemuster, um die Ausbeute zu erhöhen (vgl. Lundahl 2007, S. 170 f.; Uusijärvi 2010, S. 7 ff.). Die Qualitätsinformationen erlauben auch rechtzeitig die Vor- und Nacharbeit zur Qualitätsverbesserung von Produkten zu planen. Die Informationen über Holzquantität ermöglichen eine zeitnahe Reaktion auf Abweichungen, z. B. durch die kurzfristige Kooperation mit anderen Lieferanten, um Produktionsausfälle zu vermeiden. Der genaue Lieferungszeitpunkt zusammen mit Qualitäts- und Quantitätsinformationen sind die Basis für die rechtzeitige Anpassung der Produktionskapazitäten und Liefertermine für Kunden. Die Überwachung der Lieferungen (Abfrage des Lieferungsstatus) kann zudem dazu beitragen, hohe Holzverluste innerhalb des Transportes zwischen Forst- und Sägewerksbetrieben zu reduzieren (vgl. Kasturi 2005).

Die Lieferanten von relevanten Informationen sind dabei die Stufen der Supply Chain, die als Quellen der Unsicherheiten auftreten (s. Abbildung 5-9): Forstbetriebe und Transportunternehmen. Wie bereits in Kapitel 2.2 beschrieben, ist dieser Teil des Wertschöpfungsnetzwerkes durch eine Vielzahl von KMUs geprägt. Deswegen werden im Weiteren mehrere Lösungen vorgestellt, die sich in den Automatisierungs- und Integrationsgraden unterscheiden.

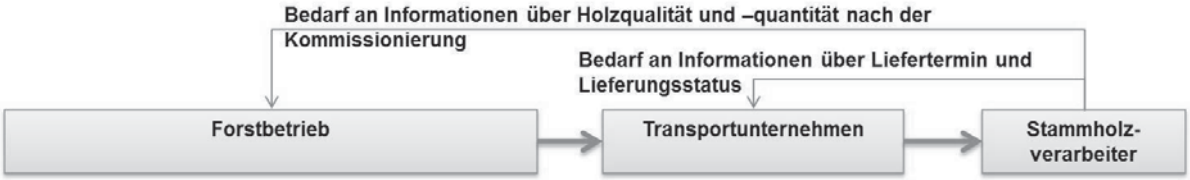


Abbildung 5-9: Informationsbedürfnisse der Stammholzverarbeiter an die vorherigen Stufen der Supply Chain

1. Variante: nicht integrierte passive T & T-Systemlösung

Diese Lösung basiert auf bilateralen Beziehungen zwischen Forstbetrieben bzw. deren Vertretern wie FBG oder WBV und Stammholzverarbeitern sowie Transportunternehmen und Stammholzverarbeitern. Die bereits in Kapitel 5.1.1.2 dargestellte Infrastrukturebene und erforderliche Hardwareaustattung sind auch hier zu verwenden. Es ist wichtig, jedes Stammholzstück eindeutig mit RFID-Technologie zu markieren. Es können hier zwei wichtige Erfassungspunkte genannt werden: Holzeinschlag, bei dem das ID-Medium aufgetragen und die ersten Qualitäts- und Quantitätsdaten erfasst werden, sowie die Holzaufnahme, bei der die Lieferungen zusammengestellt und Holzlisten erfasst werden. Es gibt zwei Wege für die Datenerfassung während des Holzeinschlages: automatisch mit zugehörigen Modulen auf dem Harvester oder manuell mit einer mobilen Datenerfassungseinheit. Bei der Kommissionierung auf der Waldstraße kommt eine manuelle Datenerfas-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

sung zum Einsatz. Ob eine automatische Erfassung während des Holzeinschlages möglich ist, hängt zum einen von der Ausstattung (Ernte mit Harvester) des Forstbetriebs ab. Zum anderen muss die finanzielle Situation des Unternehmens berücksichtigt werden. Wie Tabelle 5-7 zu entnehmen ist, kostet ein Transponder-Applikator und Harvester RFID-Reader fast das Dreifache eines mobilen RFID-Readers. Gegenüber diesen Kosten stehen dann die Ersparnisse in manueller Arbeit, die bei der Anbringung des ID-Mediums und der Dateneingabe entstehen (für die weiterführende Details s. Holzmann 2009).

Bei dem ersten Erfassungspunkt werden die Vermessungsinformationen wie Länge und Durchmesser erfasst, welche die Basis für die Ermittlung des Volumens darstellen. Zudem wird hier das Holzeinschlagsdatum erfasst. Falls die Harvester bzw. die mobilen Datenerfassungsgeräte mit GPS ausgestattet sind, besteht die Möglichkeit, die Position des Standortes zu identifizieren. Nach der Polterung der Holzstücke auf der Waldstraße erfolgt die Holzaufnahme dieses Polters, bei der die bereits erfassten Daten für jedes Einzelholzstück ergänzt werden. Zu diesem Zeitpunkt erfolgt die Holzsortierung, so wird z. B. vom Waldrevier-Manager das Holzstück einer Stärke- und Güteklasse zugeordnet. Dabei werden verschiedene Merkmale berücksichtigt, die von Bundesland zum Bundesland unterschiedlich sind. Deswegen ist die Beschreibung der Holzqualität anhand von Güte- und Stärkeklasse alleine nicht ausreichend. Zusätzlich sind weitere Informationen zu erfassen, die primär sind und von Stammholzverarbeitern als relevant eingestuft wurden. Da die Erfassung manuell erfolgt, ist sie vorerst auf als besonders relevant empfundene Informationsitems zu beschränken, z. B. diejenigen Items, welche zumindest von jedem zweiten Unternehmen mit Unsicherheiten ausgewählt wurden (Anzahl der Antworten > 21). Wie Abbildung 4-12 zu entnehmen ist, handelt es sich um 10 Produktionsitems: Baumart, Stärkeklasse, Güteklasse, Länge, Zeitpunkt des Holzeinschlages, Standort, Ästigkeit, Fäule, Krümmung, Defekte am Baum. Dabei ist anzumerken, dass Items wie Länge, Zeitpunkt des Holzeinschlages, Standort, Ästigkeit bereits beim Holzeinschlag zu erfassen sind. Sie stellen die wichtigste Voraussetzung für die darauf folgende Holzaufnahme dar (vgl. Holzmann 2009, S. 44).

Mit mobilen Lesegeräten aufgenommene Informationen für die Holzlisten werden an zentrale Datenbanken bei Forstverwaltungen[69] oder FBG bzw. WBV übermittelt. Ab diesem Zeitpunkt liegen die Daten über Holzqualität und -quantität digitalisiert vor. Diese Daten können an entsprechende Stammholzverarbeiter weitergeleitet werden, wobei zwischen zwei Methoden zu unterscheiden ist: die E-Mail-Variante z. B. mit einer angehängten PDF- oder Excel-Datei für kleine Unternehmen, die immer noch keinen Datenaustausch bzw. ausschließlich Datenaustausch auf E-Mail-Basis verwenden; die EDI-Variante für Unternehmen, die bereits jetzt IS für die Umsetzung der Supply Chain-Strategien und gegen Beschaffungsunsicherheiten einsetzen. Als EDI-Variante kann ELDAT zum Einsatz kommen. Dieser Standard wurde speziell für die Übertragung von Holzlisten entwickelt. Zur

[69] „Forstverwaltung umfasst alle mit der Bewirtschaftung des Waldes zusammenhängenden Tätigkeiten privater Waldbesitzer und öffentlich-rechtlicher Körperschaften. […] Zu den Aufgaben der Forstbehörden gehören insbesondere die Verwaltung und Bewirtschaftung des Staatswaldes, die forsttechnische Betriebsleitung und der forstliche Revierdienst im Körperschaftswald (Wald, der im Alleineigentum u. a. der Gemeinden steht) einschließlich Beratung und Unterstützung bei der Verwaltung, die Beratung, Betreuung und technische Hilfe im Privatwald, die Durchführung von Förderungsmaßnahmen, die forstliche Rahmenplanung und sonstige Fachplanungen für den Wald sowie die Ausübung der Forstaufsicht und des Forstschutzes.“ (Brockhaus o. Jg.)

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Verfügung stehen Datensätze für die Übertragung von Lieferungsdaten („HLK“), Einzelholzstückdaten im Los („HLE“) einschließlich RFID-Transponder-ID und Transponderposition auf dem Stamm, Werksdaten-Einzelholzstückprotokolle („WDE“) etc. Obwohl die meisten einzelnen Qualitäts- und Quantitätsinformationsitems bereits in Sätze aufgenommen wurden, ist es trotzdem für einige Items wie Zeitpunkt des Holzeinschlages oder Ästigkeit erforderlich, diese Daten mithilfe eines speziellen Datensatzes für zusätzliche Informationen („INF“) weiterzuleiten. Bei dieser Variante werden die Daten automatisch in interne Systeme der Stammholzverarbeiter übernommen. Der für die Befriedigung der Informationsbedürfnisse der Stammholzverarbeiter erforderliche Datenfluss im Forstbetrieb ist Abbildung 5-10 zu entnehmen.

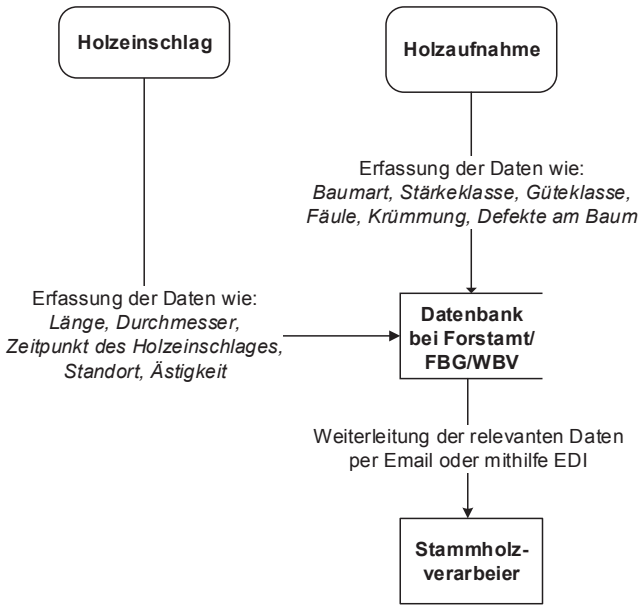


Abbildung 5-10: Datenfluss im Forstbetrieb

Das Transportunternehmen erfüllt den Lieferauftrag. Um gegenüber seinen Kunden als zuverlässiger Partner dazustehen und mit ihnen eine vertrauensvolle Zusammenarbeit zu fördern, schaffen die Spediteure mehr Transparenz durch den Einsatz von Telematik (vgl. ICELT o. Jg.b). Wie bereits in Kapitel 3.2 gezeigt, gehört oft zu den Funktionalitäten des heutigen Holztransportes ein On-Board-Computer, der wiederum über die Integration von Telematik-Anwendungen mit GPS verfügt. Diese Telematikausstattung sollte auch die Transportbewegungen und den Lieferungsstatus für Stammholzverarbeiter nachvollziehbar machen. Diese Technik in Kombination mit einem RFID-Reader ist in der Lage, die Warenströme nahezu in Echtzeit für Stammholzverarbeiter sichtbar zu machen. Da jedes Holzstück mit einem RFID-Transponder ausgestattet ist, hilft ein mobiler RFID-Reader, den Verladeprozess automatisch zu dokumentieren und den Status der aus dem Polter entnommenen Hölzer aktualisieren. Die aufgeladenen Hölzer bilden eine Lieferung, die mit einer eindeutigen ID-Nummer zu kennzeichnen ist. Die Fuhrmittel sind dank der Telematik zu jedem Zeitpunkt leicht zu verfolgen. Die Daten, die dem Spediteurunternehmen zur Verfügung stehen, können mit einer Web-Anwendung auch vom Stammholzverarbeiter eingesehen werden. Es handelt sich um typische Sendungsverfolgungssysteme, die dem Kunden erlauben, anhand einer Lieferungsnummer den Status der Lieferung sowie den voraussichtlichen Lieferungstermin zu erfahren. Die Voraussetzung dafür ist die Benachrichtigung der Stammholzverarbeiter über die bevorstehende

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Lieferung via E-Mail oder Lieferanzeige (als EDI-Dokument). Gerade das Sendungsverfolgungssystem hat u. a. zur Aufgabe, die Einzelholzstückdaten mit der Lieferung zu verknüpfen. Dadurch, wie bereits in Unterkapitel 5.1.1.3 erklärt, ist es auch möglich, die Prozesse der Umladung bei Umschlagspunkten digital abzubilden und für Stammholzverarbeiter nachvollziehbar zu machen. Der Datenfluss ist Abbildung 5-11 zu entnehmen.

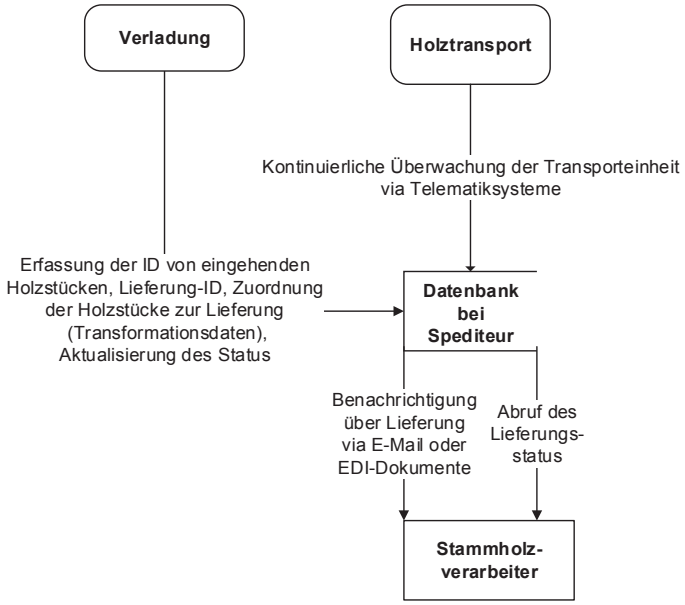


Abbildung 5-11: Datenfluss im Transportunternehmen

Die hier beschriebene Variante ermöglicht es, die Informationsbedürfnisse der Stammholzverarbeiter zu befriedigen, und basiert auf in der Stammholz-Supply-Chain bereits bekannten Lösungswegen. Es handelt sich um zwei separate Lösungen, die jeweils von der entsprechenden Stufe der Supply Chain umgesetzt werden. Die fehlende Integration und geringe Automatisierung, welche durch manuelle Arbeit ersetzt wird, können dazu führen, dass die Informationsweitergabe langwierig und fehlerbehaftet ist. Zudem stößt diese Variante mit ansteigenden Holzvolumen in der Supply Chain an ihre Grenzen. Es ist anzumerken, dass bei der bis zu diesem Zeitpunkt betrachteten Lösungsvariante auf die Kommunikation zwischen Forstbetrieb und Transportunternehmen nicht eingegangen wurde.

2. Variante: integrierte passive T & T-Systemlösung

Bei dieser Variante sind bereits erfasste Daten (s. Beschreibung nicht integrierte passive T & T-Systemlösung), die aktuell in separaten Datenbanken der Teilnehmer der Supply Chain vorliegen, zu integrieren und in einer gemeinsamen Datenbank abzulegen (Integrations- und Kommunikationsebenen der Systemarchitektur). Die in Datenflussdiagrammen dargestellten Daten (s. Abbildung 5-10 und Abbildung 5-11) werden jetzt von betroffenen Akteuren der Supply Chain in der zentralen Datenbank eingespeist. Alle Teilnehmer der Stammholz-Supply-Chain können die Daten für die Kontrolle und Steuerung der Prozesse nach ihnen zugeordneten Zugriffsrechten abrufen. Solche Lösungen sind bereits auf dem Markt vorhanden. Dabei handelt es sich um ein zunehmendes Angebot von SaaS-Lösungen (vgl. von Bodelschwingh 2006, S. 152). Wie Anhang F zu entnehmen ist, gibt es mehrere Lösungen wie z. B. LTS-Log-Tracking-System, TimberTec, Holzoffice, Zenith,

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

GeoMail oder Timber Data Intercange System (TDIS), die eine entsprechende Systemarchitektur für die Integration und Kommunikation der für die Reduktion der Unsicherheiten erforderlichen Daten zur Verfügung stellen.

Es ist bei diesen Lösungen wichtig, zu beachten, dass bei jeder Dateneinspielung die festgelegten Akteure automatisch über die Datenaktualisierung informiert werden. Zudem ist es zu empfehlen, auch hier mit EPC zu arbeiten. Dadurch wird sofort klar, welches Unternehmen den Code vergeben hat. Zudem weist die Item Reference bei SGTIN sofort auf den Artikel mit zugehörigen Qualitäts- und Quantitätseigenschaften hin. Die Artikeldifferenzierung nach von Stammholzverarbeitern als relevant betrachteten Qualitäts- und Quantitätsausprägungen kann in Zukunft helfen, auf die Bereitstellung von einzelnen Informationsitems mit konkreten Wertausprägungen zu verzichten.

Diese Idee wird bereits bei der Entwicklung einer internetbasierten Koordinationsplattform zur Holzvermarktung, integrierte forstliche Informationssysteme (IFIS) UNO, in der Schweiz verwendet. Zu den Stammdaten gehören 150 Holzsortimente, zu denen ca. 5.500 Holzartikel vordefiniert sind (vgl. hier und im Folgenden Lemm/Thees 2009, S. 506). Die Artikel werden auf Basis von Attributen wie Holzart, Durchmesser, Länge und Qualität (Krümmung, Schaden am Holz, Ovalität etc.) definiert. Die Ausprägungen der Attribute beziehen sich auf den ELDAT-Standard. Ein Holzsortiment ist dabei eine Gruppe von Artikeln, die von Kunden ähnlich verwendet oder in Mischung gekauft werden. Es beschreibt somit die Holzart und den Verwendungszweck.

3. Variante: integrierte aktive T & T-Systemlösung

Nicht jeder T & T-System-Datensatz ist aus Sicht der Stammholzverarbeiter vom Interesse. Um die kritischen Ereignisse aus der Menge der unkritischen zu identifizieren, ist ein SCEM-System erforderlich (vgl. Hege et al. 2010, S. 15). Das System wertet die T & T-System-Daten nach festgelegten Regeln aus, wobei die Ist-Daten mit Soll-Daten erfasst werden. Bei Abweichungen erfolgt die Benachrichtigung der Entscheidungsträger durch ein automatisches Versenden von Alarmsignalen und/oder eine aktive Lösung des Problems durch Anstoßen von selbstgesteuerten Workflows (vgl. Ijioui et al. 2007, S. 9 f.). Durch diese automatische Reaktion auf kritische Ereignisse erweitert das SCEM-System das reine T & T-System (vgl. Hege et al. 2010, S. 36). Das dafür erforderliche SCEM-Konzept umfasst sechs in Abbildung 5-12 dargestellte Phasen.

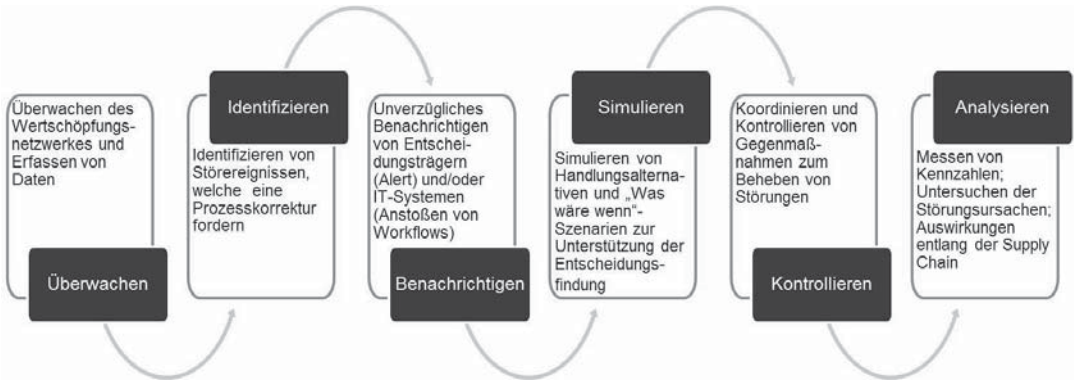


Abbildung 5-12: SCEM-Phasen[70]

[70] Vgl. Hege et al. 2010, S. 36; Teuteberg 2007, S. 41 ff.; Yufei/Detlor 2005, S. 95.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die grundsätzlichen Systemkomponenten, die erforderlich sind, um sechs Phasen umzusetzen, können in Anlehnung an SAP® Event Management wie folgt dargestellt werden (vgl. Hege et al. 2010, S. 4 ff.):

- Applikationsschnittstelle. Deren Zweck ist es, festzulegen, welche Daten und zu welchem Zeitpunkt an das Event Management kommuniziert werden müssen, um deren Verarbeitung zu starten. Dafür umfasst sie eine Integrationsschnittstelle für IS, einen Filtermechanismus für die Extraktion wichtiger Daten und ihre Weiterleitung an das Event Management. Die Applikationsschnittstelle empfängt die Objektdaten (über Lieferung und einzelne Stammholzstücke) aus T & T-Systemen, formatiert und übergibt diese zur Verarbeitung an die weiteren Komponenten.
- Control Channel und Event Controller. Die über den Control Channel weitergeleiteten Daten werden an den Event Controller übergeben, welcher einen entsprechenden Event Handler anlegt. Wenn die Transformationen an zugrundeliegenden Objekten vorgenommen werden, prüft der Event Controller, welche Daten dazu bei dem Event Handler zu speichern sind.
- Event Handler. Ein Event Handler ist ein generisches Objekt, das durch seine Struktur und Charakteristik in der Lage ist, ein physisches Objekt oder einen Prozess zu repräsentieren und die für das Event Management relevanten Daten zu speichern. Zu wichtigen physischen Objekten aus Sicht der Stammholzverarbeiter gehören Lieferung (ID-Nummer: SSCC) und einzelne Stammhölzer (ID-Nummer: SGTIN). Es ist zu beachten, dass Event Handler sowohl für das Lieferungsobjekt als auch für jedes einzelne in der Lieferung enthaltene Stammholzobjekt angelegt werden müssen.
- Regelprozessor. Das Herzstück des Event Managements ist der Regelprozessor, der Ereignisdaten nach definierten Regeln verarbeitet und entsprechende Aktivitäten auslöst. Jeder Regel werden Bedingungen zugeordnet, sowie die Aktivitäten, die ausgeführt werden sollen, falls die Bedingung wahr bzw. falsch ist. Die Regeln beziehen sich sowohl auf erwartete als auch auf unerwartete Ereignisse (s. Tabelle 5-15).

Ereignis	Regel	Aktivität
Kommissionierung der Lieferung (erwartet)	Empfangen der Daten über Lieferung und zugehörige Stammhölzer	Benachrichtigen von Stammholzverarbeitern über die bevorstehende Lieferung. Die besonders relevanten Daten sind SSCC der Lieferung (Zugriffschlüssel für die Lieferungsstatusabfragen), Liefermenge insgesamt sowie nach Stärke- und Güteklassen, Qualitäts- und Quantitätsinformationen für jedes Holzstück
	Quantität der Lieferung < bestellte Menge	Benachrichtigen von Stammholzverarbeitern über die fehlende Quantität; Vorbereiten von Vorschlägen für Stammholzbestellungen, die nach dem Überprüfen durch Entscheidungsträger ausgelöst werden können
	Qualität der einzelnen Stämme (Werte der für Stammholzverarbeiter relevanten Qualitätsinformationsitems, z. B. Anzahl und Stärkebereich der Äste in cm, Krümmung in cm pro Meter, Länge der Holzstücke in cm) < bestellte Qualität	Benachrichtigen von Stammholzverarbeitern über die mangelnde Qualität; Vorbereiten von Vorschlägen für Produktionsplanungsänderung (z. B. Auswahl der Sägemuster, der Sägeanlage, Anpassung der Produktionskapazität), die nach dem Überprüfen durch Entscheidungsträger ausgelöst werden können

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Ereignis	Regel	Aktivität
Unerwartetes Ereignis mit möglichen Auswirkungen auf den Lieferzeitpunkt (Ausfall des Transportmittels, unpassierbare Straßen)	Empfangen der Daten über unerwartetes Ereignis und Verschieben des Lieferzeitpunktes	Benachrichtigen von Stammholzverarbeitern über das Verschieben des Lieferzeitpunktes; Vorbereiten von Vorschlägen für Produktionsplanungsänderung (z. B. Anpassung der Produktionskapazität und Neuterminierung), die nach dem Überprüfen durch Entscheidungsträger ausgelöst werden können
Unerwartetes Ereignis mit möglichen Auswirkungen auf Holzqualität (Pilzbefall, Austrocknung, Risse)	Empfangen der Daten über unerwartetes Ereignis und Verschlechterung der Holzqualität	Benachrichtigen von Stammholzverarbeitern über die Verschlechterung der Holzqualität; Vorbereiten von Vorschlägen für Produktionsplanungsänderung (s. Punkt für mangelnde Qualität), die nach dem Überprüfen durch Entscheidungsträger ausgelöst werden können
Unerwartetes Ereignis mit möglichen Auswirkungen auf Holzquantität (Diebstahl)	Empfangen der Daten über unerwartetes Ereignis und Verminderung der Holzquantität	Benachrichtigen von Stammholzverarbeitern über die Verminderung der Holzquantität; Vorbereiten von Vorschlägen für Stammholzbestellungen, die nach dem Überprüfen durch Entscheidungsträger ausgelöst werden können

Tabelle 5-15: Auflistung der relevanten Ereignisse und Regeln mit zugehörigen Aktivitäten

Zudem sind die Systemkomponenten erforderlich für die Kommunikation/Weitergabe von Alerts und Workflow mit Prozesssteuerung (Response Channel) sowie für die Benutzerabfragen (Query Channel). Es muss auch den Benutzern die Möglichkeit zur Verfügung gestellt werden, die Daten an den Control Channel durch die Web-Benutzerstelle einzugeben bzw. abzufragen. Die Komponentenübersicht eines SCEM-Systems ist Abbildung 5-13 zu entnehmen.

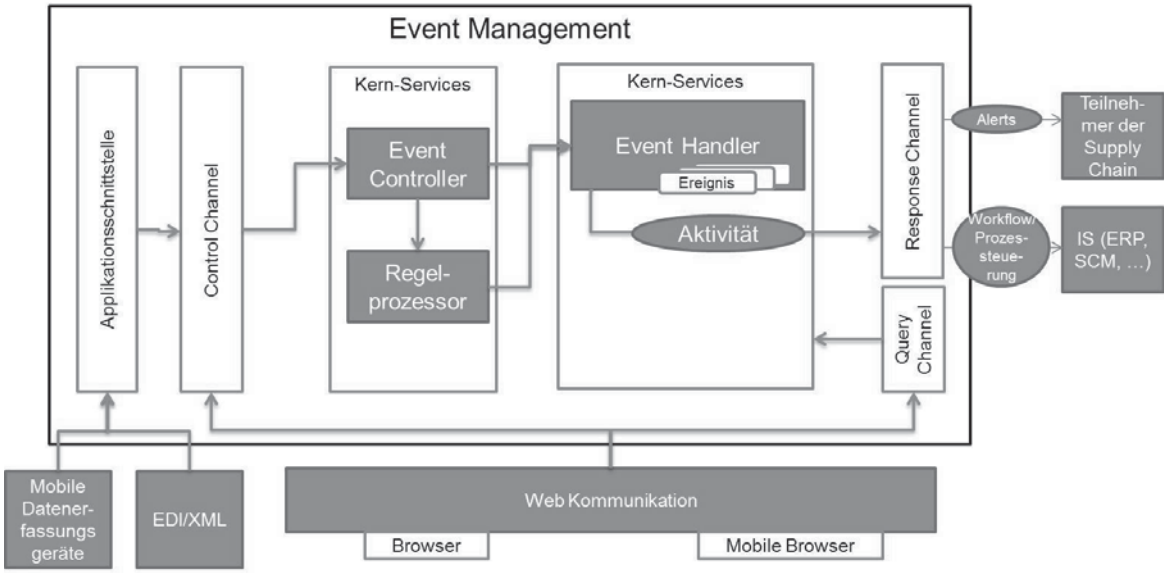


Abbildung 5-13: Übersicht über die SCEM-Komponenten[71]

Die Zusammenarbeit von mehreren Komponenten kann an einem Beispiel verdeutlicht werden (Abbildung 5-14). Während der Kommissionierung werden die einzelnen Stammhölzer für die Kundenlieferung zusammengestellt. Mithilfe von mobilen Datenerfassungsgeräten werden die SGTINs der einzelnen Stammhölzer erfasst und einer Lieferung mit der festgelegten SSCC zugeordnet. Auf

[71] In Anlehnung an Hege et al. 2010, S. 45.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Basis der Gewichte von einzelnen Hölzern kann automatisch das Gesamtgewicht ermittelt werden. Diese Daten werden in die Datenbank bei der Drittpartei übertragen. Mithilfe des Push-Prinzips werden die Daten an das Sägewerk übertragen. Das SCEM-System beim Sägewerk extrahiert diese Daten und übergibt sie an den Event Controller. Dieser Controller legt Event Handlers für die Lieferung und die einzelnen Holzstücke der Lieferung an sowie ordnet jedem Handler einen Regelprozessor zu. Bei der Überprüfung der Liefermenge wird festgestellt, dass diese geringer als die bestellte Menge ist. Darüber wird unverzüglich ein festgelegter Entscheidungsträger informiert. Zudem werden auch Lieferanten für Ersatzbestellungen ausgewählt sowie Bestellvorschläge vorbereitet.

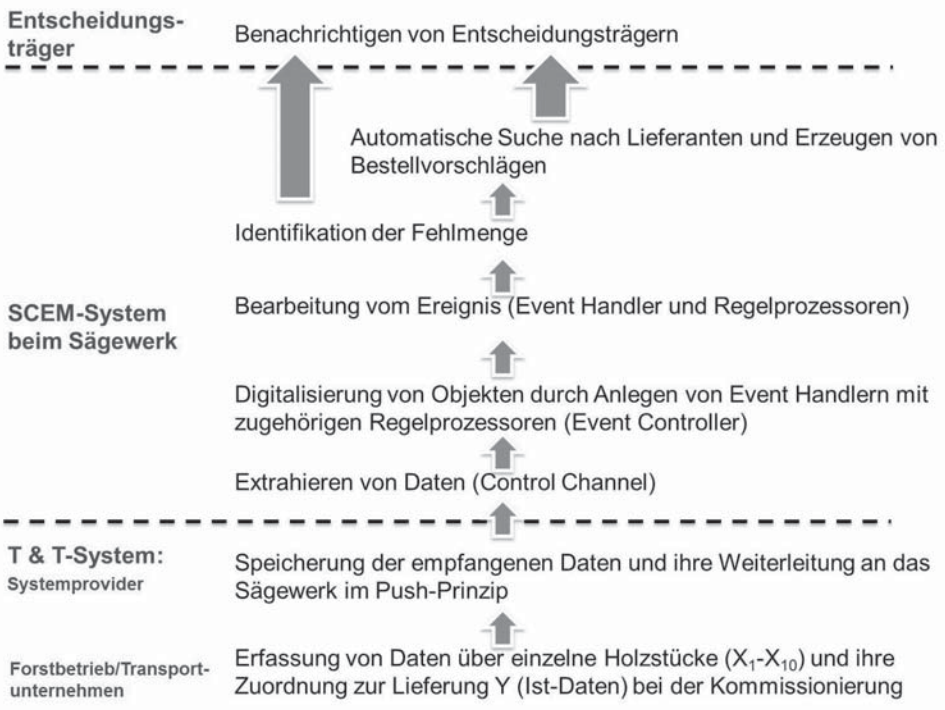


Abbildung 5-14: Beispiel für SCEM-Aktivitäten bei der Fehlmenge

Das SCEM-System kann entweder wie im Beispiel bei Sägewerken oder bei dem Betreiber des T & T-Systems implementiert werden. Den bereits genannten Vorteilen der SCEM-Systeme als SaaS steht die Notwendigkeit der Auslagerung der Kenntnisse, Erfahrungen, Know-how gegenüber, um die verschiedenen Szenarien zu simulieren und Vorschläge auszuarbeiten. Da über 80 % der Teilnehmer der Stammholz-Supply-Chain kleine Unternehmen sind, welche traditionell und von Familien geführt werden, ist davon auszugehen, dass die Geschäftsführer nicht bereit sind, die für den Erfolg des Unternehmens relevanten Daten weiterzugeben. Deswegen reduzieren sich die Aktivitäten, die von dem SCEM-System durchgeführt werden, auf das Benachrichtigen von Stammholzverarbeitern bei erwarteten und unerwarteten Ereignissen (s. Tabelle 5-15). Diese Informationen stellen die Grundlagen für die Entscheidungen dar, die von zuständigen Personen nach dem bereits im Unternehmen vorhandenen Kenntnisstand getroffen werden. Für größere Sägewerke, die bereits jetzt IS zur Unterstützung der Supply Chain-Aktivitäten und/oder der Strategien gegen Unsicherheiten einsetzen, ist es möglich, auch die Entscheidungsfindung bei Abweichungen in Qualität, Quantität und Lieferungszeitpunkten zu automatisieren. Dafür ist das SCEM-System unmittelbar beim Sägewerk zu installieren. Diese Vorgehensweise macht es möglich, die für die Simulationen erforderlichen und aus Sicht der Unternehmen sensiblen Kenntnisse nicht nach außen an einen IT-Dienstleister zu geben, sondern

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

intern zu verwenden. Weiterhin können durch Simulieren und Analysieren gewonnene Kenntnisse zur Wiederverwendung im Unternehmen gespeichert werden.

Die hier beschriebene aktive T & T-Systemlösung ist die Erweiterung der bis zu diesem Punkt betrachteten integrierten Lösungen. Dabei kommen T & T-Systeme als Datenlieferanten zum Einsatz, die von einem SCEM-System weiterverarbeitet werden. Zur Entscheidungsunterstützung kann das System um Business Intelligence (BI)-Instrumenten ergänzt werden. Der wichtigste Mechanismus zur Auswertung der Daten ist dabei das Data Mining. Es umfasst mehrere Methoden, die aus großen Datenmengen die bedeutendsten und aussagekräftigsten Muster erkennen und dem Entscheidungsträger als Wissen darstellen (vgl. Bissantz et al. 2000, S. 380). Zu den wichtigen Aufgaben des Data Minings gehören Beschreibung und Prognose (vgl. hier und im Folgenden Siegel 2007, S. 40 f.). Bei der Beschreibung wird versucht, Muster zu finden und diese zu interpretieren. Die Prognose setzt darauf auf und macht es aufgrund von bekannten Merkmalen möglich, unbekannte oder zukünftige Merkmalswerte der zugrunde liegenden Daten abzuleiten.

Typische Methoden des Data Mining sind Assoziations-, Cluster- und Abweichungsanalysen, Entscheidungsbaumverfahren, künstliche neuronale Netze usw. Die Analyseergebnisse können den Anwendern mittels eines Decision Support Systems (DSS) zur Verfügung gestellt werden. DSSs sind interaktive, modell- und formelbasierte Systeme. Sie bestehen aus den folgenden Komponenten: Datenbasis (Daten für die Berechnung), Methodenbank (Algorithmen für die Berechnung), Modellbank (Verknüpfung von Methoden zur Entscheidungsfindung), Anwenderunterstützung (Hilfestellung bei der Benutzung und Erweiterung des Systems) und Dialogführung (Dialog zwischen Anwender und System) (vgl. Kemper et al. 2004, S. 103 f.; Klein/Methlie, 1990 S. 172 ff.). Eine wichtige Rolle spielt dabei die Visualisierung der Ergebnisse: Die Geoinformationssysteme können Brennpunkte auf Landkarten oder in Stadtplänen darstellen, wo die Abweichungen in Qualität, Quantität oder Erntezeitpunkten am häufigsten auftreten. Zeit-Weg-Diagramme decken auf, wann und woher Rohstoffe angeliefert, erstellt und distribuiert wurden. Beziehungsdiagramme und Statistiken dienen der transparenten Darstellung der komplexen Sachverhalte (vgl. Fischer 2006, S. 184 f.). Die Berichtssysteme stellen sicher, dass nach dem Auftreten der festgelegten Ereignisse die visualisierten Berichte darüber dem Anwender zur Verfügung gestellt werden.

Die passiven und aktiven integrierten T & T-Systemlösungen setzen die Existenz einer Partei voraus, welche die Integrations- und Kommunikationsebene betreibt (s. Kapitel 5.1). Diese Partei kann ein IT-Provider sein, der die Lösung entwickelt und als SaaS anbietet. Der Betreiber kann auch eine Abteilung des branchenspezifischen Verbandes sein (wie das Daten Competence Center e.V. der Verbände der Holz- und Möbelindustrie Nordrhein-Westfalen e.V.). Zudem kann auch eine neutrale branchenunabhängige Institution in der Holzindustrie diese Aufgabe übernehmen, z. B. ICELT als branchenunabhängiger Verein zum Zweck der Prävention der Holzverluste und Logistikoptimierung bei dem Holztransport (hier und im Folgenden ICELT o. Jg.a). Dieser Verein bietet seinen Partnern einen finanzierbaren, günstigen Einstieg in die Welt der Telematik mit zahlreichen Funktionen für den Transportalltag an. Für das kommende Jahr wird zurzeit eine integrierte Lösung zur Warenbereitstellung, -disposition, -erfassung sowie Tracking auf Grundlage der Telematiktechnik entwickelt, die Warenströme für alle Beteiligten sichtbar macht.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

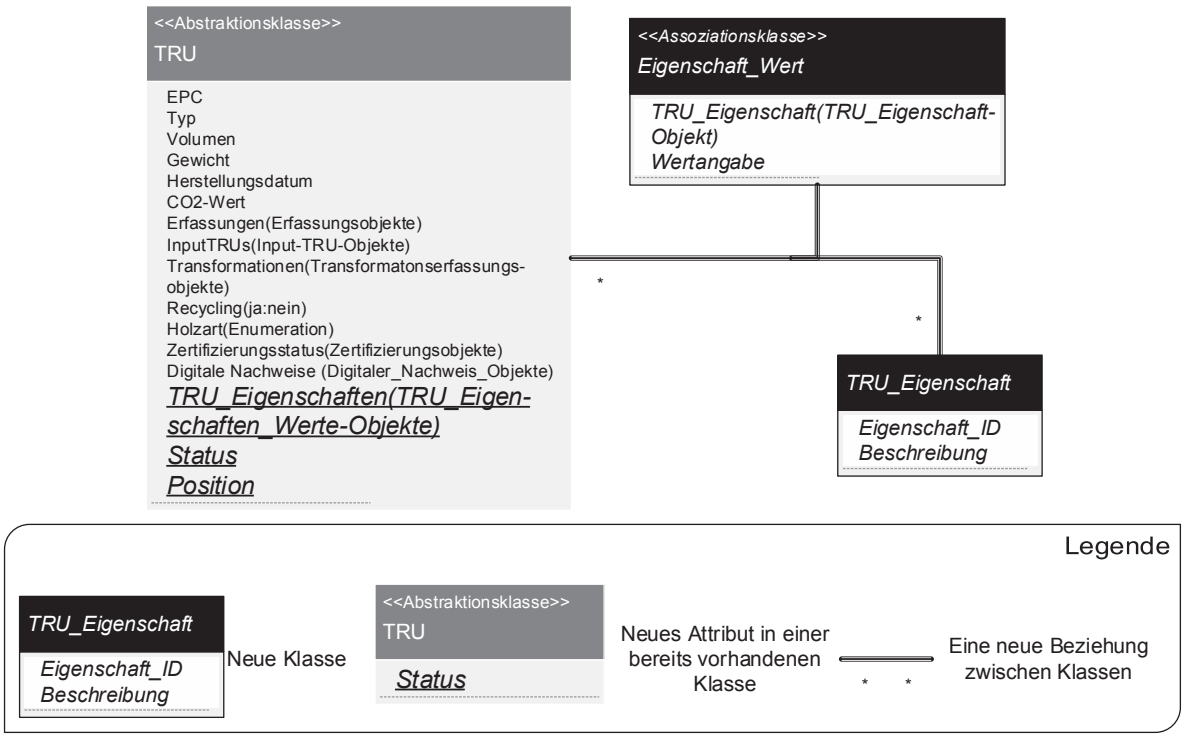


Abbildung 5-15: Erweiterung des Datenmodells zum Zweck der Reduktion von Beschaffungsunsicherheiten bei Stammholzverarbeitern

Für alle drei hier vorgeschlagenen T & T-Systemlösungen ist die Infrastrukturebene erforderlich. Die Hardwareausstattung wurde bereits in Kapitel 5.1 beschrieben, wobei zu beachten ist, dass die kleinen Sägewerke zum Zweck der Reduktion von einmaligen Anschaffungskosten die stationären Schreib-/Leseeinheiten durch mobile Geräte ersetzen können. Ob die Teilnehmer der Supply Chain die Hardwarekomponenten beschaffen und im Weiteren selbständig warten oder einfach von dem Systembetreiber gegen Zahlungen mieten, ist von diesen Teilnehmern zu entscheiden. Für die Umsetzung der integrierten Lösungen können die bereits in vorherigen Abschnitten ausgearbeiteten T & T-Systemlösungen zum Einsatz kommen. Dafür ist es erforderlich, das erweiterte Datenmodell (Abbildung 5-3 und Abbildung 5-8) anzupassen. Es muss möglich sein, für jede holzbasierte TRU die Holzeigenschaften abzubilden. Dafür ist eine neue Klasse „TRU-Eigenschaften“ zu definieren und ein neues Attribut in der Klasse „TRU“ – „TRU_Eigenschaften“ festzulegen. Zudem werden in der Klasse „TRU“ die Attribute „Status“ und „Position“ eingefügt. In Abbildung 5-15 werden ausschließlich erweiterte Datenstrukturen visualisert.

Neben dem PIS auf der Applikationsebene können auch das SCEM-System und BI-Anwendungen betrieben werden.

5.3.2 Kosten-Nutzen-Verhältnisse für Tracking & Tracing-Systeme für die Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten

In diesem Abschnitt wird das bereits in Unterkapitel 5.1.2.1 aufgestellte Modell angepasst, um die Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Lösungen zu analysieren (Unterkapitel 5.3.2.1). Zudem wird mithilfe eines Anwendungsfalls eine beispielhafte Kalkulation durchgeführt (Unterkapitel 5.3.2.2).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

5.3.2.1 Anpassung des Kosten-Nutzen-Modells

Die vorgeschlagenen Lösungen in der Stammholz-Supply Chain dienen primär der Reduktion der Unsicherheiten und deren negativen Konsequenzen bei Stammholzverarbeitern. Besonders wichtig ist dabei die Möglichkeit, die Ausbeuterate beim Sägen, Schälen oder Schneiden von Stammholz zu erhöhen. Zudem entstehen sekundäre positive Effekte entlang der Stammholz-Supply-Chain. Dabei geht es um die Reduktion der Holzverluste und -diebstähle sowohl bei Forstbetrieben als auch während des Holztransportes (hier und im Folgenden ICELT o. Jg.b). Mit dem Einsatz von T & T-Systemen kann sich sowohl der Forstbetrieb als auch das Holztransportunternehmen gegenüber dem Holzstammverarbeiter als zuverlässigen Partner auszeichnen, was zu Nachfragesteigerungen bei Forstbetrieben und Transportleistungen bei Holzspediteuren führen kann.

Um die Formeln für den Kapitalwert bei den unterschiedlichen Stufen der Stammholz-Supply-Chain anzupassen, ist es erforderlich zusätzliche Parameter einzuführen, welche Tabelle 5-16 zu entnehmen sind. Alle Parameter werden in Anhang S aufgelistet.

Parameter	Beschreibung	Maßeinheit
$BM_{i,k_j,t}$	Beschaffungsmenge des Gutes k_j im Jahr t von Unternehmen der Stufe i	in Stück/Gewichts-/Volumeneinheiten
EG_i	Einrichtungsgebühr für die SaaS-Lösung auf der Stufe i	€
$g_{i,k_i,t}$	Reduktion der Holzverluste/von Holzdiebstahl auf der Stufe i im Jahr t	als Prozentsatz der Nachfrage für k_i
$KR_{i,t}$	Kostenreduktion auf der Stufe i im Jahr t	€ pro Stück/Gewichts-/Volumeneinheit
$MK_{i,t}$	Mietkosten für Hardware auf der Stufe i im Jahr t	€ pro Hardwareeinheit
$NG_{i,t}$	Nutzungsgebühr für die SaaS-Lösung auf der Stufe i im Jahr t	€
$Nutzen_{i,t}$	Nutzeffekte von T & T-Systemen auf der Stufe i, im Jahr t	€
Δha_{k_i}	Erhöhung der Holzausbeuterate für Produkt k_i	als Prozentsatz auf die Beschaffungsmenge $BM_{i,k_j,t}$

Tabelle 5-16: Zusätzliche Modellparameter

Unter der Annahme, dass die vermiedenen Holzverluste an Kunden verkauft werden, setzen sich die Nutzeffekte für Forstbetriebe und Holztransportunternehmen wie folgt zusammen (Formel 12) aus der Nachfragesteigerung für das Gut k_i ($\sum_{k_i=1}^{k_i=K_i} D_{k_i,t} \cdot d_{TTS,k_i} \cdot b_{i,k_i,t} \cdot p_{i,k_i t}$), der Reduktion der Holzverluste ($\sum_{k_i=1}^{k_i=K_i} D_{k_i,t} \cdot (1 + d_{TTS,k_i}) \cdot g_{i,k_i,t} \cdot p_{i,k_i t}$) sowie der Reduktion der weiteren Kosten wie z. B. Rückungs- oder Transportkosten ($\sum_{k_i=1}^{k_i=K_i} D_{k_i,t} \cdot (1 + d_{TTS,k_i}) \cdot KR_{i,t}$).

Formel 12:

$$Nutzen_{TTS,i,t} = \sum_{k_i=1}^{k_i=K_i} D_{k_i,t}(d_{TTS,k_i} \cdot b_{i,k_i,t} \cdot p_{i,k_i t} + (1 + d_{TTS,k_i}) \cdot g_{i,k_i,t} \cdot p_{i,k_i t} + (1 + d_{TTS,k_i}) \cdot KR_{i,t}),$$

$$i = Forstbetrieb\ or\ Transportunternehmen$$

Bei Stammholzverarbeitern sind zwei wichtige Nutzenaspekte zu berücksichtigen (Formel 13). Zum einen handelt es sich um die Ausbeutesteigerung

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

$(\sum_{k_{Forstbetrieb}=1}^{k_{Forstbetrieb}=K_j} BM_{i,k_{Forstbetrieb},t} \cdot \Delta ha_{k_i} * (p_{i,Schnittholz/Furnier} - p_{i,Sägenebenprodukte}))$. Zum anderen können hier die weiteren negativen Konsequenzen wie Produktionsstillstand, Nacharbeit der Produkte reduziert werden $(\sum_{k_{Forstbetrieb}=1}^{k_{Forstbetrieb}=K_j} BM_{i,k_{Forstbetrieb},t} KR_{i,t})$.

Formel 13:

$$Nutzen_{TTS,i,t} = \sum_{k_i=1}^{k_i=K_i} \sum_{k_{Forstbetrieb}=1}^{k_{Forstbetrieb}=K_j} BM_{i,k_{Forstbetrieb},t}(\Delta ha_{k_i} \cdot b_{i,k_i,t}(p_{i,Schnittholz\ oder\ Furnier} - p_{i,Sägenebenprodukte}) + KR_{i,t}), i = Sägewerk$$

Die einmaligen Anschaffungskosten für Forstbetriebe und Transportunternehmen wurden bereits mit Formel 1 festgelegt. Sie müssen noch um die Einrichtungsgebühr (EG_i) des SaaS ergänzt werden. Sie reduzieren sich auf wenige Terme, wenn die erforderliche Infrastruktur gemietet wird. Es handelt sich um die Kosten für die Einrichtung von SaaS (EG_i), Beratung und Mitarbeiterschulung $(KBS_{TTS,i})$ sowie Kosten für die Teilnahme an dem EPCglobal-Netzwerk $(EPC_{BK,D})$. Diese Kosten entstehen auch bei den Stammholzverarbeitern, da sie Mitarbeiter einschulen müssen. Zudem ist es auch von Vorteil, wenn die Stammholzverarbeiter am EPCglobal-Netzwerk teilnehmen. Dadurch wird es möglich, Empfängerdaten mit GLN zu referenzieren, was wiederum die Identifikation des Empfängers bei den Systembetreibern vereinfachen kann. Formel 14 umfasst die Terme, welche die Berechnung der einmaligen Anschaffungskosten im Fall der SaaS-Lösung einschließlich Hardwaremietung ermöglicht.

Formel 14:

$$AK_{\mathrm{TTS},i} = EG_i + KBS_{TTS,i} + EPC_{BK,D,i}, \forall i$$

Wiederkehrende Kosten für Forstbetriebe und Transportunternehmen, welche die Hardware selbst beschaffen, sind Formel 3 zu entnehmen und um einen weiteren Term für die SaaS-Nutzungsgebühr ($NG_{i,t}$) zu ergänzen. Wenn die Teilnehmer der Supply Chain die Hardware mieten, dann ist eine Zahlung erforderlich: Mietkosten für Hardware ($MK_{i,t}$), SaaS-Nutzungsgebühr ($NG_{i,t}$), Kosten für Datenträger $(x_{RFID,D,i,t} \cdot p_{RFID,t})$ und Jahresgebühren für EPCglobal $(EPC_{JG,D,i,t})$ (Formel 15).

Formel 15:

$$WK_{\mathrm{TTS},i,t} = MK_{i,t} + NG_{i,t} + x_{RFID,D,i,t} \cdot p_{RFID,t} + EPC_{JG,D,i,t}, i = Forstbetrieb\ or\ Transportunternehmen$$

Aus Sicht der Stammholzverarbeiter können auch wiederkehrende Kosten entstehen. Da die vorgelagerten Stufen der Supply Chain bereit sind, einen neuen Service für Stammholzverarbeiter anzubieten, ist es auch zu erwarten, dass die Halbwarenhersteller an den Kosten teilnehmen, z. B. in Form der SaaS-Gebühr. Zudem sind auch hier die Jahresgebühren für EPCglobal zu zahlen (Formel 16).

Formel 16:

$$WK_{\mathrm{TTS},i,t} = NG_{i,t} + EPC_{JG,D,i,t}, \qquad i = Stammholzverarbeiter$$

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Zur Berechnung des Kapitalwertes der Investition ist dann Formel 17 zu verwenden:

Formel 17:

$$KW_{\mathrm{TTS},i} = -AK_{\mathrm{TTS},i} + \sum_{t=1}^{T} \left(Nutzen_{i,t} + (KRA_{i,t} - KSA_{i,t}) - WK_{\mathrm{TTS},i.t}\right)(1+r)^{-t}, \qquad \forall i$$

5.3.2.2 Anwendungsfall

Im Weiteren wird beispielhaft die Berechnung des Kapitalwertes für das Tracking & Tracing-System in der Stammholz-Supply-Chain durchgeführt und die Vorteilhaftigkeit dieser Investitionen für Teilnehmer der Supply Chain analysiert. Danach erfolgt die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der T & T-Systeminvestitionen beim Erschließen von B2C- und B2B-Effekten. Es wird angenommen, dass der Forstbetrieb 1000 Fm Stammholz absetzt. Die im Forstbetrieb entstandenen Holzverluste werden durch den neu veranlassten Holzeinschlag gedeckt. Nachfolgend wird zur Vereinfachung auch angenommen, dass die Nachfragesteigerung durch die Einführung des neuen Dienstes für Kunden der Höhe der Holzverluste gleich ist. Dadurch erhöht sich das Holzhandelsvolumen um die Höhe der vermiedenen Holzverluste. Deswegen wird zudem angenommen, dass das gestiegene Holzvolumen von Sägewerken in der Supply Chain verarbeitet werden kann. Für die Holzverluste während des Transportes haftet das Transportunternehmen, indem der vollständige Preis der Verluste ausgehend vom Kaufvertrag entweder dem Forstbetrieb oder dem Sägewerk erstattet wird. Der Forstbetrieb wird mit zwei mobilen pulkfähigen RFID-Readern (beim Holzeinschlag und der Holzaufnahme) ausgestattet. Der LKW-Fahrer verfügt auch über einen pulkfähigen RFID-Reader, der mit Telematikdiensten wie Navigation nachgerüstet wird. Die Hardwarekomponenten werden von den Teilnehmern der Supply Chain beschafft. Die Mehrzahl der Werte wurde bereits in Unterkapitel 5.1.2.2 festgelegt. Die Werte für weitere Modellparameter sind Tabelle 5-17 zu entnehmen.

Modellparameter	Wert	Quelle
Nutzen		
Reduktion der Holzverluste im Forstbetrieb ($g_{\mathrm{Forstbetrieb},t}$)	10 % des Holzhandelsvolumens	Timbertheft o. J
Reduktion der Holzverluste während des Transportes ($g_{\mathrm{Transportunternehmen},t}$)	10 % des transportierten Holzvolumens	Kasturi 2005
Erhöhung der Holzausbeute (Δha)	Steigerung der ursprünglichen Holzausbeute um 20 %	Uusijärvi 2010
Kostenreduktion bei Transportunternehmen (durch die Routenoptimierung, Reduktion der Suchzeiten nach Poltern etc.)	10 % der Gesamttransportkosten	Hug 2004
Kosten		
Holztransportkosten	11,06 €/m³ für die Transportstrecke auf 100 km	Borcherding 2007
Einrichtungsgebühr für SaaS für Forstbetrieb ($EG_{\mathrm{Forstbetrieb}}$)	49,80 €	Wilwerding dataCargo o. Jg.b
Nutzungsgebühr für SaaS für Forstbetrieb ($NG_{\mathrm{Forstbetrieb},t}$)	0,10 €/Holzstück 0,25 €/Lieferung	Wilwerding dataCargo o. Jg.b
Einrichtungsgebühr für SaaS für	169,80 €	Wilwerding dataCargo o. Jg.b

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Modellparameter	Wert	Quelle
Transportunternehmen ($EG_{Transportunternehmen}$)		
Nutzungsgebühr für SaaS für Transportunternehmen ($NG_{Transportunternehmen, t}$)	118,80 € jährlich 0,25 €/Lieferung	Wilwerding dataCargo o. Jg.b
Nachrüsten des RFID-Lesegerätes um Telematikdienste	899,00 €	Wilwerding dataCargo o. Jg.b
Nutzungsgebühr für SaaS für Stammholzverarbeiter	0,04 €/Fm der Beschaffungsmenge	ICELT o. Jg.c
Sonstige Parameter		
Preis für Sägenebenprodukte	13,93 €/Rm	Forstpraxis 2015
Preis für Schnittholz (Buche)	590 €/m³	mühlbauer holz GmbH 2015
Zeithorizont	5 Jahre	---

Tabelle 5-17: Parameterwerte – Stammholz-Supply Chain

Die für jede Stufe der Supply Chain zu erwartenden Kapitalwerte mit den zugehörigen Zahlungsströmen sind in Tabelle 5-18 zusammengefasst.

	Forstbetrieb	Transportunternehmen	Sägewerk	Gesamt
Einmalige Kosten (€)	8943,10	6902,10	2773,30	18618,50
Wiederkehrende Kosten jährlich (€)	1572,85	841.30	211.50	2822,85
Nutzen jährlich (€)	17325,00	14147,38	12489,66	43962,04
Kapitalwert (€)	63197,13	54035,84	53457,08	169786,93

Tabelle 5-18: Beispiel für die Berechnung des Kapitalwertes in der Stammholz-Supply-Chain

Wie die Ergebnisse in Tabelle 5-18 zeigen, ist die Einführung eines T & T-Systems vorteilhaft für alle Teilnehmer. Obwohl das System primär für die Reduktion der Unsicherheiten und deren Auswirkungen bei Stammholzverarbeitern vorgeschlagen wurde, können die Forstbetriebe und Transportunternehmen ebenfalls diesen hohen Nutzen durch die Reduktion der Holzverluste erwirtschaften. Dies wird durch die integrierten Lösungen ermöglicht, bei denen auch die Kommunikation mit Transportunternehmen berücksichtigt wird (2. und 3. Lösungsvariante). Unter der Annahme, dass keine weiteren Nutzeffekte bei Forstbetrieben und Transportunternehmen außer der Reduktion der Holzverluste auftreten, hat sich das T & T-System für einen Forstbetrieb bereits bezahlt gemacht, wenn die jährlichen Holzverluste von 33 Fm (2,98 % des Holzhandelsvolumens) verhindert oder aufgeklärt wurden. Für Transportunternehmen ist dieser Wert sogar geringer mit 22 Fm oder 1,99 % des Holzhandelsvolumens, da die mit der Investition verbundenen Auszahlungen deutlich geringer sind im Vergleich zu Forstbetrieben. Dadurch spielt ausgerechnet das Holzhandelsvolumen eine besondere Rolle bei der Vorteilhaftigkeit der Investitionen. Damit sich die Investition lohnt, sollte das jährliche Holzhandelsvolumen für Forstbetriebe mindestens 162 Fm und für Holztransportunternehmen zumindest 164 Fm betragen, was zu einem minimalen jährlichen Holzhandelsvolumen entlang der Supply Chain in Höhe von 164 Fm führt. Bei diesem Holzhandelsvolumen ist der Kapitalwert der Investitionen vom Sägewerkt gleich 4.911,36 €.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Um die weiteren Nutzeffekte bei Sägewerken zu erzielen (z. B. durch die Automatisierung der Werkseingangskontrolle und Rechnungsstellung), ist es zu empfehlen, zumindest einen mobilen RFID-Reader anzuschaffen. Die zusätzlichen Investitionen führen zu einem positiven Kapitalwert, wenn $KR_{Stammholzverarbeiter} \geq 0{,}92$ €/Fm und jährliches Holzhandelsvolumen gleich 1100 Fm sind.

Die durchgeführte Untersuchung der B2B-Effekte in der Stammholz-Supply Chain stellt die Verfeinerung des indirekten Nutzens (IN_i) in Formel 5 und 6 für i=Forstbetrieb oder Sägewerk/Furnierwerk dar. Dadurch können jetzt mit einem T & T-System mehr Effekte erschlossen werden, was die Einzahlungen pro Periode T erhöht. Tabelle 5-19 zeigt die Kapitalwerte der T & T-Systeminvestitionen für Forstbetriebe und Sägewerke/Furnierwerke in Szenario 1 „Bücherregale aus Massivholz“ beim Erschließen von B2C- und B2B-Effekten. Bei B2B-Effekten werden sowohl die Effekte durch die Unterstützung der CoC-Zertifizierung als auch die Effekte durch die Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten berücksichtigt. Deswegen wird als Ausgangspunkt die Berechnung der Kapitalwerte der T & T-Systeminvestitionen in Kapitel 5.2 genommen.

	Forstbetrieb	Sägewerk/Furnierwerk
Einmalige Kosten jährlich (€)	8943,10[72]	40369,30
Wiederkehrende Kosten jährlich (€)	1572,85	6713,40
Einzahlungen jährlich (€)	20987,82	24186,27
Kapitalwert (€)	79971,78	39651.31
Kapitalwertsteigerung (€)	84822,48	57198,99

Tabelle 5-19: Kapitalwerte der T & T-Systeminvestitionen bei Forstbetrieben und Sägewerken im Fall „Massivholzmöbel“ beim Erschließen von B2C- und B2B-Effekten

Wie Tabelle 5-19 zu entnehmen ist, führt das Erschließen von mehreren Nutzeffekten mit einem T & T-System zu positiven Kapitalwerten, sogar am Anfang der Wertschöpfungsnetzwerke.

5.3.3 Diskussion

Um die Informationsbedürfnisse der Stammholzverarbeiter zum Zweck der Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten sowie deren negativen Auswirkungen zu befriedigen, wurden drei verschiedene Lösungsvarianten vorgeschlagen, die eine RFID-basierte Infrastrukturebene nutzen. Die integrierten Lösungen helfen dabei, die Holzverluste entlang der Stammholz-Supply Chain zu reduzieren bzw. aufzuklären. Die Integration macht es zudem möglich, weitere Kosten entlang der Supply Chain zu reduzieren, z. B. bei der Routenoptimierung sowohl bei der Rückung als auch beim Holztransport.

Die vorgeschlagenen Lösungen erfüllen die an das T & T-System gestellten Anforderungen (s. Tabelle 5-20) und weisen mehrere Überschneidungen (nicht integrierte T & T-Systemlösung) auf bzw. basieren auf dem T & T-System für die Bereitstellung von für Konsumenten relevanten Produktinformationen sowie zur Unterstützung der CoC-Zertifizierung (für integrierte Lösungen). Die Infrastrukturebene zeigt nur eine Ausnahme, nämlich den Verzicht auf stationäre RFID-Schreib-

[72] Die einmaligen Kosten beziehen sich auf den Fall mit mobilen Schreib-/Leseeinheiten.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

/Leseeinheiten bei KMUs. Die Daten werden in beiden Fällen zentral gespeichert. Um alle Nutzeffekte zu erschließen, ist es zu empfehlen, die integrierte Lösung einzuführen, bei welcher der Betrieb von einer neutralen Organisation zu übernehmen ist. Auch hier wird empfohlen, den GS1-Standard zu verwenden. Dadurch können die bereits ausgearbeiteten Lösungen für Integrations- und Kommunikationsebenen zum Einsatz kommen. Die Unterschiede sind auf der Applikationsebene zu verzeichnen. Während die in dem vorherigen Unterkapitel entwickelte Lösung die Daten für das PIS zur Verfügung stellt, handelt es sich hier um ein SCEM-System. Bei der passiven Lösung beschränken sich die SCEM-Aktivitäten auf das Benachrichtigen der betroffenen Teilnehmer. Für größere Stammholzverarbeiter kann auch eine aktive Lösung eingeführt werden. Dafür ist es erforderlich, im eigenen Unternehmen das SCEM-System zu nutzen, um automatisch auf die Abweichungen zu reagieren. Aufgrund der o. g. Gemeinsamkeiten wurden bereits die relevanten Herausforderungen in Unterkapitel 5.1.3.3 diskutiert.

Anforderung	Begründung der Erfüllung
Bereitstellung von Informationen über den Lieferungsstatus	Bei der Holzentnahme wurden die Informationen über die Lieferung von dem Fahrer mithilfe von RFID-Technologie erfasst und an die zentrale Datenbank (neutrale Drittpartei oder Transportunternehmen) weitergeleitet. Die Daten werden automatisch mit der ermittelten voraussichtlichen Lieferungszeit an die Stammholzverarbeiter kommuniziert. Dieselbe Vorgehensweise gilt für unerwartete Ereignisse, die zur Verzögerung bei der Lieferung führen.
Bereitstellung von Informationen über Qualität und Quantität	Die erforderlichen Informationen werden manuell mithilfe von RFID-Technologie bei der Holzaufnahme erfasst und an die zentrale Datenbank (neutrale Drittpartei oder Forstämter, FBG, WBV) weitergeleitet. Diese Informationen werden manuell von Forstämtern, FBG oder WBV oder automatisch zusammen mit der Information über den Lieferungsstatus bei der integrierten Lösung weitergeleitet bzw. von Stammholzverarbeitern abgerufen.
Umsetzung der Anforderungen an T & T-Systeme anhand der Vier-Schichten-Systemarchitektur	Die vorgeschlagene Lösung basiert auf der Vier-Schichten-Systemarchitektur. Die Infrastrukturebene umfasst die RFID-Technologie sowie Telematikdienste. Die Grundlage für die Integration und Kommunikation stellt die zentrale Datenbank, bei der die Daten anhand der zugehörigen SGTIN und SSCC zugeordnet und in Beziehung gesetzt werden. Die Kommunikation erfolgt Internet-basiert (via E-Mails, EDI oder Aufrufe durch autorisierte Teilnehmer). Die Applikationsebene kommt zum Einsatz bei der 2. und 3. Lösungsvariante, wobei sie die Benachrichtigung von Stammholzverarbeitern nach festgelegten Ereignissen (s. Tabelle 5-15) übernimmt (SCEM-System).
Wirtschaftliche Machbarkeit der Lösungen	Die durchgeführte wirtschaftliche Analyse zeigt, dass die Investitionen in T & T-Systeme in der Stammholz-Supply-Chain für alle Teilnehmer profitabel sein können. Dafür sind zum einen die Ausgaben durch den Einsatz von SaaS zu reduzieren. Eine weitere Reduktion der Kosten kann durch den Ersatz von stationären RFID-Schreib-/Leseeinheiten durch mobile Geräte erreicht werden. Zudem sind bei der Analyse der Nutzeffekte verschiedene Potenziale zu berücksichtigen, welche durch den Einsatz von T & T-System entstehen. Durch die Reduktion der Holzverluste sowie der Beschaffungsunsicherheiten können auch bei Forstbetrieben und Sägewerken positive Kapitalwerte der T & T-Systeminvestitionen erreicht werden. Besonders die hohen Stammholzpreise ermöglichen es dadurch, die großen Einsparungspotenziale zu erschließen. Die Integration zwischen allen Teilnehmern der Supply Chain sollte dabei vorausgesetzt werden. Zur Erhöhung der Nutzeffekte ist es zu empfehlen, ein T & T-System zum Erschließen von B2C- und B2B-Effekten einzusetzen.

Tabelle 5-20: Erfüllung der Anforderungen (T & T-Systeme in Stammholz-Supply-Chains)

In Zukunft sollte mehr an der Differenzierung zwischen Artikeln anhand relevanter qualitativer Eigenschaften gearbeitet werden. Dies sollte helfen, die manuelle Arbeit bei der Eingabe von verschiedenen Werten durch die Auswahl der aufgelisteten Artikel auf dem Monitor der PDA zu ersetzen und dadurch den Aufwand zu reduzieren und somit die Nutzeffekte zu erhöhen. Zudem ist es bei großen Forstbetrieben zu überprüfen, ob die Automatisierung von Vorgängen eine wirtschaftlichere Variante gegenüber der manuellen Eingabe bei dem Harvesting darstellt.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

5.4 Tracking & Tracing-Systeme für die Rückverfolgbarkeit von papierbasierten Lebensmittelverpackungen

Während in vorherigen Abschnitten die T & T-Systeme am Beispiel der Supply Chain für Holzmöbel untersucht wurden, erfolgt in diesem Abschnitt die Analyse der T & T-Systeme in der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen. Dabei wird untersucht, wie die bereits für die Supply Chain für Holzmöbel ausgearbeiteten Lösungen angepasst werden können, um in einem anderen Teil der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo zum Einsatz zu kommen. Zudem wird während der Untersuchung der Schwerpunkt auf das Erschließen von weiteren Potenzialen wie der Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben gelegt. Dadurch umfasst dieser Abschnitt die Konzeption der T & T-Systeme für die Umsetzung der Rückverfolgbarkeit für papierbasierte Lebensmittelverpackungen. Zuerst werden die Lösungen herausgearbeitet (Unterkapitel 5.4.1). In Unterkapitel 5.4.2 wurden die Nutzeffekte untersucht, welche durch die Einführung der vorgeschlagenen Systemlösungen entlang der Supply Chain entstehen können. Die anschließende Diskussion (Unterkapitel 5.4.3) umfasst die Analyse der Erfüllung der Anforderungen sowie die Darstellung der zu überwindenden Herausforderungen während der Umsetzung der vorgeschlagenen Lösungen.

5.4.1 Informatisierung der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen

Ausgehend von den Materialflüssen in der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen (s. Abbildung 4-14) werden TRUs mit zugehörigen Rückverfolgbarkeitsmethoden festgelegt bzw. aus Tabelle 5-3 übernommen (Unterkapitel 5.4.1.1). Wie das erweiterte Datenmodell (s. Abbildung 5-3; Abbildung 5-8; Abbildung 5-15) angepasst werden soll, um den Anforderungen bzgl. der Rückverfolgbarkeit von papierbasierten Lebensmittelverpackungen zu genügen, wird in Unterkapitel 5.4.1.2 beschrieben. Anschließend wird über die Umsetzung der Integration und Kommunikation diskutiert (Unterkapitel 5.4.1.3).

5.4.1.1 Datenerfassung entlang der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen

Für die ersten Stufen der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen sind bereits die TRUs bekannt: Stammholz – Itemebene, Sägenebenprodukte – Aufbewahrungsmittel/Transporteinheitsebene, Industrieholz – Itemebene. Zudem wurden für diese die Rückverfolgbarkeitsmethoden festgelegt (s. Unterkapitel 5.1.1). Die Zellstofffabrik erhält mit Ink-Printing eindeutig identifizierbare Industriehölzer sowie die mit RFID-Transpondern ausgestatteten Sägenebenproduktelieferungen. Dadurch haben die vorgeschlagenen Methoden keinen negativen Einfluss auf die Prozesse der Zellstoffherstellung.

Zellstoff-/Papierfabrik

Die wichtigsten Prozessschritte der dominierenden Methode von Faserstoffherstellung (Sulfat-Verfahren) wurden bereits in Unterkapitel 4.3.2.1 beschrieben. Diese Prozessschritte mit einem Hinweis auf ihre Kontinuität sind Abbildung 5-16 zu entnehmen. Dabei wurden zwei Möglichkeiten

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

visualisiert: Zum einen die integrierte Zellstoff- und Papierherstellung, welche durch eine Vielzahl von kontinuierlichen Prozessen geprägt ist. Zum anderen besteht die Möglichkeit, die hergestellten Zellstoffe zu ballen und an Papierfabriken zu verkaufen. Die Ballprozesse ermöglichen es, physische TRUs zu erzeugen, was zur Diskretisierung der Prozesse führt. Die Holzvorbereitung umfasst lediglich einen kontinuierlichen Prozessschritt. Da hier Industriehölzer entrindet werden, stellt ihre Kennzeichnung mit Ink-Printing auf der Stirnseite sicher, dass auch nach diesem Prozessschritt die Holzstücke eindeutig identifizierbar sind.

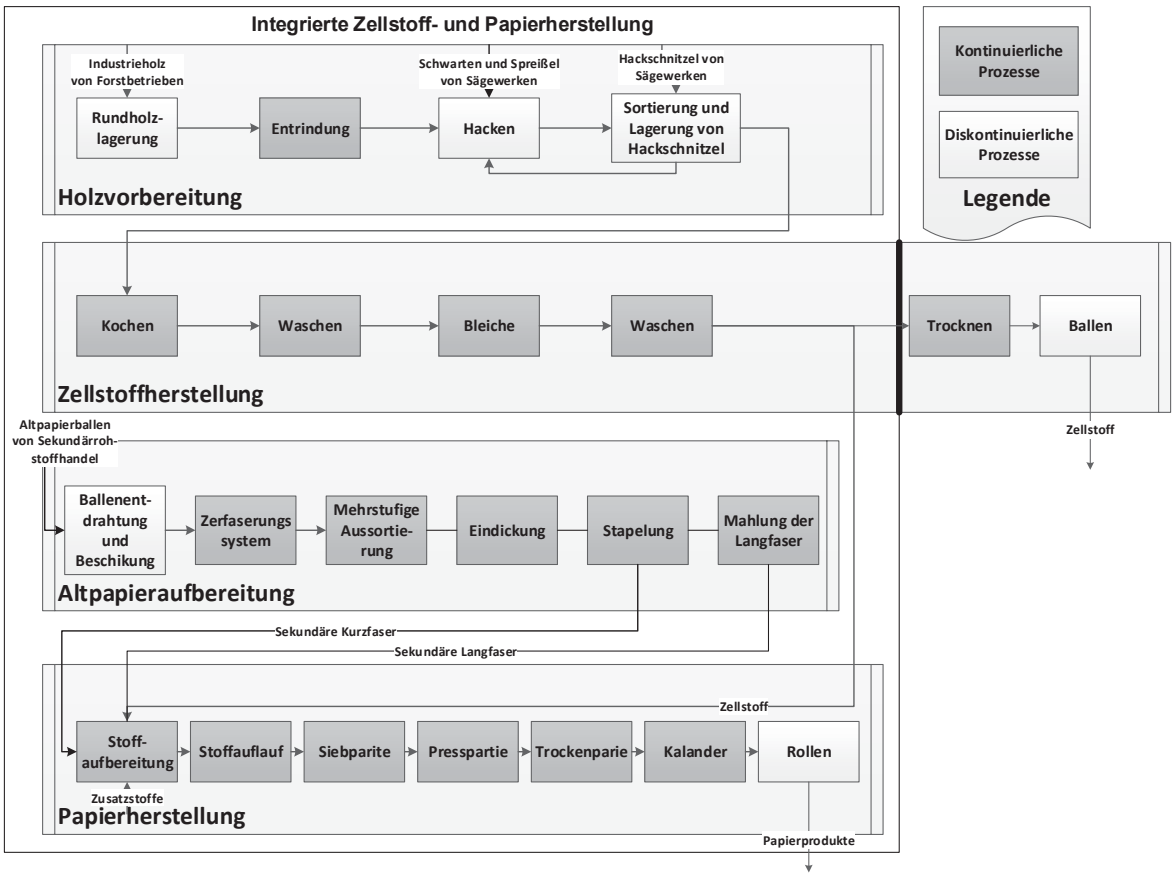


Abbildung 5-16: Fließdiagramm der Prozesse in Zellstoff- und Papierherstellung[73]

Die Vielzahl von kontinuierlichen Prozessen unter harschen Produktionsbedingungen und mit Änderung des Holzzustandes bei der Zellstoff- und Papierherstellung führen dazu, dass hier lediglich die Prozessdaten als Rückverfolgbarkeitsmethode zum Einsatz kommen können. Die ausschließliche Nutzung von Zeitprotokollen zur Erzeugung von TRUs ist möglich, jedoch werden dabei die dynamischen Aspekte der Prozesse komplett vernachlässigt. Die hohe Dynamik wird durch die Segregation der Flüsse und Variationen in Hackschnitzeln (Alter, Größe etc.) verursacht. Um diese Dynamik zu berücksichtigen, können die Daten verwendet werden, die zur Qualitätskontrolle genutzt werden. Seit Ende der 1990er Jahre investieren die Zellstoff- und Papierhersteller in Qualitätskontrollen mit zugehörigen Monitoringsystemen, die es erlauben, verschiedene Qualitätsvariablen kontinuierlich zu erfassen (vgl. Leiviskä 1999a, S. 10; 1999b, S. 79). In Tabelle 5-21 werden die Qualitätskontrollvariablen zusammengefasst, die auch zum Zweck der Rückverfolgbarkeit eingesetzt werden können.

[73] In Anlehnung an Dobschall 2010, S. 55; Fischer/Bäurich 2010, S. 123; Mercangöz/Doyle 2006, S. 31 ff.; Naujock 2010, S. 170 f.)

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Prozessschritt		Variable	Beschreibung
Zellstoffherstellung	Kocher	Kappa Zahl	Lignin-Konzentration der Zellstoffe vor dem Bleichen (das Verhältnis von Lignin-Masse zur Gesamtfeststoffmasse, multipliziert mit 654); Messung der UV-Absorption im 280 nm-Wellenlängenbereich; Wertänderungen während des Prozesses von 160 auf 30
	Bleichen	Helligkeit	Fähigkeit des Zellstoffes, monochromatisches Licht im Vergleich zu einem bekannten Standard, z. B. Magnesiumoxid, zu reflektieren; Wertänderungen während des Prozesses von 15-30 % auf 89-91 %
Papierherstellung		Basisgewicht	Unterstützungsvariable kommt bei dem Stoffauflauf zum Einsatz (am Anfang der Papiermaschine); Messungen basierend auf Absorption von radioaktiver Sr 90-, Kr 85- oder Pm 147-Strahlung (β-Absorptionssensoren)
		Feuchtigkeit	Hauptvariable für die Prozessschritte in der Papiermaschine; Messungen, die auf der Absorption von Infrarotstrahlung oder dem Mikrowellenprinzip basieren; Wertänderungen während des Durchlaufs durch die Papiermaschine von 92 % auf 5-15 %
		Dicke	Unterstützungsvariable während der Prozesse bei dem Kalander (am Ende der Papiermaschine); Mechanische oder Lasermessungen

Tabelle 5-21: Prozessvariablen für die Rückverfolgbarkeit während der Zellstoff- und Papierherstellung[74]

Während für Inputstoffe wie Industrieholz und Sägenebenprodukte bereits eine Lösung für die Rückverfolgbarkeit in Unterkapitel 5.1.1.2.1 vorgeschlagen wurde, muss die Umsetzung **der Rückverfolgbarkeit für sekundäre Rohstoffe** noch durchgeführt werden. Die Voraussetzung für die Verwertung des Altpapiers sind dessen getrennte Erfassung sowohl bei gewerblichen Anfallstellen als auch in privaten Haushalten sowie die qualitativ hochwertige Sortierung durch die Unternehmen der Sekundärrohstoff- und Recylingbranche, bei der papierfremde Bestandteile und unerwünschte Papiere/Pappen abgetrennt werden und Papiersorten nach der EN 643 gebildet werden (vgl. BVSE o. Jg.). Diese europäische Norm ist ein Standard für den Kauf und Verkauf von Altpapier (hier und im Folgenden VDP o. Jg.a). Sie definiert mehrere Altpapiersorten und legt fest, aus welchen Papierqualitäten die Sorte besteht. Diese Sorten werden zu fünf verschiedenen Gruppen zusammengefasst: untere Sorten (Graukarton, Wellpappe-Verpackungen, Telefonbücher etc.), mittlere Sorten (Zeitungen, Büroaltpapier, weiße Späne etc.), bessere Sorten (weiße Geschäftsformulare, gebleichter Sulfatkarton, weißes Zeitungsdruckpapier etc.), krafthaltige Sorten (unbenutzte Wellpappe, gebrauchte Kraftwellpappe, Kraftpapiersäcke etc.) und Sondersorten (Getränkekartonverpackungen, Kraftpackpapier, Nassetiketten etc.) (vgl. BDE/BVSE 2000). Das sortierte Altpapier wird an die Papierfabrik grundsätzlich als Ballenware von 400-800 Kilo transportiert, wodurch eine bessere Ausnutzung der Ladekapazität des Transportmittels erreicht wird (vgl. Naujock 2010, S. 169; VVK 2014, S. 13). Diese Altpapierballen stellen die ersten TRUs in der Altpapieraufbereitung dar. Auch hier ist es zu empfehlen, diese TRUs mit RFID auszustatten. Die Handelseinheiten können mit SSCC versehen werden. Die Zusammensetzung des Altpapierballens hat einen bedeutenden Einfluss auf den technologischen Aufwand während der Aufbereitung. Dadurch ist die Information über die Sorte kritisch für die durchzulaufenden Prozesse. Da es der EPC Gen2-Standard ermöglicht, zusätzliche Daten zu speichern, kann auch die Sortennummer gespeichert werden.

[74] Vgl. Leiviskä 1999b, S. 79 ff.; Leiviskä/Nyberg 1999, S. 147 ff.; Mercangöz/Doyle 2006, S. 34 ff.)

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die Papierfabrik stellt aus Altpapier einen Faserstoff her, der sich zur Blattbildung eignet (vgl. Naujock 2010, S. 159 ff.). Um das Altpapier für die Herstellung von Verpackungspapieren vorzubereiten, sind mehrere technologischen Prozessschritte von der Ballenentdrahtung bis zur Mahlung der Langfaserkomponente erforderlich (s. Abbildung 5-16). Im Vordergrund der Anforderungen an die sekundären Rohstoffe während der Verpackungspapierherstellung stehen Festigkeitseigenschaften. Die Helligkeit ist hier weniger relevant, was dazu führt, das keine Deinking-Prozesse während der Aufbereitung erforderlich sind. Die Sekundärstoffe liegen in Suspensionsform vor und können der Papiermaschine zugeführt werden. Um die Beziehungen zwischen Input (Altpapierballen) und Output (Sekundärstoffsuspension) herzustellen, sind die Prozessdaten zu verwenden, da der Einsatz anderer Rückverfolgbarkeitsmethoden unter Betrachtung der Prozesseigenschaften nicht möglich ist. Die Verwendung der Prozessdaten beschränkt sich auf eine Variable „Zeit“, da immer noch keine Untersuchungen zur Ermittlung von weiteren Variablen durchgeführt wurden.

Neben Primär- und Sekundärstoffen spielen **Hilfsstoffe** wie Mineralfüllstoffe, Pigmente zur Oberflächenbehandlung, chemische Additive zur Beeinflussung von Produkteigenschaften (Leimungsmittel, Nassfest-/Trockenfestmittel, Stärke, Farbstoffe etc.) und Prozesseigenschaften (Entwässerungsbeschleuniger, Fixiermittel, Dispergatoren etc.) eine wichtige Rolle während der Papierherstellung. Sie werden in Tankwagons/Fässern geliefert. Es ist zu empfehlen, diese Lieferungseinheiten mit wiederverwendbaren RFID-Transpondern auszustatten. Zum einen wird es dadurch ermöglicht, die Entnahmen und den aktuellen Status des Aufbewahrungsmittels zu protokollieren. Zum anderen kann dadurch das Assetmanagement effektiver durchgeführt werden.

Die in Unterkapitel 4.3.2.1 beschriebenen Prozessschritte der Papierherstellung wie Stoffauflauf, Siebpartie, Trockenpartie, Leimpresse, Glättwerk und Aufrollung sind allgemein und gelten sowohl für die Herstellung von Verpackungspapieren als auch für Kartons. Bei der Aufrollung kommen große **Tamboure** (bis ca. 4,5 m Durchmesser) für die Verpackungspapiere und **Poperoller** (bis ca. 3,5 m Rollendurchmesser) zum Einsatz (vgl. Holik 2010, S. 293 ff.). In diesem Schritt werden aus einer endlosen Papierbahn endliche Papierrollen erstellt. Diese TRUs sind die ersten diskreten Einheiten nach mehreren kontinuierlichen Prozessen. Sie können zum Zweck der Identifikation mit Markern gekennzeichnet werden. Aufgrund ihrer Größe ist es zu empfehlen, sie mit RFID-Transponder auszustatten. Dies ermöglicht es, sowohl die internen als auch die externen Prozesse durch die Automatisierung zu verbessern. Auch in dieser Supply Chain wird es möglich sein, die manuelle Arbeit, den Verlust von Papierrollen, Fehler beim Transportaufladen etc., zu reduzieren. Zudem entstehen bei dieser Lösung Nutzeffekte für Kunden (Verpackungshersteller). Traditionell werden die Papierrollen mit Barcodes auf der Oberfläche ausgestattet (hier und im Folgenden Vilant 2010). Wenn die Verpackung entfernt wird, ist es nicht mehr möglich, die Papierrolle zu identifizieren. Im Gegensatz dazu bleibt die Papierrolle während der weiteren Prozessschritte identifizierbar, wenn sie im Kern mit RFID ausgestattet wird. Der in der Schneidemaschine integrierte RFID-Applikator kann den Kern beim Schneiden mit Transpondern ausstatten.

Verpackungshersteller

Die Papierverarbeitung macht die RFID-Kennzeichnung auf Itemebene quasi unmöglich. Die Gründe dafür sind: hohe Geschwindigkeit der Verarbeitungsprozesse, geringer Preis für eine Lebensmit-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

telverpackung[75], hohe Anforderungen an die Stoffe, die in den Lebensmittelverpackungen vorhanden sind. Dadurch kann die Anbringung von RFID-Transpondern auf den Lebensmittelverpackungen die Prozesse verlangsamen, Verunreinigungen verursachen sowie zu hohen Kosten führen. Es ist zu empfehlen, wiederbeschreibbare RFID auf die Aufbewahrungsmittel, die nach jedem Prozessschritt zum Einsatz kommen, meistens Paletten, aufzubringen. Die Eingänge und Ausgänge können auf dem Transponder gespeichert werden. Zudem können bei dem Prozessschritt „Bedrucken" neben dem mit dem Kundenauftrag festgelegten Muster auch die entsprechenden ID-Nummern aufgetragen werden. Dafür muss mit den Lebensmittelherstellern die entsprechende Position festgelegt werden. Die Verpackungen können in zwei Formen an Kunden ausgeliefert werden: flachliegend oder aufgerichtet. Die Handelseinheiten sind mir RFID-Transpondern auszustatten.

Die TRUs mit zugehörigen Rückverfolgbarkeitsmethoden entlang der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen sind Tabelle 5-22 zu entnehmen.

TRU	Methode		
	RFID	Ink-Printing	Prozessdaten
Stammholzstück	X		
Industrieholzstück		X	
Lieferung von Industrieholzstücken	X		
Zellstoffballen/Altpapierballen	X		
Altpapierfließ			X
Suspension (Zellstoff- und Papierherstellung)			X
Aufbewahrungsmittel mit Sägenebenprodukten, Hilfsstoffen oder Zwischenprodukten während der Papierverarbeitung	X		
Papierrollen	X		
Verpackungseinheit		X	
Handelseinheit von Verpackungen	X		

Tabelle 5-22: TRUs entlang der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen einschließlich Rückverfolgbarkeitsmethoden

Wo in größeren Stückzahlen Verpackungen verwendet werden, der Verpackungsprozess viele manuelle Arbeit erfordert, sehr hohe Produktionsgeschwindigkeit vorhanden ist oder spezielle Verpackungskonstruktionen zum Einsatz kommen, sind Systemverpackungen und Verpackungssysteme auf dem Vormarsch (hier und im Folgenden VVK 2014, S. 24). Bei dieser Variante werden die bedruckten und gestanzten Zuschnitte direkt beim Kunden verarbeitet. Die Verpackungsprozesse werden mittelweile durch Roboter und „intelligente" Kamerasysteme geleistet, womit manuelle Arbeit ersetzt werden kann.

Die Verpackungssysteme bei Lebensmittelherstellern bilden die Schnittstelle, an der die Integration der Informationen von Verpackungen und Lebensmitteln stattfindet. Die Notwendigkeit der IT-Unterstützung der Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln wurde Anfang der 2000er Jahre erkannt (vgl. Morrison 2003, S. 461 ff.), sodass bereits im Jahr 2008 Barcode-basierten Systeme dem Stand der Technik entsprachen (hier und im Folgenden Hollmann-Hespos 2008, S. 16 f.). Der am weites-

[75] Eine Wellpappe-Faltschachtel kostet ab 0,32 € (rajapack o. Jg.)

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

ten verbreitete Standard waren die GS1-Nummernsysteme. Nach dem Inkrafttreten der Verordnung 178/2002 wurden die ersten theoretischen Grundlagen und allgemeinen Handlungsempfehlungen von GS1 Germany (vgl. GS1 2004) verabschiedet, die später um weitere Umsetzungshilfen ergänzt wurden (vgl. GS1 2009a). Dadurch stellen die GS1-Nummernsysteme eine gute Basis für die Integration der Rückverfolgbarkeit von Lebensmittelverpackungen und Lebensmitteln selbst dar.

Nach der Festlegung der Standards ist darauf hinzuweisen, dass auf die erforderliche Hardware für die Datenerfassung nicht näher eingegangen wird. Diese ist ähnlich der bereits in Unterkapitel 5.1.1.2.3 beschriebenen Infrastrukturebene. Die mobilen oder stationären Schreibe-/Leseeinheiten sollten bei Wareneingang und -ausgang auf jeder Stufe der Supply Chain vorhanden sein. Zudem sollten diese Einheiten dort verfügbar sein, wo die neuen TRUs entstehen bzw. die bestehenden verändert werden.

5.4.1.2 Datenverknüpfung

In diesem Abschnitt wird überprüft, ob das bereits in Unterkapitel 5.1.1.3 ausgearbeitete und in den Unterkapiteln 5.2 und 5.3.1 erweiterte Datenmodell auch den Anforderungen nach Rückverfolgbarkeit von Lebensmittelverpackungen genügt. Dafür werden in der nachfolgenden Tabelle die Rückverfolgbarkeitsanweisungen für Papierfabriken (s. Tabelle 4-17) und Wellpappenhersteller (s. Tabelle 4-18) nach dem JRC-Leitfäden herangezogen und analysiert, ob sie bereits im Datenmodell umgesetzt wurden.

Nr. der Anweisung	Umsetzung im Datenmodell	
	Bereits umgesetzt	**Erforderliche Anpassungen**
Papierfabrik		
1	Mit der Klasse „**TRU**“ wurden die folgenden Informationen bereits berücksichtigt: • Typ des Materials (Attribut:Typ) • Produktionsort und Chargennummer (Attribut:EPC[76]) • Datum (Attribut:Herstellungsdatum)	Um die Bestellnummer darzustellen, wird eine neue Klasse „**Bestellung**“ aufgeführt. Diese Klasse wird mit der GDTI referenziert und enthält Attribute, wie Lieferant (ID:Company Prefix), Bestelldatum, Bestellpositionen (Objekte, die Artikel mit der Menge auflisten). Um Analyseergebnisse darzustellen, wird eine weitere Klasse „**Analysedokument**“ eingeführt, welche auch mit GDTI zu referenzieren ist.
2	Mit der Klasse „**Input-TRU**“ wurden die folgenden Informationen bereits berücksichtigt: • Lieferantenname und Chargennummer (Attribut:EPC) • Liederdatum (Attribut:Liederdatum)	Für die Darstellung der Bestellnummer wird die Klasse „**Bestellung**“ verwendet (s. 1. Anweisung). Da die Additive in verschiedenen Behältern transportiert und aufbewahrt werden, ist es erforderlich, eine Klasse für diese Behälter einzuführen, welche deren aktuellen Status und aktuelle Position darstellt. Dafür kann die bereits vorhandene Klasse „Silozelle“ mit den zugehörigen Objekten verwendet werden. Diese Klasse wird jetzt verallgemeinert und zur Klasse „**Behälter**“ umbenannt. Ein zusätzliches Attribut „Typ“ listet verschiedene Behälterformen auf: Silozelle, Palette, Tankwagon, Fässer, Container, anderes.
3	Die Herstellungsprozesse werden mithilfe der Klasse „**Prozess**“ und den zugehörigen Objekten der	----------

[76] Durch die Eingabe von EPC und detaillierten Darstellung von Prozessparametern erübrigt sich die Darstellung des Attributs „Produktionsschicht“.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Nr. der Anweisung	Umsetzung im Datenmodell	
	Bereits umgesetzt	**Erforderliche Anpassungen**
	Klasse „**Prozessparameter**“ dargestellt. Die ausgewählte Vorgehensweise ermöglicht es, sowohl qualitative als auch quantitative Parameterwerte abzubilden. Die Objekte der Klasse „**Transformationserfassung**“ referenzieren mit dem Fremdschlüsselattribut „Prozess-ID“ die durchzulaufenden Prozesse.	
4	----------	Um die Ergebnisse der Qualitätsanalyse abzubilden, ist die Klasse „**Analysedokument**“ (s. 1. Anweisung) zu verwenden. In dieser Klasse werden das Datum der Analyse sowie die Testergebnisse abgebildet. Zudem enthält die Klasse das Fremdschlüsselattribut „GDTI“ des Objektes „Probedokument“.
5	----------	Zum Dokumentieren der Proben kommt die Klasse „**Probendokument**“ zum Einsatz. Das Objekt der Klasse umfasst die Informationen über das Datum und den Zeitpunkt der Probenentnahme, den Aufbewahrungsort und -dauer, die Auflistung der zugehörigen TRUs
6	Jede Papierrolle wird mithilfe der „**Output-TRU**“-Klasse digitalisiert, wobei die eindeutige Identifikation mithilfe von EPC erfolgt.	----------
7 (optional)	Die kleineren Papierrollen werden auch mit der „**Output-TRU**“ digitalisiert (s. 6. Anweisung). Die Schneidemaschine, mit welcher Papierrollen geschnitten werden, kann mithilfe des Objekts „Prozessparameter“ abgebildet werden.	----------
8	----------	Das Attribut der Klasse „Output-TRU“ referenziert die Kundenbestellung (GDTI). Zudem hilft die Relation zwischen den Output-TRU-Objekten dabei, auch die Zusammenstellung der kompletten Lieferung an den Kunden abzubilden.
Wellpappenhersteller		
1	s. 6.-8. Anweisung bei der Papierfabrik	
2	s. 2. Anweisung bei der Papierfabrik	
3		
4		
5	Die Darstellung der Zeit erfolgt mithilfe von Prozessparametern (Klasse „Prozessparameter“) mit zugehörigen Werten (Klasse „Wert“) und deren Zuordnung zu Prozessen, welche sie beschreiben.	----------
6	s. Anweisung 8 bei der Papierfabrik	

Tabelle 5-23: JRC-Rückverfolgbarkeitsanweisungen und ihre Umsetzung im Datenmodell für T & T-Systeme

Wie Tabelle 5-23 zeigt, sind geringe Änderungen erforderlich. In Abbildung 5-17 werden die Datenstrukturen visualisiert, bei denen die erforderlichen Änderungen bzw. Erweiterungen vorgenommen wurden.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

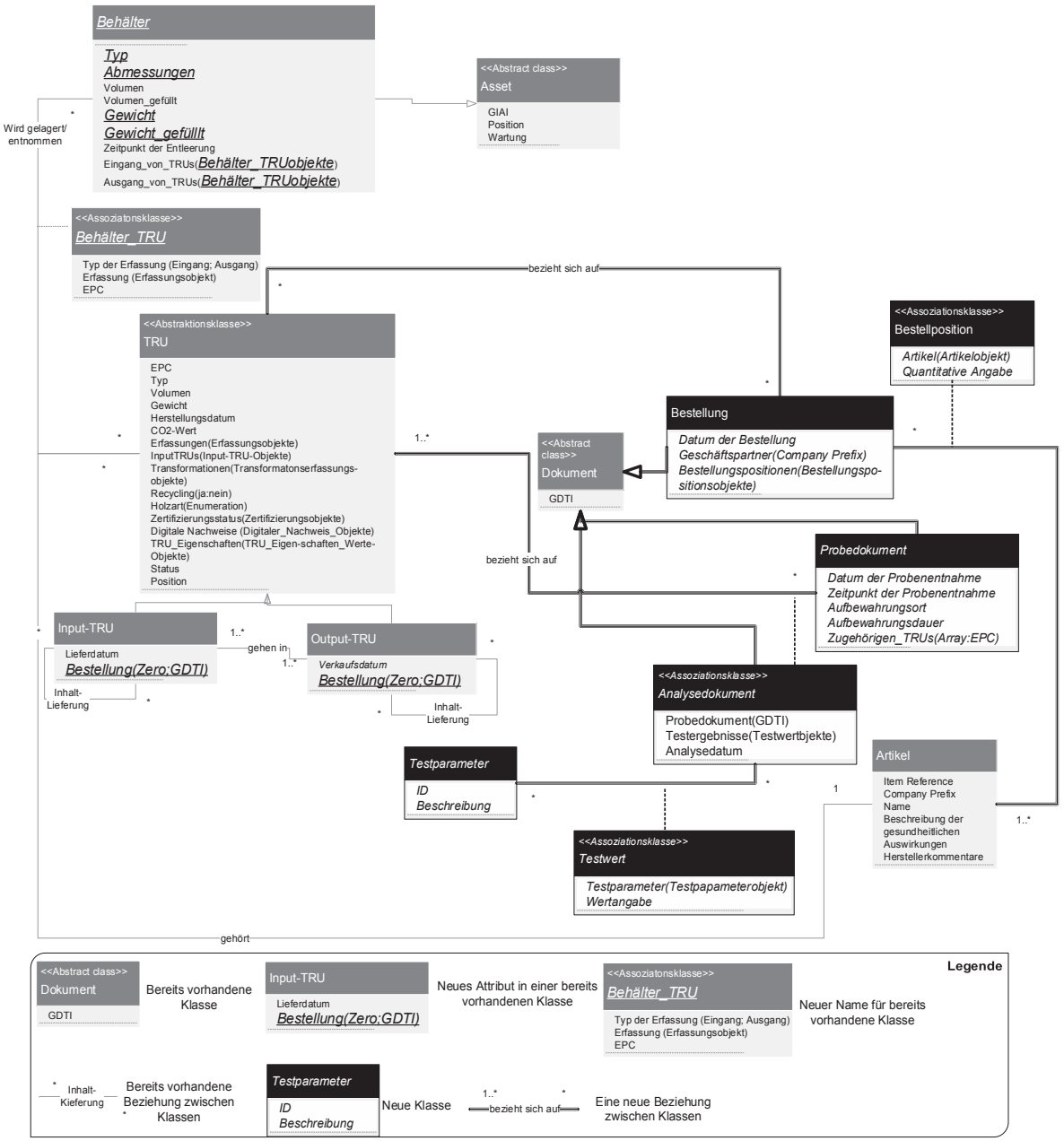


Abbildung 5-17: Erweiterung des Datenmodells nach JRC-Rückverfolgbarkeitsanweisungen

5.4.1.3 Integration, Kommunikation und Applikation

Die in Abbildung 5-5 vorgeschlagene Systemarchitektur gilt auch für die Rückverfolgbarkeit von Lebensmittelverpackungen. Sie setzt auf die in Unterkapitel 5.4.1.2 beschriebenen TRUs, welche mit EPC eindeutig gekennzeichnet sind, wodurch EPCglobal-Netzwerk-Komponenten für die Integration und Kommunikation entlang der Supply Chain für Lebensmittelverpackungen genutzt werden können. Es bleibt zu klären, wer für den Betrieb der Integrations-, Kommunikations- und/oder Applikationsebene verantwortlich ist. Zur Verfügung stehen mehrere Lösungsalternativen, die im Weiteren diskutiert werden.

Eine Herausforderung für die Umsetzung der T & T-Systeme in dieser Supply Chain stellt die Zusammenarbeit von mehreren Branchen dar. Dadurch ist es schwierig, einen Betreiber zu finden, der

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

eine branchenübergreifende T & T-Systemlösung anbietet. Diese branchenübergreifende Lösung kommt bei folgenden Fällen in Frage:

- GS1-Lösung. Diese Lösung sollte die bereits zur Verfügung stehende GS1-Plattform fTRACE verwenden. fTRACE ist ein Service, mit dem Konsumenten im Internet oder über das Smartphone aktuell frische Lebensmittel wie Fleisch, Geflügel, Fisch sowie Obst und Gemüse zurückverfolgen können (vgl. hier und im Folgenden fTRACE o.Jg.). Um zu erfahren, woher das Produkt kommt und wann und wie es verarbeitet wurde, müssen zum einen die Hersteller die Produktinformationen in die Datenbank einspeisen und zum anderen die Konsumenten den auf der Verpackung aufgedruckten fTRACE-Code mit dem Smartphone einscannen oder den Zahlencode direkt auf der fTRACE-Internetseite eingeben. Die erste erforderliche Erweiterung des Services ist es, neben den Informationen über Lebensmittel auch die Informationen über Lebensmittelverpackungen zur Verfügung zu stellen. Dies wurde im Datenmodell berücksichtigt. Die Verpackung ist ein Objekt der Klasse „Input-TRU“. Dieses Objekt ist ein Attribut des übergeordneten TRU-Objektes, welches eine verpackte Lebensmittelhandelseinheit darstellt. Dadurch wird es ermöglicht, den Konsumenten auch die Informationen über die Lebensmittelverpackung zur Verfügung zu stellen. Da im Datenmodell die Speicherung von digitalen CoC-Nachweisen ebenfalls berücksichtigt wurde, können auf diesem Wege die ökologisch orientierten Kundensegmente angesprochen werden (s. Kapitel 5.2). Die zweite erforderliche Anpassung bezieht sich auf die zentrale Datenbank der Plattform, die verschiedene Sektionen für die Speicherung von T & T-System-Daten für alle Teilnehmer der Supply Chain anbieten sollte. Die Plattform basiert bereits auf GS1-Standards und verwendet die dazugehörige Infrastruktur, wodurch die Anpassung an die EPCglobal-Netzwerkkomponenten als gering zu betrachten ist. Die vorgeschlagenen Erweiterungen erlauben es der GS1-Organisation, einen weiteren Service für die Teilnehmer an GS1-Nummernsystemen bereitzustellen. Dabei können die Teilnehmer dann auf den zugehörigen Datenbankbereich zugreifen und dadurch die in vorherigen Kapiteln besprochenen Nutzeffekte in B2B- und B2C-Bereichen erschließen.
- FSC/PEFC-Lösung. Die Basis stellt die OCP-Plattform von FSC (s. Unterkapitel 4.1.2) dar. Die Plattform befindet sich in der Entwicklungsphase. Als kritisch sehen Unternehmen den erhöhten Arbeitsaufwand bei dem Prozess der Überprüfung der Richtigkeit von Angaben über zertifizierte Holzprodukte (vgl. FSC Deutschland 2013). Durch die Zusammenführung von OCP-Plattform und herausgearbeiteten T & T-Systemlösungen kann dieser Arbeitsaufwand (automatische Datenerfassung) reduziert werden. Dafür muss noch die bereits existierende zentrale Datenbank an die EPCglobal-Netzwerkanforderungen angepasst werden. Danach kann die Plattform nicht nur für die Umsetzung der CoC verwendet werden, sondern auch als ein wichtiger Teil der lückenlosen Rückverfolgbarkeit für Holzprodukte zur Verfügung stehen. Um die relevanten Informationen Konsumenten bereitzustellen, ist die Integration von Daten über Lebensmittel und Verpackung erforderlich. Da der Konsument in diesem Fall primär Lebensmittel und nicht die Verpackung kauft, ist es wichtig, dass die Informationen im Namen sowie im Layout des Herstellers bzw. von einer unabhängigen Drittpartei wie der GS1-Organisation zur Verfügung gestellt werden. Somit ist es an dieser Stelle zu empfehlen, zwei Rückverfolgbarkeitssysteme zu kombinieren. Die Daten über die Lebensmittelverpackung werden bei der Zertifizie-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

rungsorganisation gespeichert und Lebensmittelherstellern via Pull-Konzept (Zugriffschlüssel: EPC) zur Verfügung gestellt. Letztere können eigene Produktinformationssysteme betreiben (s. Kapitel 5.1) oder die Daten bspw. bei fTRACE einspeisen. Wenn der Lebensmittelhersteller darauf verzichtet und die Daten ausschließlich zur Erfüllung von gesetzlichen Pflichten nutzt, dann steht dem Konsument die Möglichkeit offen, anhand von EPC die Information über die Verpackung bei der Zertifizierungsorganisation abzurufen. Diese Option muss zuerst von Lebensmittelkonsumenten akzeptiert werden, da sie das primäre Interesse an dem Lebensmittel haben. Es ist durchaus möglich, dass die Nachfrage nach Informationen über Lebensmittelverpackungen geringer ausfällt, als im Fall der Zusammenführung der Informationen über Lebensmittel und Verpackungen. Dies kann dazu führen, dass der finanzielle Aufwand für die Bereitstellung von Informationen über Lebensmittelverpackungen höher als die erwarteten Nutzeffekte sein wird. Weiterhin hat die Codeposition einen Einfluss darauf, ob die Information während der Kaufentscheidung oder erst danach abgerufen wird. Ausgehend von den genannten Herausforderungen ist davon auszugehen, dass die Bereitstellung von Informationen an Konsumenten lediglich durch die enge Zusammenarbeit mit den Lebensmittelherstellern möglich sein wird. Wenn diese Kooperation nicht gegeben ist, können die Daten ausschließlich zur Erzielung von Nutzeffekten im B2B-Bereich genutzt werden.

- EU-Kommission-Lösung. Wenn von Lebens-, Futtermitteln oder Lebensmittelbedarfsgegenständen Risiken für die menschliche Gesundheit ausgehen, ist ein zeitnahes und wirksames Handeln der Behörden erforderlich (vgl. BVL o. Jg.). Für die schnelle Weitergabe von Informationen innerhalb der Europäischen Union sorgt unter anderem das Schnellwarnsystem RASFF (Rapid Alert System Food and Feed). Anfang des Jahres 2014 erfolgte die Umstellung von dem E-Mail-basierten Meldesystem hin zu einem Online-Portal, dem iRASFF. Dieses Portal wird von der Europäischen Kommission bereitgestellt und verwaltet. Das iRASFF bietet viele Vorteile; beispielsweise ist es als Webportal arbeitsplatzunabhängig verfügbar. Bestimmte Informationen sind datenbankseitig bereits hinterlegt. So müssen u. a. die Adressen der Labore sowie die Rechtsvorschriften und festgestellten Gefahren nicht jedes Mal von neuem eingetragen werden. Die Informationen zum Produkt werden über eine Eingabemaske in das System eingegeben. Die Meldungen enthalten unter anderem Informationen zur Art des Produkts, zu seiner Herkunft, den Herstellungs- und Vertriebswegen, zur Gefahr, die von ihm ausgeht, und zu den getroffenen Maßnahmen. Meist liegen den Meldungen weitere Dokumente wie Analysenberichte, amtliche Gutachten, Lieferscheine oder Vertriebslisten bei, um eine Identifizierung der Produkte zu erleichtern. Die Übermittlung der Meldung an die Europäische Kommission erfolgt ebenfalls über das Portal. Das Portal wurde primär für die Kommunikation zwischen Behörden auf der nationalen und europäischen Ebene entwickelt. Zugriff haben die zuständigen Bundes-, Landes- und Kommunalbehörden der Lebens- und Futtermittelüberwachung, die Grenzkontrollstellen sowie die jeweiligen Behörden in den anderen Mitgliedsländern. Seit Juni 2014 wird ein neuer Service angeboten – RASFF consumers' portal –, der aktuelle Informationen über Lebensmittelrückrufe und öffentliche Gesundheitswarnungen in allen EU-Ländern zur Verfügung stellt (vgl. European Commission 2015). Mit dem Schnellwarnsystem RASFF wurde den Artikel 50 der EU-Verordnung 178/2002 umgesetzt. Das System ist damit ein ex post-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

System, das eingeschaltet wird, wenn eine Störung durch Dritte bekanntgeworden ist. Die Kombination zwischen RASFF- und Rückverfolgbarkeitssystem erlaubt es, Rückrufaktionen schneller und effektiver durchzuführen. Zudem kann diese Kombination dabei helfen, Probleme noch vor dem Verkauf an Konsumenten zu identifizieren (stiller Rückruf). Das RASFF consumers' portal kann neben Rückrufinformationen und Warnungen auch Produktinformationen zur Verfügung stellen. Die zu entwickelnde Infrastruktur kann in Zukunft genutzt werden, um die Informationen zu weiteren Produkten, wie holzbasierte Produkte, zur Verfügung zu stellen. Dadurch kann das Portal auch den Betrieb der Integrations- und Kommunikationsebene und zum Teil der Applikationsebene (PIS) der Systemarchitektur übernehmen. Auch in diesem Fall ist es möglich, dass die Supply Chain für Lebensmittelverpackung ein eigenes Rückverfolgbarkeitssystem einführt, z. B. bei der Zertifizierungsorganisation, welches mit dem Rückverfolgbarkeitssystem bei der EU-Kommission integriert wird.

Während der Vorstellung der potenziellen Betreiber wurde bereits auf die Möglichkeit der Zusammenarbeit mehrerer Rückverfolgbarkeitssysteme hingewiesen. Dies wird durch die Nutzung von GS1-Standards ermöglicht. Da die Anzahl der zugehörigen EPCIS begrenzt wird, werden sie für Teilnehmer bekannt sein; somit wird es möglich, auf weitere Suchdienste zu verzichten und dadurch den Suchaufwand zu reduzieren. Entlang der Supply Chain können einige Organisationen den Betrieb der oberen Schichten der Systemarchitektur übernehmen: Verband der Sägeindustrie, Forstämter der Länder, Verband der deutschen Papierfabriken, Verband Vollpappe Kartonagen, Verband der Wellpappen-Industrie, Zertifizierungsorganisationen, GS1-Organisation, EU-Kommissionen sowie die großen Unternehmen in der Supply Chain, insbesondere Zellstoff- und Papierfabriken. Dabei können sie für den Betrieb der Infrastruktur einen IT-Dienstleister beauftragen.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass ein Rückruf ein unerwartetes Ereignis in der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen darstellt. Um schnell darauf zu reagieren, kann auch hier das bereits in Kapitel 5.3.1 dargestellte SCEM-System zum Einsatz kommen. Die BI-Instrumente können dabei helfen, den Schadenverursacher zu identifizieren (Beschreibung) oder die TRU-Größe insbesondere bei kontinuierlichen Prozessen der Zellstoff- und Papierherstellung zu bestimmen, um den Schaden durch einen möglichen Rückruf zu minimieren (Prognose). Es können zudem die Auftrittswahrscheinlichkeit eines Risikos, dessen Entdeckungswahrscheinlichkeit und damit die Wahrscheinlichkeit eines Rückrufes ermittelt werden (vgl. Wegner-Hambloch 2004, S. 27).

5.4.2 Nutzeffekte durch den Einsatz von Tracking & Tracing-Systemen in der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen

Da die gesetzlichen Rückverfolgbarkeitspflichten die Existenz von Rückverfolgbarkeitssystemen determinieren, wird auf die Analyse der Kosten-Nutzen-Verhältnisse verzichtet. Stattdessen wird auf die Nutzeffekte eingegangen, welche durch die Einführung der vorgeschlagenen Systemlösungen entstehen können. Diese Lösungen sind im Vergleich zu auf branchenspezifischen Leitfäden basierenden Systemen komplett elektronisch und ermöglichen die Rückverfolgbarkeit auf der Itemebene, wobei explizit die Rückverfolgbarkeit von Primär- und Sekundärfasern umgesetzt werden kann.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Dadurch können zum einen rückverfolgbarkeitsspezifische Nutzeffekte wie Reduktion der Rückrufkosten durch den Ersatz eines öffentlichen Rückrufes durch einen stillen und das Vermeiden eines Rückrufes erreicht werden. Zum anderen können die typische Vorteile der elektronischen Systeme, (z. B. Ersatz der manuellen Arbeit, Automatisierung von verschiedenen Vorgängen wie Wareneingang, -ausgang, Rechnungstellung, Inventur etc.) erreicht werden. Zudem sind die vorgeschlagenen T & T-Systemlösungen eine Erweiterung der Lösungen, die zum Erschließen von Effekten in B2C- und B2B-Bereichen konzipiert wurden. Dadurch können in der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen sowohl direkte als auch indirekte Nutzeffekte erschlossen werden. Für die mathematische Formalisierung des Nutzens werden in Tabelle 5-24 zusätzliche Modellparameter eingeführt[77].

Parameter	Beschreibung	Maßeinheit
α	Wahrscheinlichkeit des Vermeidens eines Rückrufs	---
β	Wahrscheinlichkeit des Ersatzes eines öffentlichen Rückrufs durch einen stillen Rückruf	---
k_j	Inputstoff eines Unternehmens	---
K_j	Anzahl der Inputstoffe eines Unternehmens	---
$K_{ÖR,i,t}$	Durchschnittliche Kosten öffentlicher Rückrufe auf der Stufe i im Jahr t	€
$K_{SR,i,t}$	Durchschnittliche Kosten stiller Rückrufe auf der Stufe i im Jahr t	€
$k_{red,i}$	Rückrufkostenreduktion auf der Stufe i	als Prozentsatz der Rückrufkosten
$Nutzen_{direkt,\,i,\,t}$	Direkte Nutzeffekte durch T & T-Systeme auf der Stufe i im Jahr t	€
$Nutzen_{indirekt,\,i,\,t}$	Indirekte Nutzeffekte durch T & T-Systeme auf der Stufe i im Jahr t	€

Tabelle 5-24: Zusätzliche Modellparameter für die Darstellung der Rückrufkosten

Da ein stiller oder öffentlicher Rückruf ein unerwartetes und zufälliges Ereignis ist, wird die Chance des Eintretens des Rückrufes mit einer Wahrscheinlichkeit quantifiziert (vgl. Gabler 1997, S. 4281). Dadurch wird die Berechnung des direkten Nutzens (Reduktion der Rückrufkosten) mithilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung durchgeführt. Falls der öffentliche Rückruf ersetzt werden kann, betragen die Kostenersparnisse die Differenz zwischen den Kosten öffentlicher Rückrufe und durch die T & T-System reduzierten Kosten stiller Rückrufe: $\beta\left(K_{ÖR,i,t} - K_{SR,i,t}(1 - k_{red,i})\right)$. Andernfalls ist mit der Reduktion der Kosten öffentlicher Rückrufe zu rechnen $(1-\beta)K_{ÖR,i,t}k_{red,i}$. Der weitere Term ist die Reduktion der Kosten bei stillen Rückrufen: $K_{SR,i,t}k_{red,i}$. Mit einer Wahrscheinlichkeit α können zudem die o. a. Rückrufkosten komplett vermieden werden, dann gilt $\alpha(K_{ÖR,i,t} + K_{SR,i,t})$. Aus diesen Termen entsteht die Formel 18, welche die Reduktion der Rückrufkosten umfasst.

Formel 18:

$$Nutzen_{Rückruf,i,t} = \alpha(K_{ÖR,i,t} + K_{SR,i,t}) + (1-\alpha)\left(\beta\left(K_{ÖR,i,t} - K_{SR,i,t}(1-k_{red,i})\right) + (1-\beta)K_{ÖR,i,t}k_{red,i} + K_{SR,i,t}k_{red,i}\right), \forall = i$$

[77] Die Auflistung von allen Parametern ist Anhang S zu entnehmen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Neben der Reduktion der Rückrufkosten ist es möglich, auch einen indirekten Nutzen zu erreichen. Dieser indirekte Nutzen wurde bereits detailliert in den Unterkapiteln 5.1.2.1, 5.2 und 5.3.2.1 betrachtet: Nachfragesteigerung, WTP, Kostenreduktion und Steigerung der Holzausbeute. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass auf WTP verzichtet werden kann, insbesondere wenn der Betrieb von PIS von der Organisation übernommen wird, die dem Zweck der Steigerung des Verbraucherschutzes, des nachhaltigen Konsums sowie des Verbreitungsgrades von Standards dient. In Formel 19 werden die indirekten Effekte zusammengefasst.

Formel 19:

$$Nutzen_{indirekt,i,t}$$

$$= \sum_{k_i=1}^{K_i} \left(D_{k_i,t} \cdot \left(d_{\mathrm{TTS},k_i,\mathrm{t}} \cdot b_{i.k_i,t} \cdot p_{\mathrm{i},k_i,\mathrm{t}} + \ (1 + d_{TTS,k_i,t})\left(KR_{i,t} + g_{i,k_i,t} \cdot p_{i,k_i t}\right) + \left(1 + d_{\mathrm{TTS},k_i \mathrm{t}}\right)\right.\right.$$

$$\left.\left. \cdot\, p_{i,k_i,t} \cdot WTP_{\mathrm{TTS},k_i} \cdot x_i\right) + \sum_{k_j=1}^{k_j=K_j} BM_{i,k_j,t}(\Delta ha_{k_i} \cdot b_{i,k_i,t}(p_{i,k_i,hohe\ qualität} - p_{i,k_{i,}\ nidrige\ qualität}))\right), \text{für } \forall \mathrm{i} \text{ und } x_i$$

$$= \begin{cases} 1, wenn\ das\ Untenehmern\ auf\ der\ Stufe\ i\ für\ den\ PIS - Betrieb\ verantwortlich\ ist \\ 0, sonst \end{cases}$$

Der indirekte Nutzen kann auf jeder Stufe der Supply Chain erschlossen werden. Im Weiteren wird auf bereits gewonnene Kenntnisse zurückgegriffen und diskutiert, welcher **indirekte Nutzen** entlang der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen erreicht werden kann.

Die größten indirekten Nutzeffekte für *die Forstbetriebe* entstehen durch die Reduktion der Holzverluste (s. Kapitel 5.3.2). Da Industrieholz einen geringeren Preis im Vergleich zu Stammholz hat, fällt der monetäre Wert des Nutzens bei gleichen Umständen 2,4-mal geringer aus. Dieser negativen Tendenz steht die Tatsache gegenüber, dass die Forstbeitriebe ein ausgewogenes Lieferprogramm haben, in dem sowohl Industrie- als auch Stammholz angeboten wird. Weiterhin beträgt der Bedarf eines Zellstoffwerkes ca. 2 Mio. m³ (vgl. Schmithüsen et al., 2009, S. 75), davon 30 % oder 0,6 Mio. m³ Industrieholz und 70 % oder 1,4 Mio. m³ Sägenebenprodukte (vgl. Mantau et al. 2002, S. 40). Dabei liefert der Forstbetrieb direkt Industrieholz und indirekt über das Sägewerk Sägeneben-produkte aus Stammholz.

Die indirekten Nutzeffekte des *Sägewerkes* umfassen sowohl die Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten als auch die Steigerung der Nachfrage nach Sägenebenprodukten. Jedoch ist in diesem Fall ein Interessenkonflikt vorhanden. Die Steigerung der Ausbeuterate führt zur Senkung des Sägenebenproduktevolumens. Dies bedeutet für das Zellstoffwerk, dass sich die Liefermenge reduziert. Um die erforderliche Quantität zu erreichen, muss die Zellstofffabrik bereit sein, nach weiteren Lieferanten zu suchen: Die erforderliche Menge kann von anderen Sägewerken, die zum Wertschöpfungsnetzwerk gehören, geliefert werden. Als Ersatz zu Sägenebenprodukten kann hier auch Industrieholz zum Einsatz kommen, was wiederum von Forstbetrieben aus dem betrachteten Wertschöpfungsnetzwerk verkauft wird. In kritischen Fällen kann es erforderlich sein, nach Lieferanten zu suchen, die noch nicht zum Wertschöpfungsnetzwerk gehören. Um zum Wertschöpfungsnetzwerk zu gehören, müssen diese neuen Lieferanten nicht nur zuverlässige Partner sein, sondern

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

auch an dem T & T-System teilnehmen. Die letzte Bedingung kann zum einen als eine Einrittsbarriere betrachtet werden, zum anderen entsteht dadurch auch die Chance für diese Lieferanten als Teilnehmer des Wertschöpfungsnetzwerkes, neue Nutzeffekte durch diese Technologie zu erschließen. Aus Sicht der Zellstofffabrik können in dieser Situation zusätzliche Kosten in Form von den Kosten der Informationsbeschaffung, des Vertragsabschlusses und der Vertragsdurchsetzung entstehen.

Die indirekten Nutzeffekte *der Zellstofffabriken* sowie *der Papierfabriken* beziehen sich insbesondere auf die Automatisierung der internen Prozesse wie Wareneingang, -ausgang, Inventur, Kommissionierung, was bei großen Input- und Output-Mengen als sehr relevant anzusehen ist. Nach Schätzungen des Unternehmens Vilant (vgl. Vilant 2010), welches RFID-basierte Lösungen für Zellstoff- und Papierfabriken erstellt, kann die durchschnittliche jährliche Kostenreduktion pro Fabrik bis zu 300.000 € erreichen, wobei davon die größten Anteile bei der Personalkostenreduktion (50 %), der Reduktion der Inventurkosten (19 %) sowie der Reduktion der Zellstoffballen- bzw. Papierrollenverluste (17 %) liegen. Neben der bereits erwähnten Kostenreduktion kann durch die Einführung von T & T-Systemen ein besserer Kundenservice erreicht werden. So werden die Zellstoff- und Papiersorten in unterschiedlichen Qualitäten versandt. Ein Versandfehler kann gravierende Folgen für die Kunden haben, insbesondere wenn die Produktionsprozesse kontinuierlich sind. Um die Kontinuität zu gewährleisten, sind die Unternehmen gezwungen, ein Ausgleichslager einzurichten. Dabei bedeutet die Reduktion der Versandfehler auch die Senkung der Mindestvorräte bei Kunden. Zudem können die Fabriken über die steigende Nachfrage profitieren.

An dieser Stelle ist es für die Zellstoff- und Papierfabriken zu empfehlen, die Wirtschaftlichkeit der SaaS-Lösung mit der Lösung als eigenes System zu vergleichen. Dabei ist es zu beachten, dass die Nutzungsgebühr transaktionsabhängig erhoben wird. Mit einer steigenden Anzahl der Objekten (so kann eine große international tätige Zellstofffabrik bis zu 2,4 Mio. Ballen (vgl. Vilant o. Jg.a) oder eine große auch international agierende Papierfabrik bis zu 40.000 Papierrollen jährlich produzieren (vgl. Vilant o. Jg.b)) steigt auch direkt proportional die Anzahl der Transaktionen. Dadurch ist die Nutzungsgebühr für SaaS eine Funktion der Nachfrage nach Produkten des Unternehmens. Ausgehend davon ist aus der reinen wirtschaftlichen Sicht das System selbst zu implementieren, wenn die Summe der einmaligen Kosten für Software und deren Installation sowie Konfiguration und wiederkehrende Softwarewartungs- und Softwaresupportkosten geringer ist, als Summe der einmaligen SaaS-Einrichtungsgebühr und wiederkehrenden SaaS-Nutzungsgebühren ist (Formel 20).

Formel 20:

$$SMK_i(1 + IK_{SW}) + \sum_{t=1}^{T}\left(SMK_i \cdot wk_{SW,t}\right)(1+r)^{-t} \leq EG_i + \sum_{t=1}^{T} NG\left(D_{i,t}\right)(1+r)^{-t}$$

Die Verpackungshersteller erzielen Nutzeffekte insbesondere durch die Reduktion der Versandfehler. Zudem werden auch hier die innerbetrieblichen Prozesse verbessert. Besonders interessant aus Sicht der Verpackungshersteller ist es, das Restgewicht einer Rolle zu wissen, was unproblematisch in der Papierrollenprodukthistorie zu speichern ist. Die Fehler in der Produktion können durch die Quantitäts- und Qualitäts-Informationen über die Papierrolle verringert werden. Durch die erwähnten positiven Aspekte können die Gesamtkosten bis zu ca. 20 % reduziert werden (vgl. Vilant 2010).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Diese Stufe der Supply Chain repräsentiert in den Augen der Konsumenten die gesamte papierbasierte Supply Chain. Gerade die Verpackungshersteller können die nachhaltige Waldbewirtschaftung und die Erfüllung des CoC-Standards entlang der Supply Chain sowie die Maßnahmen gegen die Mineralölemigration nach außen kommunizieren. Dadurch können Wettbewerbsvorteile erschlossen werden, die zur Nachfragesteigerung nach papierbasierten Lebensmittelverpackungen führen können.

5.4.3 Diskussion

Die vorgeschlagene Konzeption umfasst mehrere Lösungen, die auf einer Systemarchitektur basieren und sich bei dem Betrieb der Integrations-, Kommunikations- und Applikationsebene unterscheiden. Die zu verwendenden Standards und die Systemarchitektur sind auch identisch. Dies ermöglicht sowohl den Betrieb bei einer Drittpartei als auch die Installation mehrerer T & T-Systeme entlang der komplexen Supply Chain für Lebensmittelverpackungen. Die vorgeschlagene Konzeption erlaubt es, die in Unterkapitel 4.3.2.4 festgelegten Anforderungen zu erfüllen (s. Tabelle 5-25).

Anforderung	Begründung der Erfüllung
Rückverfolgbarkeit von Primärfasern	Es wurden ausgehend von Prozessen und entlang der Supply Chain laufenden Materialflüssen die TRUs mit zugehörigen Rückverfolgbarkeitsmethoden festgelegt (s. Tabelle 5-22). Dabei wurde sowohl der Supply Chain-Zweig „Forstbetrieb (Industrieholz)-Zellstofffabrik-Papierfabrik“ als auch „Forstbetrieb (Stammholz)-Sägewerk (Sägenebenprodukte)-Zellstofffabrik-Papierfabrik“ betrachtet. Das Industrieholz kann auf Itemebene mit hoher Präzision verfolgt werden. Im Gegensatz dazu ist die Präzision der Rückverfolgbarkeit von Sägenebenprodukten geringer, wobei sie von den Aufbewahrungsbedingungen abhängt. Für die Digitalisierung des aktuellen Zustandes der Aufbewahrungsmittel wurde das Datenmodell entsprechend angepasst (s. Abbildung 5-17).
Rückverfolgbarkeit von Sekundärfasern	Auch hier wurden die TRUs und zugehörige Rückverfolgbarkeitsmethoden festgelegt (s. Tabelle 5-22). Gleichwohl ist hier zu beachten, dass das erste Mitglied der Altpapier-Supply Chain, wie Entsorgungsunternehmen, nur beschränkte Angaben zur Lieferung machen kann. Es ist für dieses Mitglied unmöglich, zu wissen, ob in der stofflichen Zusammensetzung von Altpapier potenziell migrierende Stoffe vorliegen. Es gibt über 250 Substanzen, die ausreichend flüchtig sind und daher potenziell in Lebensmittel migrieren könnten (vgl. BMEL 2012, S. 113). Keine in ausreichender Menge verfügbare Altpapierqualität ist frei von potenziell migrierenden Substanzen (vgl. Harling 2013). Zudem ist das Vorhandensein von potenziell migrierenden Stoffen ein stochastischer Prozess, was für die Rückverfolgbarkeit bedeutet, dass die von der Migration betroffenen Chargen identifiziert werden, dadurch aber keine Rückschlüsse auf andere potenziell schadhafte Chargen gezogen werden können. Jedoch kann man auf Basis der vorliegenden Informationen ein Fazit bzgl. der Lieferanten ziehen, z. B. wie gut die Sortierung durchgeführt wurde. Ein überwiegender Anteil des migrierfähigen Materials stammt aus Chemikalien, die während der Aufbereitung in der Papierfabrik verwendet werden (vgl. BMEL 2012, S. 113). Diese Verunreihungen können aufgrund der Prozessdokumentation und ihrer Zuordnung zu betroffenen TRUs schnell ermittelt werden. Dies hilft nicht nur dabei, die Rückrufkosten zu reduzieren, sondern auch Verbesserungspotenziale für die Prozesse zu entdecken.
Integration von Rückverfolgbarkeitssystemen von Verpackungs- und Lebensmittelherstellern	Die Integration wird mithilfe von GS1-Standards, insbesondere EPC und EPCglobal Netzwerk, sichergestellt. Das vorgeschlagene Datenmodell kann zudem mit kleinen Anpassungen auch bei Lebensmittelherstellern angewandt werden (s. Kapitel 6.1). Um branchenspezifische Diskrepanzen zu vermeiden, wurden zudem die branchenneutralen Organisationen als Betreiber des Systems vorgeschlagen. Weiterhin steht auch die Option der Integrationen von mehreren Systemen zur Verfügung.
Umsetzung der Anforderungen an T & T-Systeme anhand der Vier-Schichten-Systemarchitektur	Die vorgeschlagene Lösung basiert auf der Vier-Schichten-Systemarchitektur. Die Infrastrukturebene umfasst die RFID-Technologie und Ink-Printing. Zudem sind die Prozessdaten erforderlich, um die Rückverfolgbarkeit in kontinuierlichen Prozessen zu realisieren. Zum Zweck der Umsetzung der JRC-Anweisungen wurde die Anpassung des Datenmo-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anforderung	Begründung der Erfüllung
	dells vorgeschlagen (s. Abbildung 5-17). Die zu verwendende Systemarchitektur wurde bereits in Abbildung 5-5 dargestellt. Es wurde detailliert über den Betrieb des Systems diskutiert.
Wirtschaftliche Machbarkeit der Lösungen	Die vorgeschlagene Konzeption umfasst sowohl die Lösung als SaaS, was den KMUs helfen sollte, das System ohne großen Implementierungsaufwand zu festkalkulierbaren Kosten zu nutzen, als auch die Umsetzung eines eigenen Systems für große Unternehmen. Diese Entscheidung ist von jedem Unternehmen selbständig zu treffen. Das elektronische Rückverfolgbarkeitssystem ermöglicht es zudem, sowohl den direkten Nutzen in Form der Reduktion von Rückrufkosten als auch den indirekten Nutzen insbesondere durch die Reduktion von Warenverlusten, die Steigerung der Ausbeute, die Automatisierung der Prozesse zu erschließen

Tabelle 5-25: Erfüllung der Anforderungen (T & T-Systeme in Supply Chains für papierbasierte Lebensmittelverpackungen)

Während der Konzeption wurde den in Unterkapitel 4.3.2.1 genannten Herausforderungen Rechnung getragen. Die Vermischung von kontinuierlichen und diskontinuierlichen Prozessen sowie die Änderung des Zustandes eines Verarbeitungsgutes spiegeln sich in der Kombination von mehreren Rückverfolgbarkeitsmethoden wider, die am besten zu den gegebenen Prozessbedingungen passen. Extreme Herstellungsbedingungen führen dazu, dass besondere Transponderformen entlang der Supply Chain zu verwenden sind. Bei dem Stammholz sind Transponder auf Holz zu verwenden. Transponder auf Metall kommen bei allen Aufbewahrungsmitteln zum Einsatz. Bei Zellstoffballen sind besondere Transponder erforderlich, welche keine Papierherstellungsprozesse stören, sodass sie nicht entfernt werden müssen. Ein geeigneter Transponder wurde bspw. von der Firma Vilant entwickelt. Das Labelpapier des Transponders sowie der Klebstoff lösen sich im Faseraufschluss (vgl. Vilant o. Jg.a). Darüber hinaus haben die Materialien in der Antenne und in dem Mikrochip des RFID-Tags keinen Einfluss auf die Prozess- und Qualitätseigenschaften. Jedoch führen die besonderen Ausfertigungen zu höheren Kosten. Die geringen Margen haben dazu geführt, dass Zellstoff und Papier von großen international agierenden Fabriken produziert werden. Es ist davon auszugehen, dass diese Unternehmen bereits über die entsprechende IT-Landschaft verfügen und in der Lage sind, das T & T-System selbst zu betreiben. Bei KMUs sollten öfter SaaS zum Einsatz kommen.

Da es vorgeschlagen wurde, dass der Betrieb der Systeme nicht nur von branchenunabhängigen sondern auch von international agierenden Organisationen durchgeführt wird, sollte auch die Zusammenarbeit mit weltweiten Partnern erleichtert werden. Bevor die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Branchen reibungslos läuft, ist über bestimmte Regeln und Standards der Kommunikation zu verhandeln, was Kosten verursacht. So wurde vorgeschlagen, die GS1-Nummernsysteme zu nutzen. Dadurch ist es für Unternehmen, die nach branchenspezifischen Standards arbeiten, erforderlich, entsprechende Umstellungen durchzuführen. Als typische branchenspezifische Standards können ELDAT, FHPDAT (Forst Holz Papier Datenaustausch), IFIS, WoodCat, CoSemat für Rundholz, CEPI unit identification system, FEFCO (European Federation of Corrugated Board Manufacturers), papiNet für die Identifikation von Produkten der Papierindustrie, International fibreboard case code für Wellpappeschachtel und Verpackungskonstruktionen etc. genannt werden. Weiterhin muss festgelegt werden, welche Daten von welchen Teilnehmern eingesehen werden können.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Während der Untersuchung der T & T-Systemlösungen in der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen wurde explizit auf die Rückverfolgbarkeit von Hilfsstoffen eingegangen. Diese Lösung kann auch für die Rückverfolgbarkeit von Hilfsstoffen in der Supply Chain für Holzmöbel, insbesondere bei der Herstellung von Massivholz-/Spanplatten sowie von Möbelstücken, verwendet werden.

Weiterhin wurde in diesem Abschnitt die Rückverfolgbarkeit von Altpapier konzipiert. Basierend darauf können auch wichtige Rückschlüsse bzgl. der Rückverfolgbarkeit von Altholz gezogen werden. Das anfallende Altholz ist nach der Altholzverordnung (AltholzV 2002) von Sammel- und Sortierstellern zu erfassen und nach vier Kategorien zu sortieren, wobei für die stoffliche Nutzung die Kategorie I („naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde“) und die Kategorie II („verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel“) aktuell verwendet werden. Um die Sortierung zu vereinfachen, ist dem Anhang III der Altholzverordnung die Zuordnungsregel für die gängigen Altholzsortimente bzgl. der Kategorien zu entnehmen. Die Sammel- und Sortierstellen sind zudem für das Aussortieren von Störstoffen zuständig. Das sortierte Altholz wird in Chargen zum Betreiber der Altholzaufbereitungsanlage transportiert. Auch hier können die Chargen mit RFID-Transpondern ausgestattet werden, die neben dem EPC der TRU auch die zusätzlichen Informationen über Altholzsortierelemente enthalten. Wie Kapitel 5.1.1 zu entnehmen ist, wird die Altholzaufbereitung zu Hackschnitzeln von Spanplattenherstellern durchgeführt. Bei den ankommenden Chargen wird die Holzart mit der optischen Spektroskopie bestimmt. Während der Aufbereitung von Altholz kann die Rückverfolgbarkeit mithilfe der Methode „Prozessdaten“ umgesetzt werden. Gemäß der Altholzverordnung sind den Chargen von Altholzhackschnitzeln Proben zu entnehmen, um die Prüfung auf Färbung zur Feststellung von Teerölen durchzuführen sowie auf die Einhaltung der Grenzwerte des Anhangs II (z. B. Arsen, Cadmium etc.) zu untersuchen. Die Klassen „Probedokument“, „Analysedokument“ mit „Testwerten“ des Datenmodelles (s. Abbildung 5-17) ermöglichen das Abbilden von relevanten Informationen in T & T-Systemen. Dadurch werden mit der in diesem Abschnitt ausgearbeiteten Konzeption eines T & T-Systems auch die Vorgaben der Altholzverordnung erfüllt und das Altholz rückverfolgbar gemacht.

5.5 Aggregation der erarbeiteten Modelle

In Kapitel 5 wurden T & T-Systeme zum Erschließen von verschiedenen Potenzialen und in verschiedenen Zweigen der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo untersucht. Die Konzeption der Lösungen wurde sukzessiv durchgeführt. Die vorgeschlagene Konzeption der T & T-Systeme zur Befriedigung von Konsumentenbedürfnissen nach Produktinformationen wurde dabei Schritt für Schritt erweitert, um die B2B-Effekte zu erschließen, die CoC-Zertifizierung zu unterstützen sowie die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen. Diese schrittweise Erweiterung wurde durchgeführt, um ein T & T-System für die Teilnehmer der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo auszuarbeiten. Die Beschreibung dieses Systems mit der Ableitung von Handlungsempfehlungen für Unternehmen des

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Wertschöpfungsnetzwerkes für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo erfolgt in diesem Abschnitt. Die Aggregationsmöglichkeiten der Lösungen zu einem T & T-System werden zuerst bzgl. der Systemarchitektur und anschließend anhand von Formeln für die Kosten-Nutzen-Modelle analysiert. Abschließend werden die Herausforderungen dargestellt, welche die Umsetzung von T & T-Systemen im ausgewählten Einsatzfeld erschweren.

5.5.1 Systemarchitektur

Die Systemarchitektur aller vorgeschlagenen Konzeptionen basiert auf Vier-Schichten-Modellen. Für jede Schicht wurden die Fragen abgeleitet, welche die Unternehmen während der Einführung eines T & T-Systems zu klären haben. Mit Antworten auf diese Fragen wird festgelegt, wie konkret jede Schicht der Systemarchitektur umgesetzt wird. Deswegen werden im Weiteren die Aggregationsmöglichkeiten anhand dieser Systemarchitektur analysiert.

Infrastrukturebene

Bei den Konzeptionen wurde die Vorgehensweise festgelegt, die den Unternehmen des Wertschöpfungsnetzwerkes dabei helfen sollte, die Infrastrukturebene umzusetzen:

1. Untersuchung und Darstellung der Supply Chain mit zugehörigen Prozessen und Materialflüssen mit anschließender Herausarbeitung der Besonderheiten dieser Supply Chain;
2. Festlegung der TRUs und der zugehörigen Rückverfolgbarkeitsmethoden;
3. Festlegung der Erfassungspunkte;
4. Auswahl und Festlegung der Standards;
5. Auswahl und Festlegung der erforderlichen Hardware- bzw. Softwarekomponenten.

Die Reihenfolge der Schritte betont die besondere Rolle der Prozess-, Material- und Organisationsspezifika der Supply Chain, welche die weiteren Schritte maßgeblich beeinflussen. Während für die Schritte von 3 bis 5 die allgemeinen Empfehlungen festgelegt werden können, die während der Umsetzung zu spezifizieren sind, ist es pauschal nicht möglich, die **TRUs** für konkrete Supply Chains zu bestimmen.

Die vorgeschlagenen Konzeptionen umfassen kontinuierliche und diskontinuierliche Prozesse, berücksichtigen verschiedene Inputstoffe wie Rundholz, Industrieholz sowie Sägenebenprodukte, Altpapier und Altholz und reichen über die gesamten Supply Chains bis hin zum Endverbraucher. Es wurde festgestellt, dass zum Zweck der Bewältigung dieser Komplexität die Kombination von mehreren **Rückverfolgbarkeitsmethoden** erforderlich ist. Dabei kommen sowohl Markertechnologien als auch Prozessdaten zum Einsatz. Bei Markertechnologien sind RFID-Transponder sowie Ink-Printing zu nutzen. Diese beiden Technologien sind miteinander kompatibel und erlauben es, die Rückverfolgbarkeit auf Itemebene umzusetzen. Dabei ist die Itemebene eine Option aus Sicht der Unternehmen. Sie können auch anstatt einer feingranularen TRU eine größere TRU wie z. B. eine Charge, das Volumen/Gewicht eines Aufbewahrungsmittels, eine Handelseinheit oder eine Transporteinheit definieren. Mit dem herausgearbeiteten Datenmodell ist es möglich, beliebige TRUs mit ihren Inhalten abzubilden.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Bei den Prozessdaten ist es möglich, sowohl ausschließlich die Zeit-Variable als auch die weiteren Prozessdaten zu nutzen. Dafür wurden im Datenmodell die Klassen definiert, die es ermöglichen, die unterschiedlichen Prozessparameter mit zugehörigen Werten und davon betroffenen TRUs abzubilden. An dieser Stelle ist zu betonen, dass für die Nutzung der Prozessdaten Experimente mit Tracern vorliegen müssen. Welche Tracer dabei zu verwenden sind, hängt von den Prozessbedingungen einschließlich der zu verwendenden Anlagen ab und muss in jedem konkreten Fall individuell bestimmt werden. Hier sind auch tiefgreifende Kenntnisse über Prozesse und zu verwendende Technologien erforderlich.

Die wichtigsten Regeln für die **Erfassungspunkte** wurden bereits in Unterkapitel 5.4.1.1 festgelegt. Die Materialflüsse müssen zumindest beim Wareneingang und -ausgang sowie nach der Entstehung neuer bzw. der Änderung vorhandener TRUs auf jeder Stufe der Supply Chain erfasst werden.

Als **Standards** wurden bei allen Konzeptionen GS1-Nummernsysteme festgelegt. Die Komponenten des EPCglobal-Netzwerkes stellen die Basis für die Umsetzung der Systemarchitektur dar. Dadurch wird es möglich sein, eine weltweite und branchenunabhängige Kompatibilität zwischen T & T-Systemen zu erreichen. Neben der Globalität steht das ausgewählte Konzept für die Offenheit, den modularen Aufbau, die Erweiterbarkeit und Plattformunabhängigkeit[78] (vgl. Clasen 2006, S. 5 f.; GS1 2005, S. 3 f.). Damit können die Komponenten des Netzwerkes in verschiedenen Hard- und Softwareumgebungen implementiert werden. Es ist nicht erforderlich, alle Komponenten zu spezifizieren, sondern nur diejenigen, die für den konkreten Einsatzbereich relevant sind. Zudem können die Standards in Bezug auf branchenbezogene Anforderungen angepasst werden (z. B. Struktur der SSCC-Nummer nach VVK-Vorgaben).

Die **Hardwarekomponenten** umfassen RFID- sowie Ink-Printing-Lese-/Schreibeeinheiten, die stationär oder mobil sind. Die Einheiten können in den Anlagen montiert werden, um den Automatisierungsgrad zu erhöhen und Arbeitsvorgänge so wenig wie möglich zu stören. Die mobilen Einheiten sind günstiger, dafür jedoch mit mehr manueller Arbeit verbunden, was die Prozesse verlangsamen kann. Z. B. ist dies kritisch für Prozesse wie Papierherstellung und -verarbeitung.

Integrations- und Kommunikationsebene

Diese Ebenen basieren auf dem EPCglobal-Netzwerk und können modular aufgebaut werden. So ist es möglich, auf Suchdienste zu verzichten, wenn lediglich eine Drittpartei den Systembetrieb übernimmt. Um auf Suchdienste zu verzichten, wenn mehrere Parteien den Betrieb dieser Ebenen übernehmen, ist es zu empfehlen, die Netzwerkadressen von EPCIS in Geschäftsvereinbarungen zwischen den Teilnehmern der Wertschöpfungsnetzwerke festzulegen. Wenn die Lösung in der Stammholz-Supply Chain umgesetzt wird, dann ist es sogar möglich, die Umsetzung auf die Implementierung von EPCIS zu beschränken.

[78] Für die Details wird auf Anhang P hingewiesen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

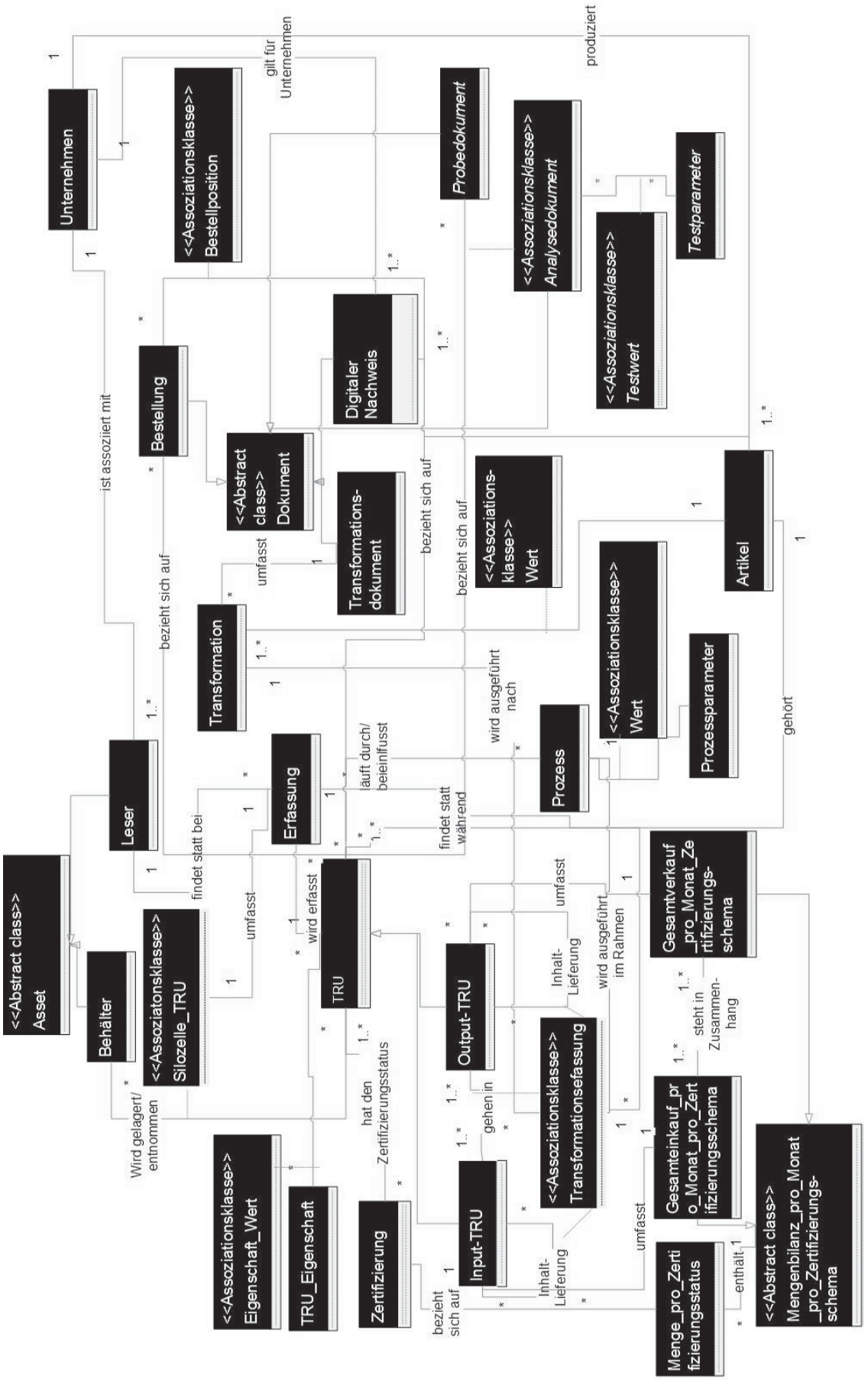


Abbildung 5-18: Komplettes Datenmodell eines T & T-Systems

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Zum Zweck der Datenverknüpfung wurde ein Datenmodell entwickelt, das universell eingesetzt werden kann. Sein Kern wurde mit Abbildung 5-3 festgelegt. Die dort herausgearbeiteten Datenstrukturen wurden sukzessiv mit zusätzlichen Klassen, Attributen und/oder Beziehungen erweitert (s. Abbildung 5-8, Abbildung 5-15, und Abbildung 5-17). Das komplette Modell, welches alle Erweiterungen aggregiert, ist Abbildung 5-18 zu entnehmen. Zum Zweck der Übersichtlichkeit wird dabei auf die Darstellung der Klassenattribute verzichtet. Dieses Modell umfasst alle Strukturen und Beziehungen, um Daten für die Befriedigung der Informationsbedürfnisse von Konsumenten und Stammholzverarbeitern, für die Unterstützung der CoC-Zertifizierung sowie für die Rückverfolgbarkeit von Produkten abzubilden.

Das ausgearbeitete Datenmodell ist generischer Natur und kann beispielsweise zur Unterstützung der Umsetzung der EU-Holzhandelsverordnung verwendet werden. Im Modell können nicht nur erforderliche Zertifikate und Genehmigungen wie CITES oder FLEGT sondern auch die Analyseergebnisse der entnommenen Proben abgebildet werden. Zudem können als digitale Dokumente auch Nachweise über die Erhaltung der Sorgfaltspflicht gespeichert werden (s. Anhang M). Die Holzart ist als Attribut der Klasse „TRU“ digitalisiert. Die verschiedenen Qualitätsangaben können auch dabei helfen, anhand von Holzeigenschaften die Überprüfung von Holzarten und Holzherkunftsangaben durch die zuständigen Behörden durchzuführen.

Eine wichtige Frage, die während der Konzeption der Integrations- und Kommunikationsebenen zu beantworten ist, bezieht sich auf den Systembetreiber. Um das Vertrauen in den Systembetreiber zu erhöhen, wurden solche Organisationen vorgeschlagen, die u. a. zum Ziel haben, sowohl einen höheren Verbraucherschutz als auch einen nachhaltigen Konsum zu fördern. Für Unternehmen steht zudem zur Auswahl eine SaaS-Lösung einzuführen bzw. den Eigenbetrieb der Systeme zu übernehmen. Die Entscheidung muss von jedem Unternehmen selbst getroffen werden, wobei zur Entscheidungsunterstützung Formel 20 herausgearbeitet wurde.

Applikationsebene

Wie bereits in den Kapiteln 5.1, 5.2, 5.3 und 5.4 gezeigt wurde, ermöglichen es die dargestellten Ebenen der Systemarchitektur, Daten für verschiedene Zwecke zu erfassen, d. h. diese Infrastruktur wird für die Datenerfassung, Datenverknüpfung und -speicherung sowie Kommunikation verwendet, unabhängig vom ursprünglichen Zweck. Dadurch kann die Einführung eines T & T-Systems als eine typische Intrastrukturmaßnahme betrachtet werden (vgl. Koch/Deiters 2007, S. 198; Melski 2009, S. 176). Um einen positiven Saldo zwischen Kosten und Nutzen zu erreichen, ist es erforderlich, mit dieser Infrastruktur Daten für unterschiedliche Zwecke zu erfassen bzw. einmal erfasste Daten mehrfach zu nutzen. Die erste Variante führt zu Skaleneffekten – economies of scale (vgl. Voigt/Weber, o. Jg.). Je mehr Daten mit derselben Infrastruktur erfasst werden, desto mehr sinkt der Anteil der fixen Kosten je erfasstes Informationsitem. Die zweite Variante bezieht sich auf Verbundeffekte – economies of scope (vgl. Mecke o. Jg.). Es handelt sich um die synergetischen Effekte, welche die Nutzensteigerung durch die Verwendung derselben Daten für unterschiedliche Zwecke bzw. bei unterschiedlichen Anwendungen umfassen. Mit den Datenmodellen wurde deutlich gezeigt, welche Daten für alle Anwendungen zu erfassen sind und damit zu Verbundeffekten führen (s. Abbildung 5-3), als auch welche Daten zweckgebunden und dadurch mit Skaleneffekten verbun-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

den sind (s. Abbildung 5-8; Abbildung 5-15; Abbildung 5-17; Abbildung 5-18). Um die Skalen- und Verbundeffekte zu erschließen, ist es zu empfehlen, für die Applikationsebene mehrere IS festzulegen. Innerhalb dieser Arbeit wurden bereits IS angesprochen, welche T & T-Daten verarbeiten: PIS, SCEM-System, IS für die Input-Output-Bilanzierung. Es wurde zudem mehrmals auf die Chance hingewiesen, die Prozesse zu verbessern. Dafür müssen die konsistenten und feingranularen Daten analysiert werden. Zu diesem Zweck können Business Intelligenz (BI)-Anwendungen zum Einsatz kommen. T & T-Daten stellen zudem eine unentbehrliche Basis für die Umsetzung der Supply Chain-Partnerschaftsstrategien (s. Unterkapitel 4.2.1.3) dar. So haben die Stammholzverarbeiter angegeben, SCM- und ERP-Systeme zu diesem Zweck einzusetzen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die in Abbildung 5-5 dargestellte Systemarchitektur lediglich geringfügig angepasst werden muss, um allen Einsatzzwecken zu genügen: Die Applikationsebene muss nicht nur das PIS umfassen, sondern alle IS, die T & T-Daten verarbeiten.

5.5.2 Kosten-Nutzen-Verhältnisse durch den Einsatz von Tracking & Tracing-Systemen

Da die Ausarbeitung der Modelle sukzessiv durchgeführt wurde und mit jedem weiteren Schritt neue Nutzeffekte erschlossen wurden, ermöglichen es die zur Berechnung des Nutzens der Investitionen in die Rückverfolgbarkeit von papierbasierten Lebensmittelverpackungen herausgearbeiteten Formeln 18-19, sowohl die Skalen- als auch Verbundeffekte zu kalkulieren. An dieser Stelle ist zu beachten, dass die Reduktion der Rückrufkosten nicht nur in der Supply Chains für Produkte mit gesetzlich vorgeschriebenen Rückverfolgbarkeitspflichten relevant ist. So wurden bereits im Jahr 2015 in der EU zwei Rückrufaktionen von holzbasierten Möbeln aufgrund von Konstruktionsfehlern, welche eine Gefahr für die Gesundheit von Konsumenten darstellen, durchgeführt (European Commission o. Jg.a). Deswegen werden in Formel 21 durch die Addition der Terme aus Formeln 18 und 19 sowohl die rückverfolgbarkeitsspezifischen als auch die Effekte in den B2B- und B2C-Bereichen berücksichtigt.

Formel 21:

$$
\begin{aligned}
&Nutzen_{i,t} \\
&= \alpha\left(K_{\text{ÖR},i,t} + K_{SR,i,t}\right) + (1-\alpha)\left(\beta\left(K_{\text{ÖR},i,t} - K_{SR,i,t}\left(1-k_{red,i}\right)\right) + (1-\beta)K_{\text{ÖR},i,t}k_{red,i} + K_{SR,i,t}k_{red,i}\right) \\
&+ \sum_{k_i=1}^{K_i}\Big(D_{k_i,t}\cdot\big(d_{\text{TTS},k_i,\text{t}}\cdot b_{i.k_i,t}\cdot p_{\text{i},k_i,\text{t}} + (1+d_{TTS,k_i,t})\left(KR_{i,t} + g_{i,k_i,t}\cdot p_{i,k_i t}\right) + \left(1+d_{\text{TTS},k_i\text{t}}\right) \\
&\cdot p_{i,k_i,t}\cdot WTP_{\text{TTS},k_i}\cdot x_i\big) + \sum_{k_j=1}^{k_j=K_j} BM_{i,k_j,t}\left(\Delta ha_{k_i}\cdot b_{i,k_i,t}\left(p_{i,k_i,hohe\ qualität} - p_{i,k_i,\ nidrige\ qualität}\right)\right)\Big), \text{für } \forall \text{i und } x_i \\
&= \begin{cases} 1, wenn\ das\ Untenehmern\ auf\ der\ Stufe\ i\ für\ den\ PIS-Betrieb\ verantwortlich\ ist \\ 0, sonst \end{cases}
\end{aligned}
$$

Wie bereits in Unterkapitel 5.5.1 erklärt wurde, sind bei der Systemarchitektur zum Zweck der Aggregation geringe Änderungen erforderlich, was dazu führt, dass in den Formeln festgelegte Investiti-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

ons- und wiederkehrende Kosten geringfügig angepasst werden müssen. Dafür sind zwei Optionen für den Systembetrieb zu betrachten: Kosten für die SaaS-Lösung und Kosten bei dem eigenständigen Betrieb des T & T-Systems. Zu diesem Zweck werden zuerst die Basiskosten berechnet (Formel 22 und Formel 24), welche bei beiden Optionen entstehen. Danach werden diesen Kosten die optionsspezifischen Kosten zugerechnet (Formel 23 und Formel 25).

Formel 22:

$$AK_{\mathrm{TTS_{Basis}},i,t} = \big(MR_{RFID,i} \cdot p_{MR,RFID} + MR_{ink,i} \cdot p_{MR,ink} + SR_{RFID,i} \cdot p_{SR,RFID} + SR_{ink,i} \cdot p_{SR,ink} + SR_{QR,i} \cdot p_{SR,QR}\big)(1 + IK_r) + KBS_{TTSfHPI,i} + x_{wiederbeschreibbare\ RFID,i} \cdot p_{wiederbeschreibbare\ RFID} + EPC_{BK,D,i}, \text{für } \forall i$$

Formel 23:

$$AK_{\mathrm{TTS},i,t} = \begin{cases} AK_{TTS_{Basis,i,t}} + SMK_i(1 + IK_{SW}), wenn\ das\ Untenehmen\ auf\ der\ Stufe\ i\ für\ das\ eigenständige\ T\ und\ T-System\ verantwortlich\ ist; \\ AK_{TTS_{Basis,i,t}} + EG_i, wenn\ sich\ das\ Untenehmen\ für\ die\ SaaS-Lösung\ entschieden\ hat \end{cases}$$

Formel 24:

$$WK_{\mathrm{TTS_Basis},i,t} = \big(MR_{RFID,i} \cdot p_{MR,RFID} + MR_{ink,i} \cdot p_{MR,ink} + SR_{RFID,i} \cdot p_{SR,RFID} + SR_{ink,i} \cdot p_{SR,ink} + SR_{QR,i} \cdot p_{SR,QR}\big)wk_{HW,t} + x_{RFID,D,i,t} \cdot p_{RFID,t} + x_{ink,D,i,t} \cdot p_{ink,t} + x_{QR,D,i,t} \cdot p_{QR,t} + EPC_{JG,D,i,t}, \text{für } \forall i$$

Formel 25:

$$WK_{\mathrm{TTS},i,t} = \begin{cases} WK_{TTS_{Basis,i,t}} + SMK_i \cdot wk_{SW,t}, wenn\ das\ Untenehmen\ auf\ der\ Stufe\ i\ für\ das\ eigenständige\ T\ und\ T-System\ verantwortlich\ ist; \\ WK_{TTS_{Basis,i,t}} + \mathrm{NG_{i,t}}, wenn\ sich\ das\ Untenehmen\ für\ die\ SaaS-Lösung\ entschieden\ hat \end{cases}$$

Bei der Berechnung des Kapitalwertes sind die zusätzlichen Kosten zu berücksichtigen. Zu diesen Kosten gehören die Kosten durch die Verhandlungen zwischen Teilnehmern der Supply Chain bspw. zum Zweck der Festlegung von Zugriffsrechten auf verschiedene Informationen oder Kosten für das Entwickeln und Umsetzen eines Anreizsystems[79], das sowohl positive als auch negative Anreize enthält, um Teilnehmer von opportunistischem Verhalten abzuhalten. Die hohe Transparenz kann die Unternehmen dazu bewegen, die Informationen zum eigenen Nutzen einzusetzen. So kann die Kenntnis über die Vorlieferanten von Kunden ausgenutzt werden, um mit ihnen direkt zu verhandeln, womit der Lieferant hintergangen wird. Die Information über Komponenten kann Hinweise auf Herstellungsprozesse liefern, die für Konkurrenten von Interesse sein könnten und an sie durch Partner entlang des Wertschöpfungsnetzwerkes verkauft werden können. Die Unternehmen können

[79] Anreizsysteme können als Summe aller bewusst gestalteten Bedingungen für Akteure bezeichnet werden, um direkt oder indirekt auf das Verhalten dieser Akteure einzuwirken (vgl. Gabler 1997, S. 160). Es kommen sowohl Belohnungen für gewünschte Verhaltensweisen (positive Anreize) als auch Sanktionen von unerwünschten Verhaltensweisen (negative Anreize) zum Einsatz.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

zudem gefälschte Informationen in das System eingeben. Um opportunistisches Verhalten im Griff zu haben, ist das Monitoring des Netzwerkes erforderlich, welches von einer Netzwerkkoordinierungsstelle durchgeführt werden kann (vgl. Wohlgemuth 2002, S. 306). Diese Stelle kann auch das Verhängen von Sanktionen, wie Verkleinern von Auftragsvolumina, Zahlung von Strafgeldern, Entzug von Privilegien etc. im Fall solches opportunistischen Verhaltens übernehmen (vgl. Genschmer/Krey 2010, S. 39 ff.). Weiterhin können die Anreize gegen opportunistisches Verhalten vertraglich festgelegt werden (vgl. Kruse 1998, S. 50). Zudem wurde in Unterkapitel 5.4.3 auf den Interessenkonflikt hingewiesen, der entsteht, bspw., wenn ein Sägewerk die Holzausbeuterate steigert und dadurch die absatzfähige Menge der Sägenebenprodukte reduziert, was ein kritisches Ereignis aus Sicht der Zellstofffabrik darstellt, auf welches die Fabrik reagieren muss, um Probleme während der Produktion aufgrund der Fehlmenge von Inputstoffen zu vermeiden. Ein ähnlicher Konflikt entsteht zwischen Forstbetrieben und Sägewerken: Wenn die Holzausbeuterate steigt, dann können die Sägewerke die Beschaffungsmenge bei Forstbetrieben reduzieren. Deswegen sind bei der Berechnung des Kapitalwertes sowohl die zusätzlichen Anschaffungskosten (ZK_i) als auch zusätzliche wiederkehrende Kosten ($zk_{i,t}$) zu berücksichtigen (Formel 26).[80]

Formel 26:

$$KW_{\mathrm{TTS},i} = -(AK_{\mathrm{TTS},i} + ZK_{TTS,i}) + \sum_{t=1}^{T}\left(Nutzen_{i,t} + \left(KRA_{i,t} - KSA_{i,t}\right) - WK_{\mathrm{TTS},i.t} - zk_{\mathrm{TTS},i.t}\right)(1+r)^{-t}, \forall i$$

Stufe des Wertschöpfungsnetzwerkes	Relevante Nutzeffekte	Relevante Kosten mit Handlungsempfehlungen zu deren Reduktion
Forstbetrieb	Reduktion von Holzverlusten und Verbesserung der Sortierung	Hardwarekosten, insbesondere für stationäre Lese-/Schreibeinheiten ➔ Reduktion durch den Einsatz von mobilen Geräten
Halbwarenhersteller	Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten und Steigerung der Holzausbeute	Hardwarekosten, insbesondere für stationäre Lese-/Schreibeinheiten und Datenträger ➔ Kombination von verschiedenen ID-Technologien (RFID, Ink-printing, Prozessdaten)
Fertigwarenhersteller	WTP für Produktinformationen und Nachfragesteigerung; Verbesserung der Produktionskontrolle und automatische Dokumentation; Reduktion der Rückrufkosten	Softwarekosten, insbesondere für mittlere und große Unternehmen ➔ Bedarf nach der fairen Kosten-Nutzen-Verteilung entlang des Wertschöpfungsnetzwerkes
Konsumenten	Befriedigung von Bedürfnissen nach Produktinformationen; Steigerung des Verbraucherschutzes	WTP ➔ Reduktion durch die Kostenbeteiligung von allen Teilnehmer des Wertschöpfungsnetzwerkes und Erschließung von Skalen- und Verbundeffekten zur Steigerung der Einzahlungen pro Periode

Tabelle 5-26: Zusammenfassung der relevanten Nutzen und Kosten entlang des Wertschöpfungsnetzwerkes für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo

Die herausgearbeiteten Formeln können jedem Unternehmen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo dabei helfen, Entscheidungen

[80] Alle Modellparameter sind Anhang S zu entnehmen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

über die Investitionen in ein T & T-System zu treffen. Die während der Arbeit durchgeführten Wirtschaftlichkeitsanalysen machen es möglich, Rückschlüsse bzgl. der relevanten Nutzeffekte und Kosten für jede Stufe des Wertschöpfungsnetzwerkes zu ziehen (s. Tabelle 5-26).

5.5.3 Herausforderungen

Obwohl während der Konzeption explizit auf die Besonderheiten der Zweige des Wertschöpfungsnetzwerkes eingegangen sowie die Spezifika von zugehörigen Materialflüssen und Prozessen berücksichtigt wurden, existieren immer noch Herausforderungen auf dem Wege der Verbreitung von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo. Diese Herausforderungen sind von Unternehmen zu beachten, um das Scheitern der Investitionsprojekte zu vermeiden. Aus Sicht der Wissenschaft handelt es sich dabei um Fragen, die in näherer Zukunft zu lösen sind, um die Verbreitung von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung zu fördern. Diese Herausforderungen werden im Folgenden zusammengefasst.

Technische Herausforderungen bei der Umsetzung der Vier-Schichten-Systemarchitektur

Diese Herausforderungen wurden bereits in Unterkapitel 5.1.3.3 dargestellt. Es handelt sich um die Identifikation der Position von Hardwarekomponenten der Infrastrukturebene, die Umsetzung des Backup-Konzeptes für Fälle von Nicht-Lesbarkeit bzw. von einem Verlust von Datenträgern sowie die Lösung des Problems eines Single Points of Failure bei dem Betreiber des Systems. Jede von diesen Herausforderungen kann zur Erhöhung der Kosten für T & T-Systeme führen.

Prozessbedingte Herausforderungen

Für die Rückverfolgbarkeit von Sägenebenprodukten, Hilfsstoffen sowie Zwischenprodukten der Papierverarbeitung wurde vorgeschlagen die Aufbewahrungsmittel mit wiederbeschreibbaren RFID-Transpondern auszustatten. Um die Vermischung von TRUs in diesem Fall zu kontrollieren, ist es zu empfehlen, diese Aufbewahrungsmittel komplett zu entleeren. Zudem kann hier ein Konflikt entstehen. Es ist bekannt, dass die Rückverfolgbarkeit um so präzisier ist, je geringer das Volumen des Aufbewahrungsmittels ist. Jedoch müssen dann die Unternehmen sowohl mehr Aufbewahrungsmittel wie z. B. Silos beschaffen als auch mehr Platz für die Lagerung zur Verfügung stellen. Zudem ist es durchaus möglich, dass z. B. Sägewerke die Nebenprodukte als lose Schüttgüter auf dem dafür vorgesehen Platz und nicht in Silos oder Container aufbewahren, so dass keine Aufbewahrungsmittel, die im System digitalisiert werden können, zur Verfügung stehen. Um diese Herausforderung zu lösen, sind entweder entsprechende Aufbewahrungsmittel zu beschaffen oder die Lagerplätze so zu organisieren, dass sie mithilfe von GLN verfolgbar gemacht werden können.

Wie bereits in Kapitel 2.2 gezeigt wurde, ist das Wertschöpfungsnetzwerk für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo komplex. So können durch den externen oder internen Return von Materialflüssen die Vermischungseffekte verstärkt werden. Obwohl diese Vermischung kontrollierbar ist, wird dadurch die Präzision der Rückverfolgbarkeit beeinträchtigt. Ein Beispiel dafür ist die Sortierung von Hackschnitzeln vor dem Transport zum Kochen (vgl. hier und im Folgenden Dobschall 2010,

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

S. 65). Die übergroßen Schnitzel werden dabei zum Nachhacken transportiert, wo sie mit übergroßen Schnitzeln aus anderen Chargen vermischt werden.

Organisatorische Herausforderungen

Um eine lückenlose Rückverfolgbarkeit zu erreichen, ist das System von allen – auch internationalen – Partnern umzusetzen. Dafür sind internationale Kooperation und eine hohe Priorität der Rückverfolgbarkeit erforderlich. Zudem muss die Einführung von T & T-Systemen auch vom Top-Management unterstützt werden (vgl. Reiche et al. 2009, S. 47). An dieser Stelle ist anzumerken, dass in einigen Rohstofflieferanten-Ländern teilweise keine finanzielle und personelle Mittel zur Umsetzung eines T & T-Systems zur Verfügung stehen.

An diese Herausforderung knüpft das Vorhandensein von Vertrauen zwischen den Teilnehmern des Wertschöpfungsnetzwerkes an. Solches Vertrauen ist Voraussetzung für die Bereitschaft, Informationen auszutauschen, aber auch für die Glaubwürdigkeit der zur Verfügung gestellten Daten sowie für eine faire Verteilung von Kosten und Nutzen. Jedoch wurde bis zu diesem Zeitpunkt kaum untersucht, welche organisatorischen Spezifika des Wertschöpfungsnetzwerkes die Entstehung dieser vertraulichen Beziehungen unterstützt. Zudem muss geklärt werden, wie die Anreizsysteme sowie Netzwerkkoordinationsstelle ausgestaltet werden sollen, um die Wahrscheinlichkeit eines opportunistischen Verhaltens zu reduzieren. Zum Beispiel ist ein Mechanismus wie Auditsysteme erforderlich, welche die Richtigkeit von einzugebenden Informationen überprüfen (vgl. Notermans/Beumer 2003, S. 546).

Herausforderung bei der Analyse der wirtschaftlichen Machbarkeit

Da die Anzahl von Pilotstudien und prototypischen Implementierungen von T & T-Systemen im ausgewählten Einsatzfeld immer noch überschaubar ist (s. Unterkapitel 3.2.3), ist die Datenbasis für die Kalkulationen nicht groß. Dadurch sinkt allerdings die Präzision der Berechnungen des Kapitalwertes von Investitionen in T & T-Systeme. Um die Datenbasis zu erweitern und dadurch genauere Werte für Modellparameter zu gewinnen, ist es erforderlich, weitere Pilotstudien durchzuführen und die ausgearbeiteten T & T-Systemkonzepte zu implementieren.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

6 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Untersuchung der Potenziale von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung für NawaRo. Basierend darauf wurden Empfehlungen zum Erschließen dieser Potenziale herausgearbeitet. Sie umfassen u. a. Gestaltungsempfehlungen, insbesondere in Form von Referenzmodellen (Systemarchitektur, Datenmodelle), sowie Vorschläge für die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Systemumsetzung mithilfe von Kosten-Nutzen-Modellen. Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammengefasst (Kapitel 6.1), Implikationen für Praxis und Wissenschaft abgeleitet (Kapitel 6.2) sowie ein Ausblick auf weitere Entwicklungen im Forschungsfeld und zukünftigen Forschungsbedarf gegeben (Kapitel 6.3).

6.1 Zusammenfassung

Nach der Einleitung in Kapitel 1 wurden in Kapitel 2 die notwendigen Grundlagen zu NawaRo, zu Wertschöpfungsnetzwerken für deren industrielle stoffliche Nutzung und zu T & T-Systemen beschrieben. Dabei wurden u. a. die Kernbereiche mit den zugehörigen Fragen, die bei der Einführung eines T & T-Systems zwischen den Teilnehmern des Wertschöpfungsnetzwerkes zu klären sind, sowie die Gründe für die Einrichtung von Tracking & Tracing-Systemen identifiziert und strukturiert. Diese Systematisierungen dienten als Basis für die Untersuchungen in den folgenden Kapiteln. Die Kernergebnisse der Arbeit wurden mit Hilfe von vier Forschungsfragen (F1-F4) dargestellt, die folgendermaßen beantwortet werden können:

Forschungsfrage 1: Welche relevanten Teilgebiete der Forschung können identifiziert werden, um den Einsatz von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo zu untersuchen?

Zur Bearbeitung dieser Frage wurde in Kapitel 3 eine strukturierte Literaturanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse wurden sowohl aus einer technischen als auch einer betriebswirtschaftlichen Sicht analysiert. Bei der Analyse aus technischer Sicht wurden die Literaturergebnisse anhand der Kernbereiche von T & T-Systemen systematisiert. Die ausgearbeitete Systematisierung der Gründe für die Einrichtung von T & T-Systemen diente als Grundlage für die Analyse der Ergebnisse des Literaturreviews aus betriebswirtschaftlicher Sicht. Dabei wurde festgestellt, dass die Untersuchung der technischen Aspekte die aktuelle Forschung im Bereich der T & T-Systeme für die stoffliche Nutzung von NawaRo dominiert, wobei die Entwicklung neuer und die Verbesserung bestehender Identifikationstechnologien im Fokus stehen. Die betriebswirtschaftlichen Aspekte wurden unvollständig und lückenhaft betrachtet. Am wenigstens wurden drei Aspekte untersucht: Unterstützung der Zertifizierungsprozesse; Nutzen von T & T-Daten sowohl im B2C-Bereich als auch im B2B-Bereich, insbesondere die Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten bei Stammholzverarbeitern; Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben zur Rückverfolgbarkeit von Produkten aus NawaRo.

Forschungsfrage 2: Welche Auswirkungen hat der Einsatz von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo auf die Zertifizierungsprozesse?

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

In Kapitel 4.1 wurde zunächst das Konzept der Zertifizierung von holzbasierten Supply Chains vorgestellt. Es wurde dabei festgestellt, dass illegal geschlagenes bzw. nicht zertifiziertes Holz als zertifiziertes verkauft werden kann und die Zertifizierungssysteme somit ihr Ziel nicht erfüllen. Deswegen wurde eine Schwachstellenanalyse der praktischen Umsetzung durchgeführt. Dabei wurden die folgenden Schwachstellen identifiziert: Verwendung von konventionellen, nicht maschinenlesbaren und nicht fälschungssicheren ID-Methoden, keine Re-Markierung während der Transformationsprozesse, technische Grenzen der physischen Trennung, verkettete papierbasierte Rückverfolgbarkeit. Auf Grundlage der identifizierten Schwachstellen wurden die Anforderungen an T & T-Systeme abgeleitet, die zum Ziel haben, diese Schwachstellen zu eliminieren und dadurch die praktische Umsetzung der Zertifizierung in holzbasierten Supply Chains zu verbessern.

Die Anforderungen wurden in den Kapiteln 5.1 und 5.2 umgesetzt. Dafür wurde ein T & T-System am Beispiel der Supply Chain für holzbasierte Möbel konzipiert. Die Basis für die Konzeption stellt die Vier-Schichten-Systemarchitektur dar. Es wurden TRUs entlang der Supply Chain mit zugehörigen Rückverfolgbarkeitsmethoden festgelegt. Als passende Daten- und Kommunikationsstandards wurden die branchenneutralen, globalen, offenen und weltweit meist verbreiteten GS1-Standards, insbesondere EPC mit zugehörigen EPCglobal-Netzwerkkomponenten ausgewählt. Dadurch umfassen die Integrations- und Kommunikationsebenen die standardisierten EPCglobal-Netzwerkkomponenten wie EPCIS sowie EPC Discovery Services. Um die Input- und Output-Daten miteinander zu verknüpfen, wurden zunächst die Beziehungen zwischen Transformations- und Bewegungsdaten festgelegt und anschließend basierend darauf ein Datenmodell herausgearbeitet. Das Datenmodell unterstützt auch die Realisierung der Prozentsatzmethode: sowohl für Transfersysteme als auch für Mengenbilanzierungssysteme. Zudem ist es auch möglich, mithilfe eines PIS auf der Applikationsebene den Konsumenten digitale Zertifikate sogar am POS zur Verfügung zu stellen. Aufgrund der Vielzahl von KMUs sowie beteiligten Industrien entlang der Supply Chain wurde vorgeschlagen, dass der Betrieb der Integrations- und Kommunikationsebenen von einer vertrauenswürdigen Drittpartei wie dem Data Competence Center e.V. übernommen wird. Diese Partei kann auch die webbasierte Unterstützung bei der Erstellung von periodischen Berichten über Input und Output gegen Gebühr anbieten. Jeder Teilnehmer der Supply Chain für holzbasierte Möbel kann dabei selbst die Entscheidung treffen, ob er dieses SaaS-Angebot annehmen oder die Daten in internen Systemen verarbeiten möchte. Um diese Entscheidung zu erleichtern sowie die wirtschaftliche Machbarkeit der vorgeschlagenen Lösung zu analysieren, wurde ein Kosten-Nutzen-Modell herausgearbeitet, das auf Basis des Kapitalwertes der Investitionen in das T & T-System eine formal-analytische Untersuchung ermöglicht. Nach dem ausgearbeiteten Kosten-Nutzen-Modell wurde in einem realitätsnahen Anwendungsfall die wirtschaftliche Machbarkeit untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass es sogar für KMUs möglich ist, das System zu verwenden. Die wichtigste Voraussetzung dafür ist das Vertrauen als Koordinationsmechanismus entlang der Supply Chain für die faire Kosten-Nutzen-Verteilung, die Bereitstellung von Informationen sowie das Vorhandensein einer Drittpartei für den Betrieb des Systems. Es wurde auch festgestellt, dass die Beseitigung der Schwachstellen der CoC-Zertifizierung mit kleinen Anpassungen auf Basis der T & T-Systeme für die Befriedigung der Konsumentenbedürfnisse nach Produktinformationen realisiert werden kann, was auch auf die wirtschaftliche Machbarkeit analysiert wurde.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Forschungsfrage 3: Welchen wirtschaftlichen Nutzen hat der Einsatz von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo? Wie sollen T & T-Systeme für diesen Einsatzzweck konzipiert werden, damit die Implementierung als wirtschaftlich sinnvoll zu beurteilen ist?

Kapitel 4.2.1 und 5.1 widmeten sich der Untersuchung des Nutzens von T & T-Systemen im B2C-Bereich. Dafür wurden am Anfang empirisch die Informationsbedürfnisse der Konsumenten identifiziert. Neben den für Konsumenten relevanten Produktinformationsitems wurde auch festgestellt, dass diese Informationen erklärungsbedürftig sind und am POS durch QR-Scanning zur Verfügung gestellt werden sollen. Um einen Informationsoverload zu vermeiden, sollen die Konsumenten zudem die Möglichkeit haben, zwischen Informationspaketen auszuwählen, welche nach identifizierten Konsumentensegmenten sortiert sind. Diese Anforderungen wurden bei der Konzeption eines Systems am Beispiel der Supply Chain für holzbasierte Möbel umgesetzt. Diese Konzeption ist der Konzeption der T & T-Systeme für die Unterstützung der Zertifizierungsprozesse ähnlich. Der Unterschied bezieht sich auf die Applikationsebene, welche das Produktinformationssystem umfasst. Dieses System verarbeitet die T & T-Daten und wird von Möbelherstellern betrieben, um Wettbewerbsvorteile zu sichern. Als Nutzen der Einführung eines T & T-Systems sind im B2C-Bereich die Steigerung der Nachfrage und die WTP zu nennen. Zudem können weitere positive Effekte im B2B-Bereich erreicht werden. Diesem Nutzen gegenüber stehen die einmaligen Investitionen und wiederkehrenden Kosten. Sowohl der Nutzen als auch die Kosten werden systematisiert und mathematisch formalisiert, um Cash Flows zu prognostizieren. Obwohl dem Modell einige limitierende Annahmen zugrunde gelegt wurden, kann es dabei helfen, Trends zu erkennen und Schlussfolgerungen bzgl. der wirtschaftlichen Machbarkeit der T & T-System-Investitionsprojekte zu ziehen. Mit einem Anwendungsfall wurde anschließend die Kalkulation des Kapitalwertes der Investition durchgeführt. Mithilfe von drei Szenarien sowie umfangreichen Sensitivitätsanalysen wurde festgestellt, dass die Teilnahme der Konsumenten an den Kosten in Form der WTP erforderlich ist, insbesondere wenn Möbelhersteller kleine Unternehmen sind. Ferner wurde in Erfahrung gebracht, dass mit zunehmender Größe des Unternehmens die Vorteilhaftigkeit der Investitionen zunimmt. Das Gleiche gilt für den Preis des Produktes. Mit steigender Anzahl der Stufen der Supply Chain nimmt die Vorteilhaftigkeit dagegen ab. Die geringe Sensitivität bzgl. der Kosten führt dazu, dass sogar bei unerwarteten Kosten der Kapitalwert bis zu einer bestimmten Grenze immer noch positiv bleibt. Um Verluste bei einigen Teilnehmern der Supply Chain zu vermeiden und dadurch die Abneigung gegen die Einführung von T & T-Systemen zu reduzieren, wurde auch ein Konzept zu einer fairen Kosten-Nutzen-Verteilung herausgearbeitet und mathematisch formalisiert.

Die Effekte im B2B-Bereich wurden am Beispiel des Zweiges der Supply Chain für Holzmöbel – Stammholz-Supply Chain – untersucht. In Unterkapitel 4.2.2 wurden die Informationsbedürfnisse der Stammholzverarbeiter zum Zweck der Reduktion von Beschaffungsunsicherheiten identifiziert. Die Informationsbedürfnisse wurden strukturiert und in zwei Gruppen aufgeteilt. Während die Informationen über die Holzqualität und -quantität von Forstbetrieben zu erfassen und zu kommunizieren sind, stellt das Transportunternehmen die Information über den Lieferungsstatus bereit. Es wurden die Datenflüsse sowohl in einem Forstbetrieb als auch in einem Transportunternehmen festgelegt. Es wurden auf Basis der bereits herausgearbeiteten Konzeption der T & T-Systeme drei Lösungen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

vorgeschlagen, welche wiederum die bereits für Unternehmen bekannten Methoden und Verfahren verwenden. Die Lösungen unterscheiden sich in Integrations- und Automatisierungsgraden. Ausgehend von positiven Effekten, die durch die Einführung des T & T-Systems entstehen, ist es zu empfehlen, die integrierten Lösungen zu verwenden. Die Verwendung dieser Lösungen kann dabei helfen, die Kosten für die Überwindung der negativen Auswirkungen von Beschaffungsunsicherheiten zu reduzieren, eine höhere Ausbeuterate bei Stammholzverarbeitern zu erreichen sowie die Holzverluste entlang der Supply Chain zu vermeiden. Da sowohl die Holzverluste als auch die Preise für Rundholz hoch sind, besteht dadurch für die Unternehmen der Rundholz-Supply Chain die Möglichkeit, einen hohen Kapitalwert der Investitionen in T & T-Systeme zu erreichen. Dies wurde mithilfe eines praxisnahen Anwendungsfalls kalkuliert. Zudem sind Ersparnisse bei Transport- und Inventurkosten sowie manueller Arbeit zu erwarten. Die Erschließung dieser B2B-Effekte macht es möglich, die Kapitalwerte der T & T-Systeminvestitionen in die Supply Chain für Holzmöbel zu erhöhen. Dadurch können negative Kapitalwerte bei kleinen Forstbetrieben und Sägewerken vermieden werden.

Neben den bereits bei Forschungsfrage 2 aufgeführten organisatorischen Herausforderungen sind die technischen Herausforderungen während der Umsetzung der Vier-Schichten-Systemarchitektur zu beachten. Es handelt sich insbesondere um Bestimmung der für das Auslesen optimalen Position von Hardwarekomponenten (Datenträger an Objekten sowie Schreibe-/Leseeinheiten); Herausarbeitung einer Back-Up-Lösung bei dem Verlust oder der Nicht-Lesbarkeit von Datenträgern; Handhabung des Problems eines Single Points of Failure bei der Middleware; Festlegung der TRU-Größe und Berücksichtigung von aktuellen Abweichungen bei kontinuierlichen Prozessen.

Forschungsfrage 4: Wie kann die Implementierung von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken zum Zweck der Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben realisiert werden? Wie können diese Systeme um weitere Funktionalitäten (F2 und F3) erweitert werden?

In Kapitel 4.3 wurden zunächst die vorhandenen gesetzlichen Vorgaben systematisiert. Basierend darauf wurde die zu untersuchenden Rechtsakte ausgewählt: Im Mittelpunkt steht die Verordnung 1935/2004 über die Rückverfolgbarkeit von Lebensmittelkontaktmaterialien, welche am Beispiel der papierbasierten Lebensmittelverpackungen untersucht wurde. Es wurden sowohl die Pflichten gemäß der Verordnung als auch die Anweisungen für die praktische Umsetzung nach branchenspezifischen Leitfäden analysiert. Anschließend wurden die Lücken in der praktischen Umsetzung identifiziert: fehlende Rückverfolgbarkeit für Primär- und Sekundärfasern sowie fehlende Integration von T & T-Systemen von Verpackungsherstellern und Lebensmittelproduzenten. Ausgehend davon wurde in Kapitel 5.4 ein T & T-System für die Rückverfolgbarkeit von papierbasierten Lebensmittelverpackungen konzipiert, das alle entdeckten Lücken schließt. Auch hier wurden als Basis für die Erweiterungen die zur Beantwortung der Fragen 2 und 3 ausgearbeiteten Konzepte für T & T-Systeme genommen. Während der Konzeption wurden die TRUs entlang der gesamten Supply Chain festgelegt, wobei ein großes Augenmerk auf die rückverfolgbaren Einheiten während der Herstellung von Primärfasern und der Aufbereitung der Sekundärfasern gelegt wurde. Die Konzeption ermöglicht auch eine lückenlose Rückverfolgbarkeit von Hilfsstoffen. Um die Präzision der Rückverfolgbarkeit von kontinuierlichen Prozessen, welche in großer Menge bei der Zellstoff- und Papierherstellung auftreten, zu erhöhen, wurden auf Basis des technologischen Wissenstandes auf

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

diesem Gebiet die Prozessvariablen für die Bestimmung der Residence Time empfohlen. Für die Umsetzung der Integration wurde vorgeschlagen, die EPCglobal-Netzwerkkomponenten zu nutzen und den Betrieb eines T & T-Systems an eine branchenneutrale Drittpartei wie die GS1-Organisation auf Basis der fTRACE-Plattform, die FSC/PEFC-Organisation auf Basis der OCP-Plattform oder die EU-Kommission auf Basis der iRASFF-Plattform zu übergeben. Es wurde auch festgestellt, dass eine Kombination mehrerer T & T-Systeme entlang der Supply Chain möglich ist. Anschließend wurde über Nutzeffekte diskutiert, die durch den Einsatz von vorgeschlagenen T & T-Systemlösungen in der Supply Chain für papierbasierte Lebensmittelverpackungen entstehen. Neben den bis zu diesem Zeitpunkt betrachteten positiven Effekten wurde hier auch die potenzielle Reduktion bzw. Vermeidung der Rückrufkosten berücksichtigt.

Die Analyse der konzipierten Lösungen für unterschiedliche Zwecke und in verschiedenen Zweigen des Wertschöpfungsnetzwerkes zeigte, dass die zu verwendende Infrastruktur insgesamt identisch ist und auf EPCglobal-Netzwerkkomponenten basiert. Da das EPCglobal-Netzwerk modular aufgebaut ist, kann in jedem konkreten Fall entschieden werden, welche EPC-Suchdienste zu verwenden sind. Zudem müssen, ausgehend von Material- und Prozessspezifika, die TRUs für jedes Einsatzfeld festgelegt sowie die Rückverfolgbarkeitsmethoden und Erfassungspunkte beschlossen werden, wobei dafür Handlungsempfehlungen herausgearbeitet wurden. Bei der Einführung eines T & T-Systems können Skalen- und Verbundeffekte erschlossen werden. Dafür sind mehrere IS auf der Applikationsebene festzulegen, die T & T-Daten für unterschiedliche Zwecke verarbeiten.

Die vorgeschlagene T & T-Systemkonzeption erlaubt es, entlang der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo mehrere Nutzeffekte mit einem T & T-System zu erschließen. Obwohl der Fokus primär auf Holz als Inputstoff gelegt wurde, ist es mit den vorgeschlagenen Modellen möglich, auch Faserpflanzen zu verfolgen. Es müssen zusätzlich Agrarunternehmen betrachtet werden, die mit der entsprechenden Infrastruktur ausgestattet werden müssen, um die erforderlichen Informationen zu erfassen und in die zentrale Datenbank bei der Betreiber-Organisation einzuspeisen. Bündel von vorgetrockneten Faserpflanzen können mit RFID-Transpondern ausgestattet werden. Dabei müssen diese Transponder entweder bei dem Halbwarenhersteller, wie z. B. eine Zellstofffabrik, entfernt werden oder aus Materialien erstellt werden, welche die Prozesse und Qualität des Zellstoffes nicht beeinträchtigen, z. B. ein im Rahmen des Projektes „IndisputableKey“ entwickelter RFID-Transponder (vgl. Uusijärvi 2010, S. 28). Dem EPC können verschiedene Daten zugeordnet werden, wie Schneideweiten bzw. Längen der Fasern oder deren Dichte/Masse oder Feuchtigkeitsgehalt. Um die genannten Qualitätsmerkmale zu erfassen, sind moderne Verfahren des Precision Farming durch Sensoren an Landmaschinen erforderlich (vgl. Reyns et al. 2002, S. 176 ff.). Dabei kommen spezifische Standards wie agroXML oder AgroVoc zum Einsatz. Es ist zu berücksichtigen, dass die ausgearbeiteten Lösungen als Basis für die Rückverfolgbarkeit von anderen NawaRo-Arten genommen werden können. Jedoch ist zu untersuchen, wie groß der Anpassungsaufwand wird.

Da ein ausgearbeitetes T & T-System explizit die Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben bzgl. der Rückverfolgbarkeit von Lebensmittelverpackungen berücksichtigt, kann diese Lösung zur Umsetzung der Lebensmittelrückverfolgbarkeit eingesetzt werden. Dabei ist es wichtig, die TRUs und die zugehörigen Rückverfolgbarkeitsmethoden entlang der Supply Chain für Lebensmittel zu identifizie-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

ren. Bei der Datenverknüpfung ist die Anforderung nach der Darstellung der Qualität explizit im Modell darzustellen (vgl. Bechini et al. 2008, S. 346 ff.; Lee/Park 2010, S. 56 f.) sowie der Anlage, auf welcher ein Prozessschritt durchgeführt wurde (vgl. Jansen-Vullers et al. 2003, S. 408 f.). Insgesamt berücksichtigen die konzipierten Lösungen die Rückverfolgbarkeit nicht nur in der Fertigungs- sondern auch in der Prozessindustrie. Es wurde explizit auf die Rückverfolgbarkeit von sekundären Rohstoffen eingegangen. Zudem wurde bei der Konzeption das Interesse von KMU beachtet. Dadurch können die Konzepte die Basis für die Umsetzung der Rückverfolgbarkeit in der Prozessindustrie und in der Supply Chain mit deren dominanten Rolle von KMUs darstellen.

6.2 Implikationen für Praxis und Wissenschaft

Aus **Sicht von Unternehmen der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo** zeigt die vorliegende Arbeit, wie die Daten aus T & T-Systemen eingesetzt werden können, um vielfältige positive Effekte wie das Beseitigen von Schwachstellen der praktischen Umsetzung von Zertifizierungsprozessen, das Erfüllen von Konsumentenbedürfnissen nach Produktinformationen und von Stammholzverarbeiten nach Information über die Holzlieferung zur Reduktion der Beschaffungsunsicherheiten sowie der gesetzlichen Vorgaben zur Rückverfolgbarkeit von holzbasierten Produkten, das Reduzieren der Rückrufkosten und der manuellen Arbeit beim Wareneingang und -ausgang, der Kommissionierung und dem Accounting zu erschließen. Der Einsatz von T & T-Systemen ermöglicht es zudem, die typischen Probleme der Holzindustrie zu lösen. So können die Holzverluste entlang des Wertschöpfungsnetzwerkes reduziert und die Holzausbeute während der Verarbeitung erhöht werden. Weiterhin können die T & T-Daten von BI-Anwendungen genutzt werden, um Verbesserungspotenziale in Geschäftsprozessen aufzudecken. Diese positiven Effekte führen nicht nur zu einer Reduktion der Kosten sondern auch durch hohe Transparenz für Kunden und Öffentlichkeit zu einem verbesserten Image. Die herausgearbeiteten Konzeptionen zeigen Lösungen für Unternehmen auf, die ein T & T-System einführen wollen. Dafür können die vorgestellten Konzeptionen implementiert oder weiterentwickelt werden. Es wurden auch mehrere Handlungsempfehlungen herausgearbeitet, um die Einführung des Systems zu erleichtern und effektiv zu koordinieren. Um die Entscheidungsfindung bzgl. der Investitionen in T & T-Systeme zu erleichtern, wurde ein Kosten-Nutzen-Modell ausgearbeitet.

Aus **wissenschaftlicher Sicht** erfolgte in dieser Arbeit das Systematisieren der Rückverfolgbarkeitsmethoden und Potenziale von T & T-Systemen. Es wurde der aktuelle Forschungsstand zu T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für NawaRo aufgearbeitet. Die Ergänzung der Vier-Schichten-Systemarchitektur um die Kernbereiche eines T & T-Systems erlaubt es, für jede Schicht die Fragen festzulegen, welche bei der Entwicklung und Einführung der T & T-Systeme zu klären sind. Dies könnte auch in der Wissenschaft zum Planen, Vorbereiten sowie Durchführen der T & T-Systemprojekte genutzt werden, sodass das Übertragen auf weitere Forschungsarbeiten möglich erscheint. Im Rahmen der umfangreichen Anforderungsanalyse wurden zwei empirische Studien durchgeführt, welche mit der betrachteten Themenstellung in der wissenschaftlichen Literatur vorher nicht gegeben waren. Die Kernergebnisse dieser Studien wurden wissenschaftlich nutzbar aufbereitet. Das Gleiche gilt für eine weitere Studie, die auf Basis von sekundären Daten durchgeführt

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

wurde. Basierend auf den Ergebnissen dieser drei Studien wurden T & T-Systemlösungen ausgearbeitet, die u. a. mehrere Datenmodelle sowie Empfehlungen und Referenzmodelle für die Umsetzung der Systemarchitektur beinhalten. Diese Systemlösungen stellen ein wissenschaftlicher Beitrag sowohl zur Lösung der bereits bekannten Probleme als auch zur Erschließung neuer Chancen dar. Während der Ausarbeitung der Lösungen wurden die Prozesse mit zugehörigen Materialflüssen entlang ausgewählter Teile der Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo untersucht. Die Modelle der zugrunde liegenden Supply Chains können in Forschungsarbeiten verschiedener Disziplinen (Holz-, Wirtschafts-, Mathematikwissenschaften etc.) wiederverwendet werden. Die entwickelten Kosten-Nutzen-Modelle stellen zudem ein Kriterium für die Evaluation der T & T-Systemprojekte dar. Auf Forschungsergebnisse dieser Arbeit können zukünftige Forschungsarbeiten aufbauen, was im nächsten Unterkapitel diskutiert wird.

6.3 Ausblick

Trotz der geleisteten Beiträge und aufgezeigten Implikationen dieser Arbeit ergaben sich weitere Forschungsfragen und Themenkomplexe, die im Rahmen dieser Arbeit nicht adressiert werden konnten. Für zukünftige Arbeiten werden diese nachfolgend zusammengefasst.

Die Erfassung von detaillierten und genauen Informationen über jede TRU und dazugehörige Prozesse eröffnet die Möglichkeit, anstelle von durchschnittlichen Emissionswerten die dynamischen Werte bei der Berechnung der Umweltauswirkungen zu verwenden. JUNKKARI und SIRKKA (2011) haben bereits Forschungen in diesem Bereich gestartet. Es muss jedoch geklärt werden, welche Daten zu erfassen sind und wie sie mit vorhandenen BUIS verknüpft werden sollen.

Die Rückverfolgbarkeit in dieser Arbeit fängt mit den Ernteprozessen an. Es wäre möglich, sie während der Wachstumsphase zu verwenden. So gibt es bereits die ersten Versuche, RFID in junge Bäume zu implantieren, um die Waldinventur durchzuführen (vgl. Lin et al. 2009; Mohamed et al. 2009) oder Qualitätsparameter zu erfassen (vgl. Bowman 2010). Es ist wichtig, die technische und wirtschaftliche Machbarkeit dieser Lösungen zu klären. Zudem muss verstanden werden, ob die Lösungen für die Wachstumsphase mit den vorgeschlagenen Lösungen kompatibel sind, insbesondere auf der Infrastrukturebene. Dasselbe gilt für die Faserpflanzen. Hier können die Ackerflächen verfolgbar gemacht werden. Dann können für diese Flächen die Karteien mit z. B. Daten zu Düngungen, Erntemengen der letzten Jahre, Aussaatmengen, Qualitätsparametern mit T & T-System erfasst und an die Precision Agriculture-Module kommuniziert werden.

Zukünftige Forschungsarbeiten können zudem auf den in Kapitel 5.5 erwähnten Herausforderungen aufbauen. Als besonders wichtig ist dabei die Überwindung der organisatorischen Herausforderungen zu nennen. Es muss untersucht werden, welche besonderen organisatorischen Eigenschaften das Wertschöpfungsnetzwerk aufweisen soll, um die Einführung von interorganisationalen IS einschließlich T & T-Systemen zu fördern. Weiterhin sind Anreizsysteme zu entwickeln, welche die Partner von opportunistischem Verhalten abhalten und zu dem Aufbau von vertraulichen Beziehungen beitragen sollten.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Wie bereits gezeigt wurde, soll der Betrieb von T & T-Systemen von Drittparteien übernommen werden, wobei als Ausgangspunkt die bereits existierenden Lösungen genommen wurden. Diese Lösungen befinden sich aktuell in Entwicklung. Die wissenschaftliche Unterstützung dieser Projekte ist von besonderer Bedeutung. Die Kenntnisse, die innerhalb der vorliegenden Arbeit herausgearbeitet werden, können durch die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Organisationen wie ICELT e.V., GS1, FSC sowie EC-Kommission umgesetzt werden. Dies sollte dabei helfen, die ausgearbeiteten Modelle praxisbezogen zu evaluieren. Da diese Organisationen die Systeme für eine breite Produktpalette zur Verfügung stellen, ist es möglich zu überprüfen, ob die ausgearbeiteten Lösungen auch für andere Produkte und in anderen Branchen und Ländern eingesetzt werden können.

Es wurde auch ein hoher Bedarf an interdisziplinärer Forschung festgestellt. Erstens ist die Zusammenarbeit mit Marketing-Spezialisten erforderlich, um die Präsentationsform von relevanten Informationen für Konsumenten optimal zu gestalten. Zudem sind die Marketingaktivitäten erforderlich, um die T & T-Systeme bei Konsumenten bekannt zu machen. Zweitens ist die enge Zusammenarbeit mit Holzwirten von Interesse. Zusammen mit Holzwirten müssen die Tracer-Experimente durchgeführt werden, um die Eigenschaften von kontinuierlichen Flüssen zu untersuchen und RTD-Modelle auszuarbeiten. Dadurch kann die Präzision der Rückverfolgbarkeit von kontinuierlichen Prozessen verbessert werden. Die Kenntnisse aus dem Bereich der Forst- und Holzwirtschaft stellen die erforderliche Basis für die Artikeldifferenzierung nach Qualitäts- und Quantitätseigenschaften von Stammholz dar, was wiederum die manuelle Arbeit bei der Erfassung von für Stammholzverarbeiter relevanten Informationen reduzieren kann.

Die vorliegende Arbeit hat sich mit den Potenzialen von T & T-Systemen in Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle stoffliche Nutzung von NawaRo beschäftigt. Durch die herausgearbeiteten T & T-Systemlösungen besteht die Möglichkeit, den Unternehmen die positiven Effekte dieser Systeme bewusst zu machen sowie ihnen mittels der Kosten-Nutzen-Modelle die Entscheidungsfindung bzgl. der Investitionen in diese Systeme zu erleichtern. Die Lösungen helfen dabei, spezifische Probleme der Holzindustrie wie Unsicherheiten in Qualität, Quantität und dem Lieferzeitpunkt sowie die Holzdiebstähle in den Griff zu bekommen. Zudem können dadurch die Konsumentenbedürfnisse nach Informationen zu Holzprodukten befriedigt sowie die Produktsicherheit erhöht werden, was zur Steigerung des Vertrauens in Produkte aus NawaRo führen kann. Dies kann zu einem nachhaltigeren Konsum führen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang

Anhang A: Darstellung der Markertechnologien für die Wertschöpfungsnetzwerke für die industrielle stoffliche Nutzung von Lignocellulose-basierten NawaRo[81]

Marker-art	Beschreibung	Vorteile	Nachteile
Farbe oder Kreide	Die älteste Methode der Baumstammkennzeichnung, bei der durch das Anbringen von Farbe oder Kreide Firmen- oder Identifikationsinformationen bereitgestellt werden	Weit verbreitet, verschiedene Informationen darstellbar	Verknüpfung mit papierbasierten Dokumenten, leicht zu verfälschen, zeitaufwändig, nicht maschinenlesbar
Branding Hammer	Traditionelle und weit verbreitete Methode, wobei durch eine Erhöhung auf der Schlagfläche des Hammers eine einzigartige Kennzeichnung beim Aufprall zurückbleibt	Weit verbreitet, schnelles Verfahren	Geringer Informationsgehalt, Verknüpfung mit papierbasierten Dokumenten, leicht zu verfälschen, nicht maschinenlesbar
Konventionelle Labels	Papier-, Metall- oder Plastiketiketten, die am Produkt durch Klebstoff, Nägel befestigt oder mit einem speziellen Hammer in die Stirnseite eingeschlagen werden. Zudem sind sie oft mit einem Barcode versehen, der durch einen lesenden Barcodescanner automatisch ausgelesen werden kann	Ausreichende Datenmenge mit Verweis auf referenzierte Dokumente, schnell und geringe Betriebskosten	Wenig robust besonders gegenüber Schmutz, Sichtkontakt zum Auslesen, hohe Anschaffungskosten für die Ausstattung, Lesereichweite begrenzt
Direktdruck	Kennzeichnung mit Tintendirektdruck auf Holz. Auch werden oft Barcodes auf holzbasierte Materialen aufgedruckt		
Magnetstreifenkarten	Lese/Schreibeeinheit kann Informationen auf dem Magnetstreifen lesen und schreiben. Zur einfachen Handhabung werden Magnetstreifen in eine Plastikkarte eingebaut	Preisgünstig; einfache Datenüberschreibung	Entmagnitisierung, einfache Kopierbarkeit, geringe Funktionssicherheit
Smart Cards	Die Karten sind mit einem Mikroprozessor, der mit einem Speicher verbunden ist, ausgestattet	Große Datenmengen, fälschungssicher	Hohe Betriebskosten, für Personen nicht lesbar, Einfluss von Richtung und Lage sowie Nässe, geringe Lesegeschwindigkeit, Korrosion, Verschmutzung und Abnutzung
RFID Transponder	Die Daten werden auf einem elektronischen Datenträger gespeichert. Die automatische Identifikation erfolgt über Radiowellen	Robust, evtl. wiederbeschreibbar, große Datenmengen, automatisches Auslesen ohne Sichtkontakt, schnelle Lesegeschwindigkeit, Pulkerfassung, evtl. lesbar aus großer Entfernung, fälschungssicher	Einfluss von Metallen, Wasser, hohe Anschaffungskosten sowohl für die Ausstattung als auch für Transponder, für Personen nicht lesbar

[81] Vgl. Dykstra et al. 2003, S. 263 ff.; Finkenzeller 2006, S. 2 ff.; Kern 2007, S. 15 ff.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang B: Auflistung der identifizierten Quellen

Autoren	Technische Sicht				Wirtschaftliche Sicht		
	Identifikation	Datenerfassung	Datenverknüpfung	Datenkommunikation	Erfüllung der Gesetzen	Zertifizierung	Wirtschaftlicher Nutzen
Aguilar 2013					X		
Bartley 2014					X	X	
Bellon-Maurel et al. 2014					X	X	
Björk et al. 2011	X						S
Blackburn et al. 2010	X	X					
Blank et al. 2013				X			
Bliznakov/Boner 2008		X					
Boner et al. 2008	X						
Charpentier/Choffel 2003	X						
Chiorescu et al. 2003	X						
Chiorescu/Grönlund 2004	X						
da Silva et al. 2010				X		S	S
Degen/Fladung 2008	X						
Degen et al. 2010	X						
Deguilloux et al. 2004	X	X					
Deguilloux et al. 2003	X	X					
Dykstra et al. 2002	X					S	
Dykstra et al. 2003	X					S	
El Sheikha et al. 2013	X						
Ehrhardt et al. 2010	X	X					S
Finkeldey et al. 2010	X						
Finkeldey et al. 2008	X						
Flodin 2008	X						
Flodin et al. 2007	X	X					
Flodin et al. 2008a	X						
Flodin et al. 2008b	X						
Förstel 2008	X						
Fuentealba et al. 2004a	X						S
Fuentealba et al. 2004b	X						
Haartveit/Knotten 2007							X
Häkli et al. 2010	X	X					
Häkli et al. 2013	X						S
Holzmann 2009							X
Jolivet/Degen 2012	X						
Junkkari/Sirkka 2011			X				
Juurma/Põlder 2011							X
Juurma/Tamre 2010	X	X					
Kaul 2011	X						S
Koch et al. 2008	X						
Korten/Kaul 2008	X						
Korten/Schneider 2006	X						S

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Autoren	Technische Sicht				Wirtschaftliche Sicht		
	Identifikation	Datenerfassung	Datenverknüpfung	Datenkommunikation	Erfüllung der Gesetzen	Zertifizierung	Wirtschaftlicher Nutzen
Kvarnström/Oja 2010	X						
Lehto et al. 2009	X	X					S
Lowe 2008	X						
Lowe/Cross 2011	X						
Lowe et al. 2010	X						
Lundqvist/Kubulnieks 1995	X						
Lycken/Salin 2007	X	X					S
Möller 2011	X	X					
Möller et al. 2011	X						
Murphy/Franich 2004	X	X					
Murphy et al. 2012	X						
Namuene et al. 2015	X				S		
Nuroniah et al. 2010	X						
Ohnimus et al. 2010	X						
Pahlberg et al. 2015	X						
Põlder 2010	X	X					
Põlder et al. 2010	X	X					
Sarmiento et al. 2010	X						
Schneider 2010	X	x					S
Schraml et al. 2014a	X	X					
Schraml et al. 2014b	X	X			S		
Seidel et al. 2012	X						
Seidla/Uusijärvi 2004	X	X					
Seidla 2004	X	X					
Sirkka 2008			X				S
Smith et al. 2003	X						
Smulders et al. 2008	X						
Steinberger et al. 2009	X						
Timpe 2005	X						S
Timpe 2006	X				S		S
Tnah et al. 2012	X						
Tnah et al. 2009	X	X					
Tribowski et al. 2009	X						S
Tzoulis/Andreopoulou 2013	X						
Tzoulis et al. 2014	X	X			S		
Virtanen et al. 2013	X	X					
von Bodelschwingh 2006	X						S

X Primärer Fokus S Sekundärer Fokus

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang C: Seidels Fallstudienbeschreibung[82]

Ziel	Funktionalität	Beschreibung
Beispiel Afrika (Liberia)		
Ein landesweites System für die Überwachung und Überprüfung des Holzeinschlags und Waldeigentums in der Supply Chain, einschließlich einer computergestützten Plattform für die Rückverfolgbarkeit und der Verwaltung von Gebühren im Zusammenhang mit dem Holzhandel.	• CI Earth (Mapping) für Karten, Lageruntersuchungen und Plantagekarten; • Chain of Custody und Performance Management für Datenabgleich, Datenüberprüfung, Zufallsstichproben und Inspektion; • Dokumenten-Management für die Konzessionsregistrierung, Abrechnungen und vorgeschriebene Dokumente.	LiberFor basiert auf der Helveta Plattform, CI World. Die Informationen werden im Wald oder in der Fabrikhalle mit PDA-Geräten erfasst, welche mit Helvita-proprietärer Mobile Device Management Software ausgerüstet sind. CI Mobile kombiniert die mit PDA und RFID bzw. Barcode Reader erfassten Daten und überträgt diese aus dem Wald oder Unternehmen zu den CI World Servern über jeden möglichen Weg des Internet-Anschlusses (Satelliten, Wi-Fi, Mobilfunk, Bluetooth, Datenfernübertragungsmodem). Berichte und Analysen sind direkt über Internet Browser-basiertem Zugriff für autorisierte Benutzer in der ganzen Welt verfügbar.
Beispiel Asien/Pazifik (Indonesien)		
DNA-geprüfte Chain-of-Custody als ein wissenschaftliches, völlig unabhängiges Überwachungs- und Verifikationssystems für bestehende Holz-Tracking-Systeme, seien sie in Papierform oder elektronisch.	DNA-Überprüfung während des unabhängigen Audits bei der CoC.	Holzproben von den Bäumen werden während der Waldinventur vor der Ernte genommen und sichergestellt. Bei der Ernte und Verarbeitung werden weitere Holzproben von denselben Bäumen und Holzstücken genommen. Diese Proben werden mit den Proben, die während der Bestandsaufnahme sichergestellt wurden, verglichen. Nach ISO-Normen für die Probeentnahme ist lediglich eine kleine Anzahl von Vergleichen erforderlich, in der Regel 30 bis 80 pro Periode, um ein Niveau der statistischen Sicherheit von mehr als 95 % zu erreichen.
Beispiel Südamerika (Brasilien)		
Forestry Origin Document ist ein elektronisches Zentraldatenbank-basiertes System für die Kontrolle des Transports und der Lagerung brasilianischer Urwald-Produkte.	Ein Bürokratie-freies Management-Tool, das von staatlichen Stellen verwendet wird, um Strafverfolgungsmaßnahmen zu unterstützen.	Das System umfasst eine Vielzahl von elektronischen Dokumenten, die für alle Transport-, Lagerungs- und Transformationsprozesse mit Produkten aus brasilianischen Urwäldern erforderlich sind und einem autorisierten Nutzerkreis zur Verfügung gestellt werden. Mit dem System ist es auch möglich, das Volumen der Produkte entlang der Supply Chain zu kontrollieren. Das System ist mit anderen nationalen Systemen integrierbar und stellt unterschiedliche Statistiken zur Verfügung.
Beispiel Süd- und Mittelamerika		
Rückverfolgbarkeitstest anhand von Materialsignatur für Mahagoni und einer genetischen Referenzdatenbank.	Sechs Kernmikrosatelliten wurden verwendet, um die genetische Referenzdatenbank für Mahagonibäume zu erzeugen.	Die genetischen Fingerabdrücke von Holzproben können mit Referenzdaten aus der Datenbank verglichen werden, um festzustellen, ob der Herkunftsnachweis zuverlässig ist.
Beispiel Südpazifik (Neuseeland)		
Ein System für die Kontrolle von Geschäftsprozessen wie Lager, Produktion, Verkauf, Finanzen sowie für das Monitoring von CoC-zertifizierten Holzströmen. Das System wurde für TaranakipineTM, einen Her-	• CoC-System, welches die Transparenz vom Eingang der Holzstücke bis hin zum Verkauf und zur Auslieferung von Schnitthölzern bietet; • Dokumenten-Management, welches die Verwaltung von Dokumenten wie Holzstück-	Die Daten über die erhaltenen Holzstücke werden in Form der Empfangsbestätigung in dem TimberSmart-System manuell eingetragen. Die Schnitthölzer werden sortiert und in Paketen gesammelt. Umfassendes Reporting stellt die Produktion von Schnittholz gegenüber den eingehenden Holzstücken in Bezug. Informationen über die Zusammensetzung der einzelnen Pakete werden manuell in die TimberSmart Datenbank eingetra-

[82] Vgl. Seidel et al. (2012)

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Ziel	Funktionalität	Beschreibung
steller von Wertholzprodukten aus nachhaltig bewirtschafteten Plantagen von Neuseeland Pinus radiata, entwickelt.	Kaufvertrag, Schnittholz-Kundenauftrag, Arbeitsauftrag, Lieferscheine, Rechnungen handhabt; • Performance Management auf allen Ebenen der Verarbeitung (Input vs. Output Volumen); • Unterstützung der Entscheidungsfindung auf Basis der genauen und aktuellen Daten.	gen. Barcode-Etiketten werden auf die erstellten Pakete aufgetragen, die während Prozessen wie der Offentrocknung gescannt werden, mit anschließender Aktualisierung im TimberSmart-System. Wenn das Paket versandt wird, wird die detaillierte Information über jedes einzelne Paket elektronisch an den Empfänger gesendet, so dass diese Information in die interne Systeme ohne Neueingabe von Daten herunterladen kann. Zu diesem Zweck wird das TimberXchange System verwendet.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang D: Kauls State-of-the-Art-Analyse von Rückverfolgbarkeitssystemen[83]

Projektname	Ziel	Beschreibung
Linking raw material characteristics with industrial needs for environmentally sustainable and efficient transformation-Projekt bei der schwedischen Forschungs- und Entwicklungsvereinigung SP Trätek.	Entwicklung eines sicheren und automatischen Identifikationssystems für das Abbilden des Warenflusses, um damit den Herkunftsnachweis von Holz zu ermöglichen und seine Nutzung zu verbessern.	Um das Ziel zu erreichen, wurden verschiedene Markierungstechnologien für Holz wie RFID, Barcode, Farbkodierung und Optical Character Recognition-Identifikation, von der Holzernte bis zur Verarbeitung im Sägewerk angewandt und festgestellt, dass die Wertschöpfung in der Forst- und Holzwirtschaft dadurch verbessert werden kann.
Forschungsprojekt 14186 „Reorganisation der Informations- und Warenflussprozesse in der Holzerntekette mit Hilfe der Transpondertechnologie“ am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der Technischen Universität München.	Technische und logistische Implementierung eines RFID-Einsatzes in der Rundholz-Supply-Chain unter realen Bedingungen zu untersuchen und ein ökonomisches Wertschöpfungspotential herauszuarbeiten.	Entwickelt und getestet wurden Low Frequency Transponder für den Einsatz in der motormanuellen Holzernte und High Frequency Transponder für den Einsatz in der hochmechanisierten Holzernte. Die weltweit eindeutige alphanumerische ID-Nummer des angebrachten Transponders wurde mit den Dimensions-, Qualitäts- und Eigentümerdaten des jeweiligen Stammes digital verknüpft und gespeichert. Im weiteren Verlauf der Rundholz-Supply-Chain konnten die Prozessschritte des einzelnen Stammes in der zentralen Datenbank dokumentiert und von den Beteiligten eingesehen werden.
Forschungsprojekt 15247 „Einsatz von Auto-ID-Systemen in der Holzerntekette vom Rundholz bis zum Schnittholz zur Sicherung der Rückverfolgbarkeit und Kontrolle des Materialflusses“ am Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der Technischen Universität München.	Aufbauend auf den Erkenntnissen des vorherigen Forschungsprojektes wurde der Einsatz von Auto-ID-Systemen vom Wald bis zum Warenausgang im Sägewerk untersucht.	In diesem Projekt wurden UHF-Transponder zur individuellen Kennzeichnung der einzelnen Baumstämme eingesetzt. Mit Hilfe von automatischen Auslesungen der Transponder im Werk konnte dadurch ein vollständiger und konsistenter Überblick über den Wareneingang ermöglicht werden. Des Weiteren wurden technische Möglichkeiten eines Einsatzes von Auto-ID-Systemen innerhalb der Holzverarbeitung im Sägewerk aufgezeigt, im Praxisbetrieb getestet und anschließend analysiert. Durch den Einsatz von Auto-ID-Systemen innerhalb der Holzverarbeitung im Sägewerk konnte eine lückenlose, transparente und eindeutige Rückverfolgung jedes Brettes bis zum Wald ermöglicht werden. Die Ergebnisse zeigten erhebliche Rationalisierungsmöglichkeiten.
Forschungsprojekt „Intelligentes Holz – RFID in der Rundholzlogistik“ bei dem Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung in Magdeburg.	Eine funktionstüchtige und praxistaugliche Gesamtlösung für einen verbesserten Material- und Informationsfluss innerhalb der Rundholz-Supply-Chain. Durch den Einsatz von RFID sollten innerhalb des Logistikprozesses die Kosten gesenkt und die Effizienz gesteigert werden. In diesem Projekt sollte nicht jedes einzelne Holzstück, sondern nur eine repräsentative Anzahl von Holzstücken pro Polter markiert werden.	Um das Ziel zu erreichen, wurden spezielle kunstofffreie Transponder entwickelt. Die Anzahl der für eine garantierte Polteridentifizierung und Abfuhrkontrolle pro Holzpolter benötigten Transponder wurde statistisch ermittelt. Weiterhin wurden eine automatische Auslesung am Sägewerkseingang und die digitale Integration der Informationen in Softwaresystemen zur Auftrags- und Abrechnungsabwicklung in Aussicht gestellt.

[83] Vgl. Kaul (2011)

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang E: Komponenten der IK-Systemarchitektur[84]

Komponente	Beschreibung
Adapter	Der Adapter konvertiert die Anwendungsdaten zu standardisierten Nachrichten und umgekehrt. Der Adapter sollte in der Lage sein, mit Netzwerk- oder Kommunikationsfehlern sowie mit der Warteschlange von Nachrichten umgehen zu können.
Standard Exchange Interface	Wie Anwendungen oder Module mit dem Message Handling Service kommunizieren, dies ist als Standard Exchange Inferface definiert.
Message Handling Service (MHS)	Ein Message Handling Service ist ein Service für die Verwaltung des Nachrichtenflusses innerhalb des Unternehmens und/oder zu/von externen Partnern.
Collaborative Messaging Service (CMS)	Das CMS ist ein Service, der als Hub (Poststelle) für den B2B-Informationsaustausch agiert und von einem Dienstleister betrieben wird. Alle Nachrichten werden zum CMS mit einem angebrachten „Adressanhänger“ des Ziels geroutet, so dass Senderunternehmen keine Verbindungen zu Empfängerunternehmen aufbauen und pflegen müssen.

[84] Vgl. Karlsen/Puntanen 2009, S. 7 f.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang F: Kommerzielle Tracking & Tracing-Systeme

Name und Hersteller	Beschreibung
LTS-Log-Tracking-System bei Cambium Forstbetrieben	Die passiven RFID-Transponder in Nagelform, die lediglich eine ID enthalten, werden von Waldarbeitern oder der Harvestermaschine auf das Holzstück aufgetragen (vgl. hier und im Folgenden Cambium-Forstbetriebe 2006). Die zugehörigen Daten (Baumart, Länge, Durchmesser, Qualität) werden verbal mithilfe von PDA aufgenommen und an eine zentrale Datenbank übertragen. Diese Daten können an weiteren Stufen der Wertschöpfung abgerufen werden. Zum Beispiel nachdem die Holzstücke auf den Lastwagen geladen werden, verwendet der LKW-Fahrer die PDAs, um die ID-Nummern der geladenen Holstücke zu erfassen und sie an die zentrale Datenbank zu übertragen. Danach wird eine Liste erzeugt, die Unterschiede zwischen den Holzstücken am Waldweg und auf dem LKW aufweist.
Agroisolab GmbH	Das Unternehmen bietet papierbasierte oder IT-gestützte Rückverfolgbarkeitssysteme auf Basis der Isotopen-Analyse wie Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Kohlenstoff an (vgl. hier und im Folgenden Agroisolabg o. Jg.). Die Grundlage bildet ein Vergleich der Isotopenwerte einer bekannten geografischen Herkunft mit denen des zu überprüfenden Materials. Die Analytik setzt daher voraus, dass entsprechendes authentisches Referenzmaterial mit bekannter Herkunft zum Abgleich der Isotopenwerte vorliegt (Referenzmuster-basierte Lösungen) oder entsprechende Daten in einer Datenbank verfügbar sind (Datenbank-basierte Lösungen). Das Unternehmen hat zudem ein Markierungssystem ISO-ID entwickelt, das auf den Wasserstoff-Isotopen basiert.
Elements Wood bei Helveta	Das System stellt digitale Pässe mit der CoC-Historie Exporteuren und Importeuren zur Verfügung (vgl. hier und im Folgenden Helveta 2014). Die Rückverfolgung wird mit Hilfe von sog. Identity Preservation und Mengenbilanzen umgesetzt. Die Identity Preservation dient der Identifikation eines Stammes, z. B. mittels Barcodes von der Ernte bis zum Sägewerk. Um das im Sägewerk verarbeitete Holz mit den Stämmen in Verbindung zu bringen, wird die Mengenbilanz verwendet. Damit ist zwar keine direkte Zuordnung möglich, aber es kann überprüft werden, ob Input- und Output-Menge unter Anwendung von Konversionsfaktoren zusammenpassen. Eine weitere Funktion ist die Geo-Referenz, mit der die Herkunft sowie die Wege des Holzes auf Karten verfolgt werden können. Zusätzlich bietet das System Funktionen, um Treibhausgasemissionen zu berechnen. Die Datenerfassung bei Elements Wood erfolgt durch manuelle Eingabe, über ein Web-Formular oder eine mobile App sowie über einen Batch-Upload für Dateien im Tabellen-Format und direkt programmierbare Schnittstellen zu anderen Systemen.
WASP-Holzlogistikplattform bei WASP-Logistik GmbH	Eingesetzt werden IKT auf Basis modernster Cloud-Technologie (vgl. hier und im Folgenden Forstpraxis 2010; o. A.. 2014, S. 20; Wasp Logistik o. Jg.). Bestehende Softwarelösungen für die Forst- und Holzwirtschaft werden integriert und miteinander durch das definierte Schnittstellenformat ELDAT 2.1. verbunden. Die Plattform ist in der Lage, Waldbesitzer, Holzindustrie, Transportunternehmen, Forstdienstleistungsunternehmen bei der Verbesserung von Logistikabläufen zu unterstützen. Das Angebot umfasst Module für integrierte Tourenoptimierung, Tourenmanagementsystem, Decision-Support-Tools sowie Resthölzbörse. WASP funktioniert wie folgt: Die mobile Datenaufnahme geschieht per PDA, die Daten werden an die Plattform WASP übergeben. Der Holztransporteur kann die Frachtaufträge, die Tourenoptimierung, Navigation und das Tourenmanagementsystem von WASP übernehmen, alles wird in einem Endgerät im LKW angezeigt. Mit dem Tourenmanagementsystem wird nicht nur die Polterposition angezeigt, sondern auch die manuelle Eingabe von Mengeninformationen ermöglicht. Diese Informationen können verwendet werden, um eine Benachrichtigung über den Abtransport an Forstbesitzer automatisch zu generieren und zu versenden. Die Aufnahme der Polterinformationen kann auch digitalisiert mittels RFID-Technologie erfolgen. Alle wichtigen Holzaufnahmedaten wie Holzart, Sortiment, Länge, Durchmesser, Qualität, Waldort, Hiebs-Nr./Los-Nr., GPS-Koordinaten, Waldbesitzer, Abnehmer zusammen mit Fotos und GPS-Daten werden mit dem PDA (Woodscout-App) erfasst und mit der Nummer des Transponders, der am Stamm befestigt wird, verknüpft. Bei Massensortimenten können statt einer Nummer alle Polterinformationen auf dem Transponder im Wald hinterlegt werden. Die Poltermarkierung geschieht also nur mit einem Transponder am Polter.
TimberTec Lösungen bei TimberTec AG	Durch die Kombination von verschiedenen Modulen ist es möglich, den Materialfluss im Sägewerk vom Einkauf bis zum Verkauf abzubilden (vgl. hier unf im Folgenden o. A. 2013, S. 12; TimberTec o. Jg.a; o. Jg.b). Für die Rundholzverfolgung steht das Modul Timber Rundholz zur Verfügung. Auf Knopfdruck wird bestimmt, welche Holzarten in welchen Dimensionen und in welchen Qualitäten für den Einschnitt verfügbar sind. Um dies zu erreichen, müssen alle Parameter und die Bereitstellungsmeldungen der Waldbesitzer und Lieferanten erfasst werden. Neben der manuellen Erfassung durch das Sägewerk können diese Daten durch den Lieferanten via Internetportal sowie über die elektronische Schnittstelle ELDAT zur Verfügung gestellt werden. Unmittelbar nach der Anlieferung gelangt das Rundholz in die Werkseingangsvermessung. Die elektronische Schnittstelle mit der Vermessungsanlage speichert das vermessene Holz mit zuvor festgelegten Parametern. Ein weiteres Modul, „Timber Commerce“, macht es möglich, Arbeitsvorbereitung, Produktion, Kalkulation und Verkauf zu planen, durchzuführen sowie effizient auszuwerten. Ein Beispiel ist das System bei

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Name und Hersteller	Beschreibung
	VM HOLZ: In der Produktion kann das online Analytical Processing Cube-Auswertungstool verwendet werden, indem die Auftragserstellung nach Verfügbarkeit der Dimensionen am Rundholzplatz abgeklärt wird. Der Auftrag wird somit am virtuellen Polter hinterlegt und die benötigte Menge zugeteilt. Die fertige Haupt- und Seitenware wird danach mit der Übernahme in der Paketverwaltung gebucht und in das Lager gebracht. Mit mobilen Handscannern erfassen die Mitarbeiter die Warenbewegungen über den Barcode. Eine Basisstation überträgt diese in die Software. Diese Paketzuteilung bleibt im Lager, in der Trockenkammer bis hin zur Folierung und Verladung aufrecht erhalten.
Holzoffice von Pacific GeoTech Systems Ltd	Die Lösung hat zum Ziel, die Operationen entlang der Rundholz-Supply Chain zu integrieren. Dafür wurden mehrere Module entwickelt, die nach individuellen Bedürfnissen der Unternehmen zu kombinieren sind (vgl. hier und im Folgenden Pacific GeoTech Systems Ltd. o. Jg.). Das „Holz Office Basic"-Modul umfasst die folgenden Funktionen: Einkauf, Harvesting, Verkauf und Controlling. Das nächste Modul „Holz Office Spedition & Lkw Office Module" unterstützt die Verwaltung von Transportaufträgen, Tourenplanung für die einzelnen LKW, Abbildung von Transportstatus und Touren-/Flottenüberwachung, Management von Lieferscheinen, Statusberichten und Positionen (GPS). Zudem steht das Modul „Holz Office AD Office" zur Verfügung, welches das Modul „Holz Office" um Datenerfassung und EDI ergänzt.
Zenith von Savcor IT GmbH	Zenith CE ist die innovative Warenwirtschaftslösung für die Forstindustrie (vgl. hier und im Folgenden SAVCOR IT GmbH, o. Jg.). Es ist ein flexibles Baukastensystem, bestehend aus folgenden Modulen: „Zenith CE H" (ForstHandel), „Zenith CE F" (Forstbetriebe) und „Zenith CE M" (Mobile Lösung). Die mobile Zenith-Lösung sieht eine Offline-Dateneingabe im Wald vor, die über Web-Services mit dem zentralen Zenith synchronisiert wird. Es stehen zudem Module für die Schnittholzverwaltung zur Verfügung: „MEKA Timber" für den Rundholzeinkauf, „MEKA ERP" für die Warenwirtschaft bei der Sägeindustrie und „MEKA MRP" für die Produktionsplanung bei der Sägeindustrie. Savcor bietet dabei sowohl Client-Server-Computing als auch Application Service Providing-Lösungen.
Timber Data Interchange System (TDIS) von Wilwerding dataCargo	Die Hauptkomponente von der internetbasierten Datenlogistik-Plattform TDIS ist eine Datenbank mit einem Rolle-/Rechte-/Kooperationen-Konzept zur flexiblen Anbindung von Geschäftspartnern (vgl. hier und im Folgenden Wilwerding dataCargo o. Jg.a). Dieses Konzept regelt, welcher Anwender auf welche Bereiche der Datenbank zu welcher Zeit zugreifen darf. Dabei werden nicht nur Leserechte, sondern auch die Schreibrechte organisiert, damit die einzelnen Akteure, insbesondere Forstbetriebe und Transportunternehmen, ihren Datenbankbereich entsprechend aktualisieren können. TDIS stellt zur automatisierten Erfassung und Einspeisung von relevanten Daten, die u. a. mithilfe von mobilen RFID-Readern erfasst wurden, ein Zusatzmodell TDIS-MEX (Mobile Exchange) zur Verfügung.
GeoMail von Forstware Informationssysteme GmbH	Ein kommerzielles forstliches Datenverwaltungsystem GeoMail, welches für das Auftragsmanagement und die Logistiksteuerung in der Holzerntekette entwickelt wurde (vgl. GeoMail o. Jg.). GeoMail hilft dabei, Informationen zu digitalisieren und dadurch den aktuellen Informationsstand für alle Beteiligten jederzeit abrufbar zu machen (vgl. forstware Informationssysteme o. Jg.). Umgesetzt wird GeoMail mithilfe einer zentralen Datenbank, welche alle Informationen und Dokumentationen des gesamten logistischen Ablaufes beinhaltet (vgl. GeoMail, o. Jg.). GeoMail war der Ausgangspunkt für die Ausarbeitung der Lukas-Plattform, die in der Dissertation von Bodenschwing zur Verbesserung der Holzlogistik vorgeschlagen wurden. Die auf einer zentralen Datenbank basierte Plattform macht es die aktuellen Polterstatus-Informationen für die Teilnehmer der Supply verfügbar (vgl. von Bodelschwingh 2006, S. 144 ff.).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang G: Gesamteuropäische Kriterien und Indikatoren zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung[85]

Kriterium 1: Erhaltung und angemessene Verbesserung der Waldressourcen und ihr Beitrag zu globalen Kohlenstoffkreisläufen	
B.1 Erhaltung der Waldfläche	1.1 Waldfläche 1.2 Holzvorrat 1.3 Altersstruktur und /oder Durchmesserverteilung
B.2 Erhöhung des Beitrages des Waldes an den Kohlenstoffkreislauf	1.4 Kohlenstoffvorrat 6.9 Energie aus Holzressourcen
Kriterium 2: Erhaltung der Gesundheit und Vitalität von Waldökosystemen	
B.3 Überwachung der Waldgesundheit	2.1 Ablagerung von Luftschadstoffen 2.2 Bodenzustand 2.3 Nadel-/Blattverlust 2.4 Waldschäden
Kriterium 3: Erhaltung und Stärkung der produktiven Funktionen der Wälder (Holz und Nichtholz)	
B.4 Sicherung der nachhaltigen Versorgung mit Holz	3.1 Holzzuwachs und -einschlag 3.2 Rundholz 3.5 Wälder mit Bewirtschaftungsplänen
B.5 Förderung der Nichtholzprodukte des Waldes	3.3 Nichtholzprodukte 3.4 Dienstleistungen 6.10 Zutritt zu Erholungszwecken
Kriterium 4: Erhaltung, Schutz und angemessene Verbesserung der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen	
B.6 Biologische Vielfalt	4.1 Baumartenzusammensetzung 4.2 Verjüngerug 4.3 Natürlichkeitsgrad 4.4 Eingebürgerte Baumarten 4.5 Totholz 4.6 Genetische Ressourcen 4.7 Landschaftsmuster 4.8 Gefährdete Waldarten 4.9 Geschützte Wälder
Kriterium 5: Erhaltung und angemessene Verbesserung der Schutzfunktion in der Waldbewirtschaftung (insbesondere Boden und Wasser)	
B.7 Sicherung einer dauerhaften Schutzwirkung des Waldes	5.1 Schutzwälder – Boden, Wasser und andere Ökosystemfunktionen 5.2 Schutzwälder – Infrastruktur und bewirtschaftete natürliche Ressourcen
Kriterium 6: Erhaltung sonstiger sozioökonomischer Funktionen und Bedingungen	
B.8 Sicherung der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Forstsektors	6.1 Forstbetriebe 6.2 Beitrag des Waldsektors zum Bruttoinlandsprodukt 6.3 Nettoerlös 6.4 Ausgaben für Dienstleistungen 6.7 Holzverbrauch 6.8 Holzhandel
B.9 Sicherung einer nachhaltigen Aus- und Weiterbildung im Forstsektor	6.5 Arbeitnehmer 6.6 Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz
B.10 Förderung des öffentlichen Bewusstseins und Beteiligung verschiedener Interessengruppen	
B.11 Förderung eine breiten waldpädagogischen Bildungsangebotes für die Bevölkerung	
B.12 Sicherung der kulturellen und spirituellen Werte	6.11 Kulturelle und spirituelle Werte
Qualitative Indikatoren	
A. Allgemeine Politiken, Institutionen und Instrumente für nachhaltige Waldbewirtschaftung	A.1 Nationale Waldprogramme oder dergleichen A.2 Institutionelle Rahmen A.3 Rechtliche/gesetzliche Rahmen und internationale Verpflichtungen A.4 Finanzielle Instrumente/Wirtschaftspolitik A.5 Informationelle Mittel

Food and Agriculture Organization of the United Nations (vgl. FAO 2008) beschreibt die oben angeführten Kriterien wie folgt:

[85] Vgl. Parviainen 2009, S. 655 f.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

- Erhaltung und angemessene Verbesserung der Waldressourcen und ihr Beitrag zu globalen Kohlenstoffkreisläufen. Das Kriterium beinhalten der allgemeine Wunsch, bedeutende Waldbedeckung und Bevorratung, einschließlich Bäume außerhalb Wälder zu haben, um die soziale, wirtschaftliche und ökologische Aspekte der Forstwirtschaft zu unterstützen. Das Kriterium umfasst Bestrebungen zur Verringerung der Entwaldung und zur Wiederherstellung und Rehabilitation degradierter Waldlandschaften. Außerdem handelt es sich hier um die wichtige Funktion der Wälder und Bäume das Speichern vom Kohlenstoff und damit das Beitragen dem globalen Klima.

- Erhaltung, Schutz und angemessene Verbesserung der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen. Das Kriterium betrifft die Erhaltung und das Management der biologischen Vielfalt auf der Ebene des Ökosystems, der Arten und der Genetik. Solcher Naturschutz stellt sicher, dass Vielfalt des Lebens aufrechterhalten wird und bietet somit die Möglichkeit, neue Produkte zu entwickeln und die Produktivität zu verbessern.

- Erhaltung der Gesundheit und Vitalität von Waldökosystemen. Wälder müssen so bewirtschaftet werden, dass Risiken und Auswirkungen von unerwünschten Störungen wie Waldbrände, Luftverschmutzung, Sturm fällen, Schädlinge, Krankheiten und Insekten minimiert werden. Solche Störungen können Auswirkungen auf soziale, wirtschaftliche und ökologische Dimension der Forstwirtschaft haben.

- Erhaltung und Stärkung der produktiven Funktionen der Wälder (Holz und Nichtholz). Wälder und Bäume außerhalb Wälder bieten eine Vielzahl von Holz- und Nichtholzprodukten. Deswegen muss eine hohe und wertvolle Zufuhr von Primärwaldprodukte sichergestellt werden, wobei gleichzeitig beachtet wird, dass die Erzeugung und Ernte nachhaltig sind und Verwaltungsoptionen künftiger Generationen nicht gefährden.

- Erhaltung und angemessene Verbesserung der Schutzfunktion in der Waldbewirtschaftung (insbesondere Boden und Wasser). Das Kriterium beschäftigt sich mit der Rolle der Wälder und Bäume außerhalb Wälder bei dem Aufrechterhaltung von Boden, hydrologischen und Wassersystemen. Um sauberes Wasser zu erhalten, muss eine gesunde Fischpopulation gepflegt werden sowie Risiken oder Auswirkungen von Hochwasser, Lawinen, Erosion und Dürren reduziert werden. Schutzfunktionen der Waldressourcen tragen auch der Erhaltung des Ökosystems bei.

- Erhaltung sonstiger sozioökonomischer Funktionen und Bedingungen. Das Kriterium adressiert Beiträgen der Waldressourcen zur Gesamtwirtschaft, zum Beispiel durch die Beschäftigung, Wertschöpfung durch die Verarbeitung und Vermarktung von Waldprodukten und Energie, Handel und Investitionen im Forstsektor. Es handelt sich auch um die wichtigsten Funktionen des Waldes Orte und Landschaften, die eine hohe kulturelle, spirituelle oder Erholungswerte haben, zu hosten und zu schützen.

- Qualitative Indikatoren. Diese Indikatoren umfassen rechtliche, politische und institutionelle Vorkehrungen, um die oben genannten sechs Kriterien zu unterstützen, z. B. bei der Entscheidungsfindung, Regierungsführung, Rechtsdurchsetzung, die Überwachung und Bewertung der Fortschritte. Die Indikatoren beinhalten auch breite gesellschaftliche Aspekte, einschließlich der

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

fairen und gerechten Nutzung der Waldressourcen, Wissenschaft, Forschung und Bildung, Infrastruktur Regelungen zur Unterstützung des Forstsektors, den Technologietransfer, den Aufbau von Kapazitäten und die öffentliche Information und Kommunikation.

Somit basiert die nachhaltige Waldbewirtschaftung auf drei Säulen: Wald als Wirtschaftsraum, als Naturraum und als Lebensraum für den Menschen (s. Abbildung) (vgl. Mößmer 2007, S. 5).

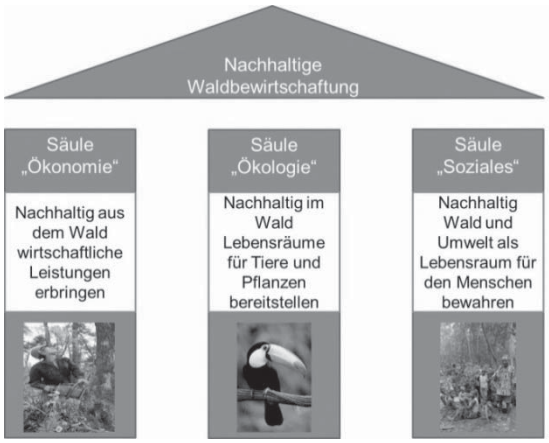


Abbildung: Säulen der nachhaltigen Waldbewirtschaftung[86]

[86] In Anlehnung an Mößmer 2007, S. 5; Quelle für Bilder (WWF 2011)

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang H: Die ausgewählten Produktinformationen, deren Abkürzungen und Referenzen

	Bezeichnung	Produktinformation	Referenz
	Herkunft		
1	Land	Land, aus dem das Holz kommt	Bigsby und Ozanne, 2002; Park et al., 2012; Veisten, 2007
2	Region	Region, aus der das Holz kommt	Aguilar und Cai, 2010; Cai und Aguilar, 2013a; Macias und Knowles, 2011; Pieniak et al., 2013; Ubilava und Foster, 2009
3	Betriebsname	Name des Betriebs, aus dem das Holz kommt	Clemens, 2003; Hobbs et al., 2005; Kehagia et al., 2007; Ubilava und Foster, 2009
4	Plantage oder Wald	Angabe, ob das Holz aus einer Plantage oder einem Wald kommt	Bigsby und Ozanne, 2002; Fenning und Gershenzon, 2002
5	Bild von der Plantage oder dem Wald	Bild von dem Wald oder der Plantage, aus dem/der das Holz kommt	Clemens, 2003
6	Kommentare der Wald-/Plantagebesitzer	Kommentare der Wald-/Plantagebesitzer (z. B. weiterführende Informationen zu Wald/Plantage, Besonderheiten des Holzes)	In Anlehnung an Clemens, 2003
	Umweltauswirkungen		
7	Nachhaltige Wald-/Plantagebewirtschaftung	Nachhaltige Wald-/Plantagebewirtschaftung (d. h. ob Wald/Plantage nicht mehr Holz entnommen wird, als nachwächst)	Anderson und Hansen, 2004; Bumgardner und Bowe, 2002; Kalafatis et al., 1999; O'Brien und Teisl, 2004; Pieniak et al., 2013
8	CO_2-Fußabdruck	CO_2-Fußabdruck (Gesamtmenge an Treibhausgasemissionen, die bei der Herstellung und Lieferung eines Produktes anfallen)	Gadema und Oglethorpe, 2011; Salazar und Meil, 2009; Upham et al., 2011
Furnierte Spanplatte 1	*Recyclinganteil*	Anteil an Altholz	Achabou und Dekhili, 2013; Essoussi und Linton, 2010; Gleim et al., 2013; Tseng und Hung, 2013; Weinfurter und Eder, 2009
	Material		
9	Holzart	Holzart (z. B. Eiche, Buche, Nussbaum)	Bumgardner und Bowe, 2002; Kalafatis et al., 1999; Scholz und Decker, 2007; Veisten, 2007
10	Materialzusammensetzung	Materialzusammensetzung (Massivholz, holzpartikel- bzw. holzfaserbasierte Plattenwerkstoffe, Furniere etc.)	Anderson und Hansen, 2004; Jonsson et al., 2008; Tseng und Hung, 2013
11	Zusatzstoffe	Zusatzstoffe (z. B. chemische Zusätze, Lacke, Kleber)	Kehagia et al., 2007; Roos and Nyrud, 2008
12	Gesundheitliche Auswirkungen	Gesundheitliche Auswirkungen der verwendeten chemischen Zusätze	Clemens, 2003; Gleim et al., 2013; Gold und Rubik, 2009; Kehagia et al., 2007
13	Kommentare von Produzenten	Kommentare von Produzenten (z. B. Besonderheiten des Produktes, Montage-, Pflegehinweise)	Clemens, 2003
Furnierte Spanplatte 2	*Zusammensetzung des Furniers*	Zusammensetzung des Furniers (Holz oder Kunstfolie)	Jonsson et al., 2008
	Abbildung der Supply Chain		
14	Beteiligte Unternehmen	Betriebe, in denen der Rohstoff bis zum Produkt verarbeitet wurde	Folinas et al., 2006; Kehagia et al., 2007; Thompson et al., 2005
15	Datum des Holzeinschlages	Datumsangabe, wann der Holzeinschlag erfolgte	Clemens, 2003; Folinas et al., 2006
16	Datumsangabe (Verarbeitung)	Datumsangabe, wann eine Verarbeitung erfolgte	Clemens, 2003; Folinas et al., 2006

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang I: Umfrage zu Produktinformationen

Umfrage zu Produktinformationen

Vielen Dank für Ihr Interesse an dieser Online-Befragung, in der es um Produktinformationen geht! Bei mehreren Produkten ist es schon möglich, zusätzliche Informationen abzufragen (z. B. Herkunft und Nachverfolgung der Lieferkette). Dieser Service wird immer häufiger für Lebensmittelprodukte angeboten (z. B. Eier, Fisch- und Fleischprodukte). Dabei kann man detailliertere Produktinformationen erhalten, indem man auf eine Nummer zurückgreift, die sich auf der Verpackung befindet. Diese Studie soll nun untersuchen, ob detailliertere Produktinformationen aus Ihrer Sicht auch bei Holzprodukten abrufbar sein sollten.
Die Umfrage ist keine kommerzielle Marktforschungsstudie, sondern eine Befragung im Rahmen eines wissenschaftlichen Forschungsvorhabens und unterliegt deshalb den Standards guter wissenschaftlicher Praxis. Die Teilnahme ist freiwillig und kann jederzeit abgebrochen werden. Alle Daten werden vertraulich behandelt, anonym ausgewertet und nur in aggregierter Form (Mittelwerte etc.) weitergegeben.

Bei der Beantwortung der Fragen gibt es keine „richtige“ oder „falsche“ Antwort, sondern es geht um Ihre persönliche Meinung. Das Ausfüllen dauert insgesamt ca. 10 Minuten. Am Ende der Umfrage haben Sie außerdem die Möglichkeit, an einer Verlosung von zwei Amazon-Gutscheinen im Wert von je 15 Euro teilzunehmen. Wenn Sie nicht an der Verlosung teilnehmen möchten, brauchen Sie keine E-Mail-Adresse etc. anzugeben.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Shanna Appelhanz M.Sc. und Victoria-Sophie Osburg M.Sc.
DFG-Graduiertenkolleg 1703
Georg-August-Universität Göttingen

Bei Fragen zur Studie oder Umfrage können Sie uns gerne unter vosburg@uni-goettingen.de kontaktieren.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Informationen über QR-Code und ID-Nummer

Wenn man ein Produkt kaufen möchte, besteht oft der Wunsch, mehr Informationen über das Produkt und seine Herstellung zu erhalten. Im Folgenden werden zwei Möglichkeiten vorgestellt, wie ein Konsument vor Ort Produktinformationen zurückverfolgen kann: **Quick Response (QR)-Code** und **Identifikationsnummer (ID-Nummer)**. Der QR-Code steht für die zwei-dimensional gedruckte Kodierung, die auf der Produktverpackung angebracht wird (s. Abbildung). Während QR-Codes mit einem Smartphone und entsprechender App gescannt werden können, wird eine ID-Nummer über den Internet-Browser eingegeben. Dadurch wird es dem Konsumenten ermöglicht, vor Ort weiterführende Produktinformationen zu erhalten. Neben Smartphones können die Informationen im Geschäft auch über sogenannte Kiosk-Terminals (Computer) abgerufen werden: Dort besteht die Möglichkeit, zwischen QR-Code- oder manueller Eingabe auszuwählen (Eintippen der ID-Nummer, die auf der Verpackung vor dem QR-Code gedruckt ist).

QR-Code

ID-Nummer **(01) 03001234567898(10) 9876543210**

QR-Code und ID-Nummer auf der Verpackung

Im Folgenden geht es darum, welche Informationen Sie vor einem Produktkauf gerne zurückverfolgen würden.
Um die Umfrage zu starten, klicken Sie bitte auf den unten stehenden Pfeil.

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Produktinformationen von *Bücherregalen*. Hierbei gibt es immer zwei Produktvarianten, die betrachtet werden:

- **Massivholz-Bücherregal (Buche)**: Die Bestandteile sind Massivholz (Buche), Beize und Acryllack.
- **Bücherregal Buchenfurnier**: Die Bestandteile sind Spanplatte, Hartfaserplatte, Buchenfurnier, Papier und Acryllack.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Über QR-Code und ID-Nummer abrufbare Informationen

Unten sehen Sie eine Reihe an Aussagen über Informationen, die mittels eines QR-Codes oder einer ID-Nummer abgerufen werden können. Inwiefern treffen die folgenden Aussagen auf Sie zu?
Bitte bewerten Sie jede Information hinsichtlich der darüber stehenden Aussage von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 5 (trifft voll und ganz zu).

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die Verfügbarkeit von Informationen kann sich auf mehrere Faktoren auswirken. Zum einen können Informationen das **Vertrauen** beeinflussen, das man in ein Produkt hat. Zum anderen können Informationen die **Kaufbereitschaft** bestimmen. Bitte unterscheiden Sie im Folgenden zwischen diesen beiden Aspekten (Vertrauen und Kaufbereitschaft) und nehmen Sie zunächst eine Bewertung für das **Massivholz-Bücherregal (Buche)** vor.

	Die folgende Angabe würde mein Vertrauen in das Produkt erhöhen.			**Wenn ich die folgende Information hätte, würde ich das Produkt mit höherer Wahrscheinlichkeit kaufen.**		
	trifft überhaupt nicht zu (1)	…	trifft voll und ganz zu (5)	trifft überhaupt nicht zu (1)	…	trifft voll und ganz zu (5)
Land, aus dem das Holz kommt	○	○	○	○	○	○
Region, aus der das Holz kommt	○	○	○	○	○	○
Name des Betriebs, aus dem das Holz kommt	○	○	○	○	○	○
Angabe, ob das Holz aus einer **Plantage oder** einem **Wald** kommt	○	○	○	○	○	○
Bild von Wald oder Plantage, aus dem/der das Holz kommt	○	○	○	○	○	○
Datum des **Holzeinschlags**	○	○	○	○	○	○
Nachhaltige Waldbewirtschaftung (d. h. ob Wald/ Plantage nicht mehr Holz entnommen wird als nachwächst)	○	○	○	○	○	○
CO_2-Fußabdruck (Gesamtmenge an Treibhausgasemissionen, die bei der Herstellung und Lieferung eines Produktes anfallen)	○	○	○	○	○	○
Holzart (z. B. Eiche, Buche, Nussbaum)	○	○	○	○	○	○
Materialzusammensetzung (Massivholz, holzpartikel- bzw. holzfaserbasierte Plattenwerkstoffe, Furniere etc.)	○	○	○	○	○	○
Zusatzstoffe (z. B. chemische Zusätze, Lacke, Kleber)	○	○	○	○	○	○
Gesundheitliche Auswirkungen der chemischen Zusätze	○	○	○	○	○	○
Betriebe, in denen der Rohstoff bis zum Produkt verarbeitet wurde	○	○	○	○	○	○
Datumsangabe, wann eine Verarbeitung erfolgte	○	○	○	○	○	○
Kommentare von **Wald-/Plantagenbesitzern** (z. B. weiterführende Informationen zu Wald/Plantage, Besonderheiten des Holzes)	○	○	○	○	○	○
Kommentare von **Produzenten** (z. B. Besonderheiten des Produktes, Montage- und Pflegehinweise)	○	○	○	○	○	○

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Bitte nehmen Sie nun eine Bewertung für das **Bücherregal-Buchenfurnier** vor. Unterscheiden Sie dabei wieder zwischen **Vertrauen** und **Kaufbereitschaft**.

	Die folgende Angabe würde mein Vertrauen in das Produkt erhöhen.			**Wenn ich die folgende Information hätte, würde ich das Produkt mit höherer Wahrscheinlichkeit kaufen.**		
	trifft überhaupt nicht zu (1)	…	trifft voll und ganz zu (5)	trifft überhaupt nicht zu (1)	…	trifft voll und ganz zu (5)
Land, aus dem das Holz kommt	○	○	○	○	○	○
Region, aus der das Holz kommt	○	○	○	○	○	○
Name des Betriebs, aus dem das Holz kommt	○	○	○	○	○	○
Angabe, ob das Holz aus einer **Plantage oder** einem **Wald** kommt	○	○	○	○	○	○
Bild von Wald oder Plantage, aus dem/der das Holz kommt	○	○	○	○	○	○
Datum des **Holzeinschlags**	○	○	○	○	○	○
Nachhaltige Waldbewirtschaftung (d. h. ob Wald/Plantage nicht mehr Holz entnommen wird als nachwächst)	○	○	○	○	○	○
CO_2-Fußabdruck (Gesamtmenge an Treibhausgasemissionen, die bei der Herstellung und Lieferung eines Produktes anfallen)	○	○	○	○	○	○
Holzart (z. B. Eiche, Buche, Nussbaum)	○	○	○	○	○	○
Materialzusammensetzung (Massivholz, holzpartikel- bzw. holzfaserbasierte Plattenwerkstoffe, Furniere etc.)	○	○	○	○	○	○
Zusatzstoffe (z. B. chemische Zusätze, Lacke, Kleber)	○	○	○	○	○	○
Gesundheitliche Auswirkungen der chemischen Zusätze	○	○	○	○	○	○
Recyclinganteil bzw. Anteil an Altholz	○	○	○	○	○	○
Zusammensetzung des **Furniers** (Holz oder Kunstfolie)	○	○	○	○	○	○
Betriebe, in denen der Rohstoff bis zum Produkt verarbeitet wurde	○	○	○	○	○	○
Datumsangabe, wann eine Verarbeitung erfolgte	○	○	○	○	○	○
Kommentare von **Wald-/Plantagenbesitzern** (z. B. weiterführende Informationen zu Wald/ Plantage, Besonderheiten des Holzes)	○	○	○	○	○	○
Kommentare von **Produzenten** (z. B. Besonderheiten des Produktes, Montage-, Pflegehinweise)	○	○	○	○	○	○

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Zu den folgenden Informationen benötige ich zusätzliche Angaben, um den Informationsgehalt besser beurteilen zu können.

Ein Beispiel für die Information „CO_2-Fußabdruck“: Es wird nicht nur der Wert des gerade betrachteten Produktes angegeben, sondern auch der CO_2-Fußabdruck vergleichbarer Produkte oder branchenübliche Durchschnittswerte.

	trifft überhaupt nicht zu (1)	(2)	(3)	(4)	trifft voll und ganz zu (5)
Land, aus dem das Holz kommt	○	○	○	○	○
Region, aus der das Holz kommt	○	○	○	○	○
Name des Betriebs, aus dem das Holz kommt	○	○	○	○	○
Angabe, ob das Holz aus einer **Plantage oder** einem **Wald** kommt	○	○	○	○	○
Datum des **Holzeinschlags**	○	○	○	○	○
Nachhaltige Waldbewirtschaftung (d. h. ob Wald/Plantage nicht mehr Holz entnommen wird als nachwächst)	○	○	○	○	○
CO_2-Fußabdruck (Gesamtmenge an Treibhausgasemissionen, die bei der Herstellung und Lieferung eines Produktes anfallen)	○	○	○	○	○
Holzart (z. B. Eiche, Buche, Nussbaum)	○	○	○	○	○
Materialzusammensetzung (Massivholz, holzpartikel- bzw. holzfaserbasierte Plattenwerkstoffe, Furniere etc.)	○	○	○	○	○
Zusatzstoffe (z. B. chemische Zusätze, Lacke, Kleber)	○	○	○	○	○
Gesundheitliche Auswirkungen der chemischen Zusätze	○	○	○	○	○
Recyclinganteil bzw. Anteil an Altholz	○	○	○	○	○
Zusammensetzung des **Furniers** (Holz oder Kunstfolie)	○	○	○	○	○
Betriebe, in denen der Rohstoff bis zum Produkt verarbeitet wurde	○	○	○	○	○
Datumsangabe, wann eine Verarbeitung erfolgte	○	○	○	○	○

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Fragen zu QR-Code und ID-Nummern

1. Waren Sie mit *QR-Codes* schon vertraut, bevor Sie an dieser Umfrage teilgenommen haben?

   ○ nein ○ ja, vom Hörensagen ○ ja, ich nutze QR-Codes regelmäßig

2. Waren Sie mit *ID-Nummern* schon vertraut, bevor Sie an dieser Umfrage teilgenommen haben?

   ○ nein ○ ja, vom Hörensagen ○ ja, ich nutze ID-Nummern regelmäßig

3. Stellen Sie sich bitte vor, dass Sie sich für ein Bücherregal interessieren. Würden Sie dieses mit höherer Wahrscheinlichkeit kaufen, wenn eine Rückverfolgbarkeit des Produktes mittels *QR-Code* möglich wäre? *(5-stufige Likert-Skala, von 1-„nein“ bis 5-„ja“)*

4. Stellen Sie sich bitte vor, dass Sie sich für ein Bücherregal interessieren. Würden Sie dieses mit höherer Wahrscheinlichkeit kaufen, wenn eine Rückverfolgbarkeit des Produktes mittels *ID-Nummer* möglich wäre? *(5-stufige Likert-Skala, von 1-„nein“ bis 5-„ja“)*

5. Wenn Sie die Wahl zwischen der Nutzung von *QR-Codes* oder *ID-Nummern* hätten, wofür würden Sie sich entscheiden?

   ○ QR-Codes ○ ID-Nummern ○ keines von beidem

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

6. Eine Kaufentscheidung hängt von vielen Faktoren ab. Bitte nehmen Sie nun eine Bewertung vor, wie wichtig die folgenden Merkmale für Sie sind, wenn Sie sich ein Bücherregal kaufen würden.

	Überhaupt nicht wichtig (1)	(2)	(3)	(4)	sehr wichtig (5)
Qualität	○	○	○	○	○
Aussehen	○	○	○	○	○
Preis	○	○	○	○	○
Marke	○	○	○	○	○
Langlebigkeit	○	○	○	○	○
Garantie	○	○	○	○	○
Zertifizierung	○	○	○	○	○
Umweltbelastung durch das Produkt	○	○	○	○	○
Zugang zu detaillierten Produktinformationen (d. h. die Produktinformationen, die Sie im Rahmen der Umfrage betrachtet haben)	○	○	○	○	○

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Angaben zu Ihrer Person

Abschließend bitten wir Sie um einige Angaben zu Ihrer Person.

1. Geschlecht ○ männlich ○ weiblich

2. Alter ✍_____ Jahre

3. Bundesland *Falls Sie nicht aus Deutschland kommen, geben Sie bitte das Land an, in dem Sie wohnen.* (Combo-Box der Bundesländer, Österreich, Schweiz, anderes Land)

4. Beruf

○ Schüler/in oder Auszubildende/r ○ Student/in ○ Erwerbstätige/r ○ Hausfrau/ Hausmann
○ Arbeitssuchend ○ Rentner/in ○ Sonstiges

5. Anmerkungen zur Umfrage

✍_____
_____

6. E-Mail-Adresse *(nur, wenn Sie an der Verlosung teilnehmen möchten)*

✍_____
_____

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Sie können das Fenster nun schließen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang J: Umfrage zu Beschaffungsunsicherheiten bei Rundholz/Stammholzverarbeitern

Vielen Dank für Ihr Interesse an dieser Online-Befragung, die im Rahmen des Forschungsprojektes des Graduiertenkollegs 1703 „Ressourceneffizienz in Unternehmensnetzwerken“ durchgeführt wird. Das Ziel des Graduiertenkollegs ist die Entwicklung von Methoden zur Verbesserung der Ressourceneffizienz insbesondere bei nachwachsenden Rohstoffen wie Holz.

Im Mittelpunkt der aktuellen Studie stehen Beschaffungsunsicherheiten. Unter Beschaffungsunsicherheiten werden dabei alle Abweichungen in Qualität, Quantität und Zeitpunkt der geplanten Rundholz/Stammholz-Lieferung verstanden (z. B. Defekte am Baum, die während des Wachstums oder Holzeinschlages entstanden sind, Holzfäule durch Pilzbefall bei Lagerung auf der Waldstraße, Diebstahl oder Brand von Rundholz/Stammholz während des Transportes, zeitliche Verzögerung der Lieferung aufgrund des Ausfalls vom Transportmittel etc.). Die Studie soll u. a. untersuchen, inwiefern Rundholz/Stammholzverarbeiter von diesen Abweichungen betroffen sind und welche Strategien zum Einsatz kommen können, um wirkungsvoll darauf zu reagieren.

Die Umfrage unterliegt den Standards guter wissenschaftlicher Praxis. Die Teilnahme ist freiwillig und kann jederzeit abgebrochen werden. Alle Daten werden vertraulich behandelt und anonym ausgewertet.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!
Shanna Appelhanz M.Sc.
DFG-Graduiertenkolleg 1703
Georg-August-Universität Göttingen

Bei Fragen zur Studie oder Umfrage können Sie mich gerne unter *sappelh@uni-goettingen.de* kontaktieren.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Information zu Ihrer Lieferkette

F.1: In welchem Bereich der Rundholz/Stammholzverarbeitung ist Ihr Unternehmen tätig? [Mehrfachantworten sind möglich]
☐ Sägeindustrie
☐ Furnierindustrie
☐ Anderes: _____

F.2: Woher beziehen Sie Rundholz/Stammholz für Ihre Produktion? [Mehrfachantworten sind möglich]
☐ Eigenanbau
☐ Ein fester Vertragspartner
☐ Mehrere feste Vertragspartner
☐ Wechselnde Lieferanten
☐ Anderes: _____

F.3: Wie groß ist die ungefähre Reichweite des Gebiets, aus dem Ihr Unternehmen Rundholz/Stammholz [Mehrfachantworten sind möglich] **bezieht, gemessen von Ihrem Produktionsstandort aus? (Bei mehreren Produktionsstandorten bitte vom Hauptstandort aus angeben, bei mehreren Lieferanten Mehrfachauswahl**
☐ Lokal
☐ Regional
☐ Aus dem eigenen Bundesland
☐ National
☐ International. **Falls ja, aus welchem Land/welchen Ländern kommt Rundholz/Stammholz?** _____

F.4: Werden von Ihrem Unternehmen Konzepte oder Modelle (z. B. Just-in-Time-Belieferung, Supply Chain Operations Reference Modell, Vendor Managed Inventory etc.) zur organisatorischen Unterstützung einer reibungslosen Lieferkette eingesetzt?
☐ Ja
☐ Nein

Falls ja: Welche Konzepte und Modelle werden von Ihrem Unternehmen zur organisatorischen Unterstützung einer reibungslosen Lieferkette eingesetzt? [Mehrfachantworten möglich]
☐ Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR)
☐ Efficient Consumer Response (ECR)
☐ Vendor Managed Inventory (VMI)
☐ Supply Chain Operations Reference Modell (SCOR-Modell)
☐ Just-in-Time-Belieferung
☐ Sonstige: _____
☐ Keine

F.5: Werden von Ihrem Unternehmen zur technischen Unterstützung einer reibungslosen Lieferkette Informationssysteme (IS) eingesetzt?
☐ Ja
☐ Nein

Falls ja: Welche Informationssysteme (IS) werden von Ihrem Unternehmen zur technischen Unterstützung einer reibungslosen Lieferkette eingesetzt? [Mehrfachantworten möglich]
☐ Spezialisiertes Informationssystem für die zielgerichtete Gestaltung der Lieferkette (Supply Chain Configuration (SCC) Systeme)

☐ Spezialisiertes Informationssystem für die Leistungsprogrammplanung in der Lieferkette (Supply Chain Planning (SCP) Systeme)

☐ Spezialisiertes Informationssystem für die Realisierung der festgelegten Leistungsprogramme in der Lieferkette (Supply Chain Execution (SCE) Systeme)

☐ Spezialisiertes Informationssystem für Überwachung, Kontrolle und Management der besonders relevanten Ereignisse in der Lieferkette (Supply Chain Event Management (SCEM)-System). **Falls ja: Welche Ereignisse (Event) sind während der Beschaffung kritisch?** _____

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

☐ Erweiterte Funktionalität bei bestehenden Informationssystemen, insbesondere IS für Produktionsplanung und Steuerung (z. B. Enterprise Resource Planning (ERP)-Systeme)

☐ Rückverfolgbarkeitssysteme (Tracking&Tracing-Systeme)

☐ Andere: _____

☐ Keine

F.6: Besteht ein Datenaustausch zwischen den Teilnehmern der Lieferkette?
☐ Ja
☐ Nein
Falls ja: Welche Technologien werden von Ihrem Unternehmen zur Unterstützung des reibungslosen Datenaustausches entlang der Lieferkette eingesetzt? [Mehrfachantworten möglich]
☐ Electronic Data Interchange

☐ Webformulare für Lieferanten

☐ Fax/E-Mail

☐ Andere: _____

☐ Keine

Falls ja: Welche Daten werden ausgetauscht?

_____

Unsicherheiten

F.7: Entstehen Unsicherheiten während der Beschaffung von Rundholz/Stammholz in Ihrer Lieferkette (z. B. Abweichungen der geplanten Qualität und Menge, verspätete Lieferung, unerwartete Störfälle)?
☐ Ja
☐ Nein. Dann sofort zum Block **Abschluss**

F.7.1: Falls ja: Wie bewerten Sie die Relevanz der folgenden Beschaffungsunsicherheiten für Ihr Unternehmen?

	überhaupt nicht relevant (1)	(2)	(3)	(4)	Sehr relevant (5)
Verschlechterte Qualität (z. B. Holzfäule durch Pilzbefall bei Lagerung)	○	○	○	○	○
Geringere Mengen (z. B. Diebstahl oder Brand bei Transport)	○	○	○	○	○
Verspätete Lieferungen (z. B. Verzögerung des Transports aufgrund des Ausfalls des Transportmittels)	○	○	○	○	○
Erhöhte Kosten (z. B. Erhöhung der Transportkosten oder Fallen des Marktpreises)	○	○	○	○	○
Anderes (optional):	○	○	○	○	○

F.7.2 Falls ja: An welcher Stelle der Lieferkette sehen Sie die Hauptursache für die Unsicherheit?
☐ Bei der Rundholz/Stammholz-Herstellung (Forstbetriebe)
☐ Beim Transport
☐ Bei Lagerung

F.7.3: Falls ja: Haben diese Unsicherheiten zu ernsthaften negativen Folgen in Ihrem Unternehmen geführt?
☐ Ja. Falls ja, dann werden die Fragen A-F angezeigt.
☐ Nein. Falls Nein, dann zu Frage F.B1 und weiter bei Bedarf Fragen C-F.

F.A. Zu welchen Folgen haben diese Unsicherheiten geführt? [Mehrfachantworten möglich]
☐ Einschränkung der Produktion

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

☐ Produktionsstillstand
☐ Lieferstopp
☐ Herstellung alternativer Produkte (z. B. von geringerer Qualität)
☐ Suche neuer Lieferanten
☐ Anderes: _____

F.B Wie beurteilen Sie die Eignung der folgenden Strategien, um wirkungsvoll auf die Unsicherheiten zu reagieren und somit die Folgen zu verringern? Teilen Sie bitte auch mit, ob die jeweilige Strategie in Ihrem Unternehmen zur Anwendung kommt.

F.B1: Wie beurteilen Sie die Eignung der folgenden Strategien, um wirkungsvoll auf die Unsicherheiten zu reagieren?* Teilen *Sie bitte auch mit, ob die jeweilige Strategie in Ihrem Unternehmen zur Anwendung kommt.

	Überhaupt nicht geeignet 1	2	3	4	Voll und ganz geeignet 5	**Kommt die jeweilige Strategie in Ihrem Unternehmen zur Anwendung?**	
						Ja	**Nein**
Kooperation mit mehreren Lieferanten	○	○	○	○	○	○	○
Kurzfristiges Erhöhen/Senken der Bestellmengen	○	○	○	○	○	○	○
Einrichtung von Pufferlagern	○	○	○	○	○	○	○
Zeitliche Anpassung der Liefertermine	○	○	○	○	○	○	○
Flexible Produktion einschließlich Änderungen in der Ablaufplanung und im Produktionsmix (mit Plänen zur Herstellung alternativer Produkte)	○	○	○	○	○	○	○
Anpassung der Produktionskapazität	○	○	○	○	○	○	○
IT-gestützte Produktionsplanung mit Szenarienentwicklung und Forecasting	○	○	○	○	○	○	○
IT-gestützte Anpassung der Reaktionsfähigkeit (z. B. durch Supply Chain Event Management-Systeme)	○	○	○	○	○	○	○
Vor- und Nacharbeit zur Qualitätsverbesserung	○	○	○	○	○	○	○
Anpassung der Auslieferungsmenge für Kunden	○	○	○	○	○	○	○
Vertragliche Absicherung	○	○	○	○	○	○	○
Kombinieren von lang- und kurzfristigen Lieferantenverträgen	○	○	○	○	○	○	○
Nutzung von Informationssystemen zum Austausch von unsicherheitsrelevanten Aspekten (Erhöhung der Transparenz über die Prozesse in der Lieferkette z. B. mit Rückverfolgbarkeitssystemen)	○	○	○	○	○	○	○

F. C: <u>Falls die Strategie IT-gestützte Produktionsplanung, IT-gestützte Anpassung der Reaktionsfähigkeit oder Nutzung von Informationssystemen zum Austausch von unsicherheitsrelevanten Aspekten zur Anwendung kommt:</u> Welche Informationssysteme werden von Ihrem Unternehmen zur wirkungsvollen Reaktion auf Unsicherheiten eingesetzt?

☐ Manufacturing Resource Planning (MRP I oder II)-Systeme
☐ Enterprise Resource Planning (ERP)-Systeme
☐ Manufacturing Execution System (MES)
☐ Advanced Planning and Scheduling (APS)-Systeme
<u>[Dynamische Anzeige von in Frage 6 ausgewählten IS]</u>

☐ Spezialisiertes Informationssystem für die zielgerichtete Gestaltung der Lieferkette (Supply Chain Configuration (SCC)-Systeme)

☐ Spezialisiertes Informationssystem für die Leistungsprogrammplanung in der Lieferkette (Supply Chain Planning (SCP)-Systeme)

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

☐ Spezialisiertes Informationssystem für die Realisierung der festgelegten Leistungsprogramme in der Lieferkette (Supply Chain Execution (SCE)-Systeme)

☐ Spezialisiertes Informationssystem für Überwachung, Kontrolle und Management der besonders relevanten Ereignisse in der Lieferkette (Supply Chain Event Management (SCEM)-System). Falls ja: Welche Ereignisse (Event) sind während der Beschaffung kritisch? _____

☐ Erweiterte Funktionalität bei bestehenden Informationssystemen, insbesondere IS für Produktionsplanung und Steuerung (z. B. Enterprise Resource Planning (ERP)-Systeme)

☐ Rückverfolgbarkeitssysteme (Tracking&Tracing-Systeme)

☐ Andere: _____

F.D: Wie beurteilen Sie die Relevanz der folgenden Vorabinformationen?

	überhaupt nicht relevant (1)	(2)	(3)	(4)	Sehr relevant (5)
Mengenbezogene Angaben (z. B. Volumen, Länge, Diameter) sofort nach dem Holzeinschlag	○	○	○	○	○
Qualitätsbezogene Angaben (z. B. Holzklasse, Abholzung, Dichte) sofort nach dem Holzeinschlag	○	○	○	○	○
Mengenbezogene Angaben (z. B. Volumen, Länge, Diameter) nach der Kommissionierung (Zusammenstellung der Lieferung)	○	○	○	○	○
Qualitätsbezogene Angaben (z. B. Holzklasse, Krümmung, Dichte) nach der Kommissionierung	○	○	○	○	○
Information über den Lieferzeitpunkt nach der Kommissionierung	○	○	○	○	○
Information über Reduktion der Menge während der Lagerung und des Transportes	○	○	○	○	○
Information über Minderung der Qualität während der Lagerung und des Transportes	○	○	○	○	○
Information über Lieferungsverspätung	○	○	○	○	○

F.E: <u>Falls qualitätsbezogenen Angaben relevant sind (Spalten 3, 4 oder 5 ausgewählt):</u> Welche qualitätsbezogenen Vorabinformationen sind für Ihr Unternehmen relevant? [Mehrfachantworten möglich]

☐ Baumart
☐ Standort
☐ Dicke der Rinde
☐ Dichte
☐ Krümmung des Holstückes
☐ Zeit des Holzeinschlages
☐ Diameter des Holstückes
☐ Länge des Holzstückes
☐ Fäule
☐ Anzahl der Jahresringe
☐ Jahresringbreite
☐ Drehwuchs
☐ Ästigkeit
☐ Beulen
☐ Ovalität (unrundes Holzstück)
☐ Defekte am Baum, die während des Wachstums oder Holzeinschlages entstanden sind (Kallus, Narben, Insektengänge)
☐ Stärkeklasse
☐ Abholzung
☐ Güteklasse
☐ Harzgallen
☐ Anderes: _____

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Abschluss

F.8: Wie viele Mitarbeiter sind in Ihrem Unternehmen beschäftigt?

☐ 1 - 49 Beschäftigte

☐ 50 - 199 Beschäftigte

☐ 200 - 499 Beschäftigte

☐ 500 - 999 Beschäftigte

☐ 1.000 und mehr Beschäftigte

☐ Keine Angabe

F.9: Wie hoch ist der jährliche Umsatz Ihres Unternehmens?

☐ < 50.000 €

☐ 50.000 - 100.000 €

☐ 100.000 - 500.000 €

☐ 500.000 - 1.000.000 €

☐ 1.000.000 - 5.000.000 €

☐ 5.000.000 - 10.000.000 €

☐ > 10.000.000 €

☐ Keine Angabe

F.10: Bitte geben Sie an, ob Sie ein Interesse an weiteren Schritten bzgl. der vorliegenden Studie haben.

☐ Ich bin bereit, die weiteren Fragen im Rahmen eines Interviews zu beantworten

☐ Ich möchte nach Beendigung der Studie die Forschungsergebnisse einsehen

[Falls einer oder beide Punkte angekreuzt sind, dann]

Email-Adresse: _____

☐ Kein Interesse

F.11: Haben Sie noch Anmerkungen? _____

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang K: Beschreibung der Partnerschaftsstrategien in Supply Chains

Partnerschafts-strategie	Beschreibung
Just-in-time (JIT)	JIT ist das Bestandsversorgungssystem, welches eine Verschiebung von der älteren „just in case"-Strategie ermöglicht, bei der Hersteller große Vorräte lagern müssen, um eine höhere Nachfrage zu erfüllen. Der Wareneingang bei der JIT-Strategie erfolgt erst dann, wenn die Inputressourcen in den Produktionsprozessen benötigt werden, wodurch Lagerkosten reduziert werden können (hier und im folgenden Gunasekaran 1999, S. 77 ff.). Diese Strategie ermöglicht die Verringerung der Wiederbeschaffungszeit durch den Einsatz von Lieferanten in der Nähe des Herstellers und durch die Bestellung kleiner Mengen, was wiederum die Lieferantenarbeitsbelastung pro Periode reduziert. Das Konzept basiert auf der Idee, dass die Materialflüsse von komplementären Informationsflüssen begleitet werden.
Vendor Managed Inventory (VMI)	VMI ist eine Supply-Chain-Strategie, bei welcher der Verkäufer oder Lieferant die Verantwortung für die Verwaltung der Kundenlager übernimmt (vgl. Disney/Towill,2003, S. 201). Der Lieferant plant die Liefermenge und -zeit selbständig. Im Gegenzug stellt der Kunde Informationen, wie Absatzzahlen, geplante Marketingmaßnahmen, ihre eigenen Prognosen, Marktanalyse usw., zur Verfügung (vgl. Yao et al. 2007, S. 663).
Efficient Consumer Response (ECR)	ECR basiert auf dem besseren Verständnis der Verbraucherbedürfnisse und ermöglicht es somit, die Zufriedenheit der Verbraucher zu maximieren und Kosten zu minimieren (hier und im folgenden Svensson 2002, S. 508 f.). ECR umfasst vier Strategien mit folgenden Zielen: Efficient Replenishment (Optimierung der Güterversorgung), Efficient Store Assortments (Steigerung der Produktivität der Vorräte und der Ladenflächen an der Kundenschnittstelle), Efficient Promotion (effiziente Verkaufsförderung) und Efficient Product Introduction (Reduktion der Reaktionszeiten zu Beginn der Einführung eines neuen Produkts). Das Konzept basiert auf dem standardisierten elektronischen Datenaustausch, z. B. von Verkaufsdaten.
Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR)	CPFR ist eine Strategie zur Koordination von verschiedenen Aktivitäten, einschließlich Produktions- und Einkaufsplanung, Bedarfsprognosen und Bestandsauffüllung zwischen Supply Chain-Partnern (hier und im Folgenden Fliedner 2003, S. 14 ff.) Wie aus dem Namen hervorgeht, umfasst das Modell drei Stufen: Vereinbarung über Partnerschaftsbedingungen und gemeinsame Geschäftsplanung (Planning), Erstellung von gemeinsamen Vorhersagen und den Austausch von Prognosen (Forecasting), Organisation der Lieferung von Waren auf der Grundlage der erstellten Bedarfsprognose (Nachschub). Die Umsetzung der CPFR setzt die Existenz einen intensiven elektronischen (meistens web-basierten) Informationsaustausches voraus.
Supply-Chain Operations Reference (SCOR) model	Das SCOR-Modell bietet einen Rahmen für die Charakterisierung von Supply-Chain-Management-Praktiken und Verfahren an, um Best-in-Class-Performance zu erreichen (vgl. Lockamy III/McCormack 2004, S. 1192). Das SCOR-Modell enthält vier Ebenen (vgl. Li et al. 2011, S. 35): Ebene 1 definiert den Umfang und Inhalt einer Lieferkette und schließt fünf Kernmanagement-Prozesse ein: Planung, Beschaffung, Herstellung, Lieferung und Rückführung; Ebene 2 spezifiziert die Konfiguration der Prozesse im Einklang mit Operationsstrategien auf der Basis von Prozesskategorien; Ebene 3 verfeinert jede Prozess-Kategorie in Elemente, wobei eine weitere Aufspaltung in Aktivitäten während der praktischen Implementierungen möglich ist; Ebene 4 ist eine Durchführungsphase, die außerhalb des aktuellen Bereichs liegt.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang L: Produktsicherheitsrichtlinien[87]

Die Richtlinie 2001/95/EG regelt die allgemeine Produktsicherheit in der EU. Sie soll ein hohes Verbraucherschutzniveau bzgl. der Gesundheit und der Sicherheit der Verbraucher gewährleisten (vgl. Grund 4 der Richtlinie 2001/95/EG). In Artikel 5 dieser Richtlinie werden die Verpflichtungen der Hersteller und Händler festgelegt, im Rahmen ihrer Geschäftstätigkeit Maßnahmen zu treffen, um Gefahren für Verbraucher zu vermeiden und zweckmäßige Vorkehrungen diesbezüglich durchzuführen. Solche Vorkehrungen sind zu verstehen „einschließlich der Rücknahme vom Markt, der angemessenen und wirksamen Warnung der Verbraucher und des Rückrufs beim Verbraucher“ (Absatz 1 Unterabsatz 3 Buchstabe b Artikel 5 der Richtlinie 2001/95/EG). Um die Maßnahmen zu ermöglichen, sind „die Angabe des Herstellers und seiner Adresse auf dem Produkt oder auf dessen Verpackung sowie die Kennzeichnung des Produkts oder gegebenenfalls des Produktpostens, zu dem es gehört“, erforderlich (Absatz 1 Unterabsatz 4 Buchstabe a Artikel 5 der Richtlinie 2001/95/EG). Die Händler sind aufgefordert, alle benötigten Dokumente für die (Rück-)Verfolgung der Produkte aufzubewahren und bei Bedarf bereitzustellen

Die Richtlinie wird aktuell in Deutschland durch das Gesetz über die Bereitstellung der Produkte auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz – ProdSG) umgesetzt. Das Gesetz gilt u. a. für alle Produkte, die zum ersten Mal auf den Markt gebracht oder zum ersten Mal verwendet werden (vgl. Absatz 1 Artikel 1 des ProdSG). Dem Gesetz zufolge darf ein Produkt nur bereitgestellt werden, wenn es bei der Verwendung die Sicherheit und Gesundheit von Personen nicht gefährdet (vgl. Absatz 1 Punkt 2 Artikel 3 des ProdSG). Bei der Beurteilung, ob ein Produkt bereitgestellt werden darf, sind u. a. folgende Aspekte zu berücksichtigen: „seine Kennzeichnung, die Warnhinweise, die Gebrauchs- und Bedienungsanleitung, die Angaben zu seiner Beseitigung sowie alle sonstigen produktbezogenen Angaben oder Informationen“ (vgl. Absatz 2 Punkt 4 Artikel 3 des ProdSG). Der Erwägungsgrund 25 der Richtlinie 2001/95/EG erwähnt das gemeinschaftliche System zum raschen Informationsaustausch- Rapid Exchange of Information System (RAPEX). Die Kommunikation zwischen deutschen Marktüberwachungsbehörden und der Europäischen Kommission sowie den Marktüberwachungsbehörden der anderen EU-Länder mithilfe von RAPEX wird mit Artikel 30 des ProdSG geregelt.

Die bestimmten Produktarten müssen nicht nur der allgemeinen Produktsicherheitsrichtlinie, sondern auch weiteren spezifischeren Vorschriften genügen. Sie werden entweder in den harmonisierten oder in den nicht harmonisierten Bereich eingeordnet. Während die Produktgruppen im harmonisierten Bereich zentral auf der EU-Ebene geregelt werden, gelten für die Produktgruppen im nicht harmonisierten Bereich die nationalen Regelungen der EU-Länder. Produkte wie bspw. Bauprodukte (Verordnung Europäische Union (EU) 305/2011), Spielzeuge (Richtlinie 2009/48/EG) oder Lebensmittelkontaktmaterialien (Verordnung (EG) 1935/2004), die in den Anwendungsbereich der EU-Harmonisierungsvorschriften fallen, müssen die dort festgelegten grundlegenden Anforderungen erfüllen: In der Regel muss eine Konformitätsbewertung durchgeführt werden, technische Unterlagen für den Nachweis darüber und eine EG-Konformitätserklärung müssen ausgestellt sowie die

[87] Anhang L ist teilweise aus dem Projektstudium LE ET AL. (2015) entnommen, welches unter Betreuung des Autors dieser Arbeit entstanden ist.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

CE-Kennzeichnung angebracht werden (hier und im Folgenden StMWi 2012, S. 2 f.). Der Beschluss 768/2008/EG des europäischen Parlaments und des Rates bestimmt die allgemeinen Grundsätze und Musterbestimmungen für künftige produktgruppenspezifische Harmonisierungsvorschriften der Gemeinschaft. Mit diesem Beschluss wird ein gemeinsamer Rechtsrahmen für die Vermarktung von sicheren Produkten gesetzt. Deswegen ähnelt der Inhalt der Harmonisierungsvorschriften den Musterbestimmungen des Beschlusses 768/2008/EG. Alle Wirtschaftsakteure müssen im Falle der Nichtkonformität eines Produkts entsprechende Korrekturmaßnahmen wie die Kontaktaufnahme mit den Kunden, die betroffene Produkte erworben haben, sowie die Rücknahme bzw. den Rückruf der Produkte ergreifen oder an diesen mitwirken (vgl. Absatz 8 Artikel R2 Beschluss 768/2008/EG; Unterabsatz c Absatz 2 Artikel R3 Beschluss 768/2008/EG; Absatz 7 Artikel R4 Beschluss 768/2008/EG; Absatz 4 Artikel R5 Beschluss 768/2008/EG). Gemäß Absatz 2 und 3 Artikel 1 haften alle Wirtschaftsakteure nicht nur für die Konformität ihrer Produkte, sondern auch für die Richtigkeit und Vollständigkeit aller angegebenen Informationen. In Anhang I „Musterbestimmungen für Harmonisierungsrechtsvorschriften der Gemeinschaft für Produkte“ werden u. a. die Rückverfolgbarkeitspflichten der Wirtschaftsakteure festgelegt:

- Produktidentifikation. Hersteller werden aufgefordert, „dass ihre Produkte eine Typen-, Chargen- oder Seriennummer oder ein anderes Kennzeichen zu ihrer Identifikation tragen, oder, falls dies aufgrund der Größe oder Art des Produkts nicht möglich ist, dass die erforderlichen Informationen auf der Verpackung oder in den dem Produkt beigefügten Unterlagen angegeben werden“ (Absatz 5 Artikel R2 des Anhanges I des Beschlusses 768/2008/EG).
- Identifikation des Herstellers und/oder Einführers. Diese Wirtschaftsakteure werden aufgefordert, „ihren Namen, ihren eingetragenen Handelsnamen oder ihre eingetragene Handelsmarke und ihre Kontaktanschrift entweder auf dem Produkt selbst oder, wenn dies nicht möglich ist, auf der Verpackung oder in den dem Produkt beigefügten Unterlagen anzugeben (Absatz 6 Artikel R2; Absatz 3 Artikel R4 des Anhanges I des Beschlusses 768/2008/EG).
- Identifikation der Wirtschaftsakteure entlang der Supply Chain. Jeder Wirtschaftsakteur muss benennen können, von welchen Akteuren welches Produkt bezogen oder an welche Akteure welches Produkt geliefert wurde (vgl. Artikel R7 des Beschlusses 768/2008/EG). Somit wird die „One step up – One step down”- Rückverfolgbarkeit angesprochen, die auf der sequenziellen Informationsweitergabe basiert (vgl. European Commission 2012, S. 9 ff.).
- Erstellung und Aufbewahrung von technischen Dokumentationen, Konformitätserklärungen und Gebrauchsanweisungen. Für die Erstellung der notwendigen Dokumenten für alle in Verkehr gebrachten Produkte ist der Hersteller zuständig (vgl. Absatz 3, 7 und 9 Artikel R2 Beschlusses 768/2008/EG). Das Aufbewahren sowie das Aushändigen von Dokumenten auf Verlangen von Behörden ist Pflicht für alle Wirtschaftssubjekte (vgl. Unterabsatz c Absatz 2 Artikel R3 Beschlusses 768/2008/EG; Absätze 8 und 9 Artikel R4 Beschlusses 768/2008/EG; Absatz 5 Artikel R5 Beschlusses 768/2008/EG).

Zum nicht harmonisierten Bereich gehören Produktgruppen wie Möbel oder Schreibwaren, für welche neben der Grundprinzipien der allgemeinen Produktsicherheit nationale Vorschriften gelten, die nach dem EU-Vertrag und der Verordnung (EG) 764/2008 gegenseitig anerkannt werden müs-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

sen. Als Voraussetzung für die Vermarktung der Produkte aus dem nicht harmonisierten Bereich gilt in Deutschland das ProdSG.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang M: Holzhandelsrichtlinien[88]

In Unterkapitel 2.2.3.3 wurden bereits die gravierenden ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen des illegalen Holzeinschlags dargestellt. Um den Ursachen dieser negativen Folgen entgegenzuwirken, wurden bereits mehrere rechtliche Vorschriften erlassen, zum Zweck, **den Holzhandel zu regeln und eine Marktbarriere für illegales Holz einzurichten** (vgl. IPD 2014, S. 4 ff.): erstes weltweit geltendes Übereinkommen über den internationalen Handel mit gefährdeten Arten freilebender Tiere und Pflanzen (engl. Convention on International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora – CITES); EU-Aktionsplan über die Rechtsdurchsetzung, die Politikgestaltung und den Handel im Forstsektor (engl. Forest Law Enforcement, Governance and Trade – FLEGT); EU-Holzhandelsverordnung. Im Weiteren werden die drei Verordnungen kurz erläutert.

CITES

In der Europäischen Union wurde CITES mit der Verordnung (EG) 338/97 umgesetzt. Je nach Gefährdungsgrad werden die Arten im EU-Recht in vier unterschiedlichen Anhängen aufgeführt. Diese Anhänge werden alle zwei Jahre auf der Vertragsstaatenkonferenz zum Washingtoner Artenschutzübereinkommen aktualisiert (vgl. BfN o. Jg.a). Die Verordnung regelt dabei Ein- und Ausfuhr der in den Anhängen aufgeführten Arten (s. nachfolge Tabelle).

Anhang Beschreibung	Einfuhrregelungen	Ausfuhrregelungen
Anhang A enthält von der Ausrottung bedrohte Arten sowie Arten, die nach Ansicht der EU im internationalen Handel so gefragt sind, dass jeglicher Handel das Überleben der Art gefährden würde	Nach vorheriger Erteilung einer Einfuhrgenehmigung durch die zuständige Vollzugsbehörde bei der Vorlage der entsprechenden Ausfuhrdokumente des Ausfuhrstaates	Mit einer Ausfuhrgenehmigung oder Wiederausfuhrbescheinigung der zuständigen Vollzugsbehörde, welche der abfertigenden Zollstelle vorzulegen sind
Anhang B enthält die Arten, deren Erhaltungssituation zumeist noch eine geordnete wirtschaftliche Nutzung unter wissenschaftlicher Kontrolle zulässt, und die Arten, die international in solchen Mengen gehandelt werden, dass diese das Überleben der Art oder von Populationen in bestimmten Ländern gefährden können.		
Anhang C enthält national reglementierte Arten oder Populationen, für deren Schutz eine internationale Kontrolle notwendig erscheint, soweit diese Arten nicht bereits in Anhang A oder B bzw. wegen Vorbehalts der EU in Anhang D aufgeführt werden.	Mit vorbereiteter Einfuhrmeldung auf festgelegtem Vordruck und Ausfuhrdokumenten des Ausfuhrstaates	
Anhang D enthält die Arten, die zwar handelsrelevant sind, aber noch nicht unter die internationalen Schutzkategorien fallen. Bei diesen Arten rechtfertigt der Umfang der Einfuhren in die Europäische Union eine mengenmäßige Überwachung, um bei Bedarf eine stärkere Unterschutzstellung herzuleiten.	Mit vorbereiteter Einfuhrmeldung auf festgelegtem Vordruck	Ohne Vorlage von Dokumenten

Tabelle: CITES-Umsetzung in EU

[88] Anhang M ist teilweise aus dem Projektstudium LE ET AL. (2015) entnommen, welches unter Betreuung des Autors dieser Arbeit entstanden ist.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Im EU-Recht werden auch deren innergemeinschaftliche Vermarktung und Kennzeichnungspflichten in diesem Zusammenhang geregelt. Für die Exemplare aus dem Anhang A und B gilt ein EU-weites einheitliches Vermarktungsverbot, wobei für die Arten aus dem Anhang A eine behördliche Ausnahme vom Vermarktungsverbot ausgestellt werden soll und für die Arten aus dem Anhang B ein Nachweis darüber erforderlich ist, dass sie rechtmäßig in die EU eingeführt oder rechtmäßig in der EU erworben wurden (vgl. BfN o. Jg.a).

Mit CITES wird ausschließlich der Handel mit vom Aussterben bedrohten Tier- und Pflanzenarten geregelt. Um den Handel mit Pflanzenarten, die nicht in den Anhängen der CITES-Verordnung erwähnt sind, zu regeln, sind weitere rechtliche Vorgaben erforderlich. So entstand der Aktionsplan FLEGT zur Bekämpfung des Handels mit illegal geschlagenem Holz.

FLEGT

FLEGT hat zum Ziel, mit Legalitätsnachweisen für eingeschlagenes Holz sowie mit freiwilligen Partnerschaftsabkommen (engl. Voluntary Partnership Agreements – VPA) mit den Erzeugerländern außerhalb der EU legale und nachhaltige Waldwirtschaft zu fördern (vgl. IPD 2014, S. 5). Eine VPA soll sicherstellen, dass Holz und Holzerzeugnisse in die EU aus legalen Quellen importiert werden (vgl. EU FLEGT Facility o. Jg.a). Es handelt sich um bilaterale Abkommen, welche für jedes Land einzeln ausgehandelt und umgesetzt werden, wobei die EU technische Unterstützung leistet (vgl. EU FLEGT Facility o. Jg.b). Zum heutigen Tag befinden sich VPAs in der Phase der Aushandlungen mit der Elfenbeinküste, der Demokratischen Republik Kongo, Gabun, Guyana, Honduras, Laos, Malaysia, Thailand, Vietnam (vgl. EU FLEGT Facility o. Jg.c). Die VPAs wurden abgeschlossen und sind in der Phase der Implementierung in Ländern wie Kamerun, Zentralafrikanische Republik, Ghana, Indonesien, Liberia, Republik Kongo. Weitere elf Länder in Afrika, Asien und Mittel- und Südamerika haben ein Interesse an den VPAs gezeigt.

Die Verordnung (EG) 2173/2005 regelt die Einrichtung eines FLEGT-Genehmigungssystems (engl. Legality Assurance System – LAS) für die Einfuhr von Holz und Holzprodukten in die EU, das die vorgenannten Funktionen der Identifizierung, Überwachung und Lizenzierung von legal produziertem Holz und Holzerzeugnissen übernimmt (vgl. HDH 2013, S. 7). Die teilnehmenden Länder sind verpflichtet, das Genehmigungssystem innerhalb des im Abkommen vereinbarten Zeitraums umzusetzen (vgl. Erwägungsgrund 3 der Verordnung (EG) 2173/2005). Gemäß dem Erwägungsgrund 4 der Verordnung erfordert diese Umsetzung, „dass die Einfuhren der betreffenden Holzprodukte in die Gemeinschaft einem Kontrollsystem unterworfen werden, mit dem die Legalität dieser Produkte sichergestellt wird“. Nach dem Genehmigungssystem ist für aus einem Partnerland ausgeführte Holzprodukte eine von diesem Land ausgestellte Genehmigung erforderlich, aus der hervorgeht, dass die Holzprodukte aus Holz hergestellt sind, das legal in dem betreffenden Partnerland geschlagen oder legal in das Partnerland eingeführt worden ist (vgl. Erwägungsgrund 6 der Verordnung (EG) 2173/2005). Gemäß Absatz 5 des Artikels 2 der Verordnung (EG) 2173/2005 ist eine „FLEGT-Genehmigung“ ein auf eine Ladung oder einen Marktteilnehmer bezogenes fälschungssicheres und überprüfbares Dokument, das vom Partnerland ausgestellt und für rechtsgültig erklärt wird. Grundlage einer FLEGT-Genehmigung können diejenigen Systeme bilden, mit denen die Legalität und Rückverfolgbarkeit der Produkte gewährleistet werden kann (vgl. Absatz 2 Artikel 4 der

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Verordnung (EG) 2173/2005). Die zuständigen Stellen der Mitgliedstaaten prüfen anschließend, ob diese FLEGT-Genehmigung für die jeweilige einzuführende Ladung von Holzprodukten vorliegt. Anschließend wird die Ladung für den zollrechtlich-freien Verkehr freigegeben.

Mit der Verordnung (EG) 1024/2008 wurden die Durchführungsbestimmungen zur Einrichtung eines FLEGT-Genehmigungssystems für Holzeinfuhren in die Europäische Gemeinschaft verabschiedet. Dabei werden die Anforderungen an FLEGT-Genehmigungen festgelegt, die in Papierform oder elektronisch erteilt werden können (vgl. Artikel 3 der Verordnung (EG) 1024/2008). Mit Artikel 14 wird darauf hingewiesen, dass die Mitgliedstaaten für den Datenaustausch und die Erfassung der in den Genehmigungen enthaltenen Daten elektronische Systeme einsetzen können. Die wichtigen Komponenten dieser Systeme, wie Verfahren für die Annahme, Erfassung und Austausch der in den Genehmigungen enthaltenen Daten und eine Vorrichtung für die Speicherung dieser Daten, wurden in Artikel 14 der Verordnung (EG) 1024/2008 genannt.

Aus sechs Ländern, die bereits VPAs abgeschlossen haben, testete bis zum Jahr 2014 lediglich Indonesien ein erstes eigenes LAS, wobei der Test wesentliche Schwierigkeiten aufzeigte (vgl. HDH 2013, S. 9). Deswegen wurde als eine Übergangslösung und Ergänzung zur FLEGT die Verordnung (EU) 995/2010 erlassen, die auch als EU-Holzhandelsverordnung (engl. EU Timber Regulation – EUTR) bezeichnet wird.

Europäische Holzhandelsverordnung

Die EU-Holzhandelsverordnung (EU) 995/2010 trat im März 2013 in vollem Umfang in Kraft. Sie hat zum Ziel die Bekämpfung des illegalen Holzeinschlags und die Regelung des Handels von Holz und Holzerzeugnissen verschiedener Arten. Die Durchführungsverordnung (EU) 607/2012 umfasst die Anweisungen für die Durchführung der EUTR. Mit der Holzhandelsverordnung soll sichergestellt werden, dass kein illegales Holz mehr auf den Markt kommen kann. Diese Verpflichtung gilt für jeden EU-Marktteilnehmer, der Holz und Holzprodukte als Erster in der EU auf den Markt bringt („Erstplatzierer“) (vgl. IPD 2014, S. 4). Um sich dieser Verpflichtung zu stellen, muss jeder Erstplatzierer in Sorgfaltspflichtverfahren (engl. Due Diligence System – DDS) einführen, das Maßnahmen zum Informationszugang, zur Risikobewertung und Risikominderung enthält (vgl. HDH 2013, S. 13 ff.; IPD 2014, S. 12 ff.):

- **Informationszugang**, welcher die Basis eines DDS darstellt. Die produktspezifischen Informationen sind hierbei folgende (vgl. HDH 2013, S. 13):
  - Allgemeine Produktbeschreibungen mit dem Handelsnamen, der Produktart und dem gängigen Namen der verwendeten Baumart. Wissenschaftliche Namen sind dabei anzugeben, wenn die gängigen Namen mehrdeutig sind;
  - Herkunftsland und Konzession für den Holzeinschlag. Die Region des Landes ist zusätzlich anzugeben, wenn unterschiedliche Risikoniveaus bzgl. des illegalen Holzeinschlags innerhalb des Landes bestehen;
  - Eingeschlagene Menge in Volumen, Gewicht oder Anzahl der Produkteinheiten;

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

- Name und Anschrift des Lieferanten, von dem das Holz oder die Holzerzeugnisse erhalten worden sind („One step up“);
- Name und Anschrift des gewerblichen Abnehmers, an den das Holz oder die Holzerzeugnisse geliefert worden sind („One step down“);
- Dokumente oder andere Nachweise dafür, dass das Holz oder die Holzerzeugnisse den geltenden Rechtsvorschriften entsprechen.

- Die zweite Stufe des DDS ermöglicht es, festzustellen, ob das Risiko, illegales Holz einzuführen, vernachlässigbar ist. Dafür werden die für ein Produkt vorliegenden Informationen analysiert und das Risiko bewertet. Neben den zuvor genannten allgemeinen Informationen werden weitere Dokumente berücksichtigt, wie CITES-Bescheinigungen oder FLEGT-Lizenzen, Zertifikate über die Einhaltung geltender Rechtsvorschriften bzgl. des Holzes, schriftliche Verträge, amtliche Bescheinigungen von zuständigen Behörden. Sie umfassen auch Angaben über die Häufigkeit des illegalen Holzeinschlags sowie den Korruptionswahrnehmungsindex in dem exportierenden Land oder der Region, tatsächliche Komplexität der Lieferkette etc. Die Bewertung sowie die Entscheidung über die Risikohöhe sind zu dokumentieren.
- Sollte das Risiko nach der Bewertung als nicht zu vernachlässigen identifiziert werden, müssen Marktteilnehmer zusätzliche risikospezifische Maßnahmen durchführen, die das Risiko auf ein zu vernachlässigendes Niveau reduzieren. Dies wird als die dritte Stufe des DDS bezeichnet. Der Ansatz, der zur Risikominderung gewählt wird, ist abhängig von der Art des Produktes, der Komplexität der Lieferkette und der Herkunft des Holzes. Es handelt sich bspw. um die Beschaffung weiterer Informationen, eine Prüfung bzw. eine Vor-Ort-Inspektion durch Dritte. Die ausgewählte und durchgeführte Maßnahme zur Risikominderung sollte dokumentiert werden. Erst nach der wirksamen Minderung bzw. Begrenzung des Risikos dürfen das betroffene Holz bzw. die betroffenen Holzerzeugnisse in Verkehr gebracht werden.

Die detaillierten Bestimmungen für die Sorgfaltspflichtregelung und die Häufigkeit und Art der Kontrollen der Überwachungsorganisationen gemäß der Verordnung (EU) Nr. 995/2010 werden mit der Durchführungsverordnung (EU) 607/2012 festgelegt. Der Prozess, der bei dem DDS für eine Holzlieferung stattfindet, ist Abbildung zu entnehmen. Falls der Durchgang eines DDS einer Lieferung und der damit verbundenen Einhaltung der Sorgfaltspflicht erfolgreich ausfällt, darf das Ergebnis für alle folgenden Lieferungen in den nächsten zwölf Monaten verwendet werden, sofern die Baumart, das Land/die Länder des Holzeinschlags sowie ggf. die Region(en) und die Konzession(en) für den Holzeinschlag unverändert bleiben (vgl. Absatz 1 Artikel 2 Durchführungsverordnung (EU) 607/2012). Gemäß Artikel 5 der Durchführungsverordnung (EU) 607/2012 müssen Marktteilnehmer alle Informationen und Entscheidungswege dokumentieren und mindestens fünf Jahre lang aufbewahren. Zudem werden mit dem Artikel 5 der Verordnung (EU) 995/2010 die Rückverfolgbarkeitsverpflichtungen nach dem „One step up – One step down“-Prinzip festgelegt. Die Informationen über Händler, von denen Holz oder Holzerzeugnisse bezogen worden sind oder an wen das Holz bzw. die Holzerzeugnisse geliefert worden sind, sind mindestens fünf Jahre lang aufzubewahren und auf Verlangen den zuständigen Behörden auszuhändigen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Die Regelungen der EU-Verordnungen (EG) 2173/2005 und (EU) 995/2010 sind durch das Holzhandels-Sicherungs-Gesetz (HolzSiG) in nationales Recht umgesetzt. Die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) ist nach dem HolzSiG zuständig für die Prüfung von FLEGT-Genehmigungen und die Durchführung von Kontrollen bei Überwachungsorganisationen sowie bei Marktteilnehmern und Händlern (vgl. BLE o. Jg.). §2 des HolzSiG regelt insbesondere die Eingriffsbefugnisse und Sanktionsmöglichkeiten der BLE bei zweifelhaften oder ungültigen FLEGT-Genehmigungen sowie bei Zweifeln am legalen Einschlag des Holzes oder an der Anwendung der „Sorgfaltspflichtregelung“.

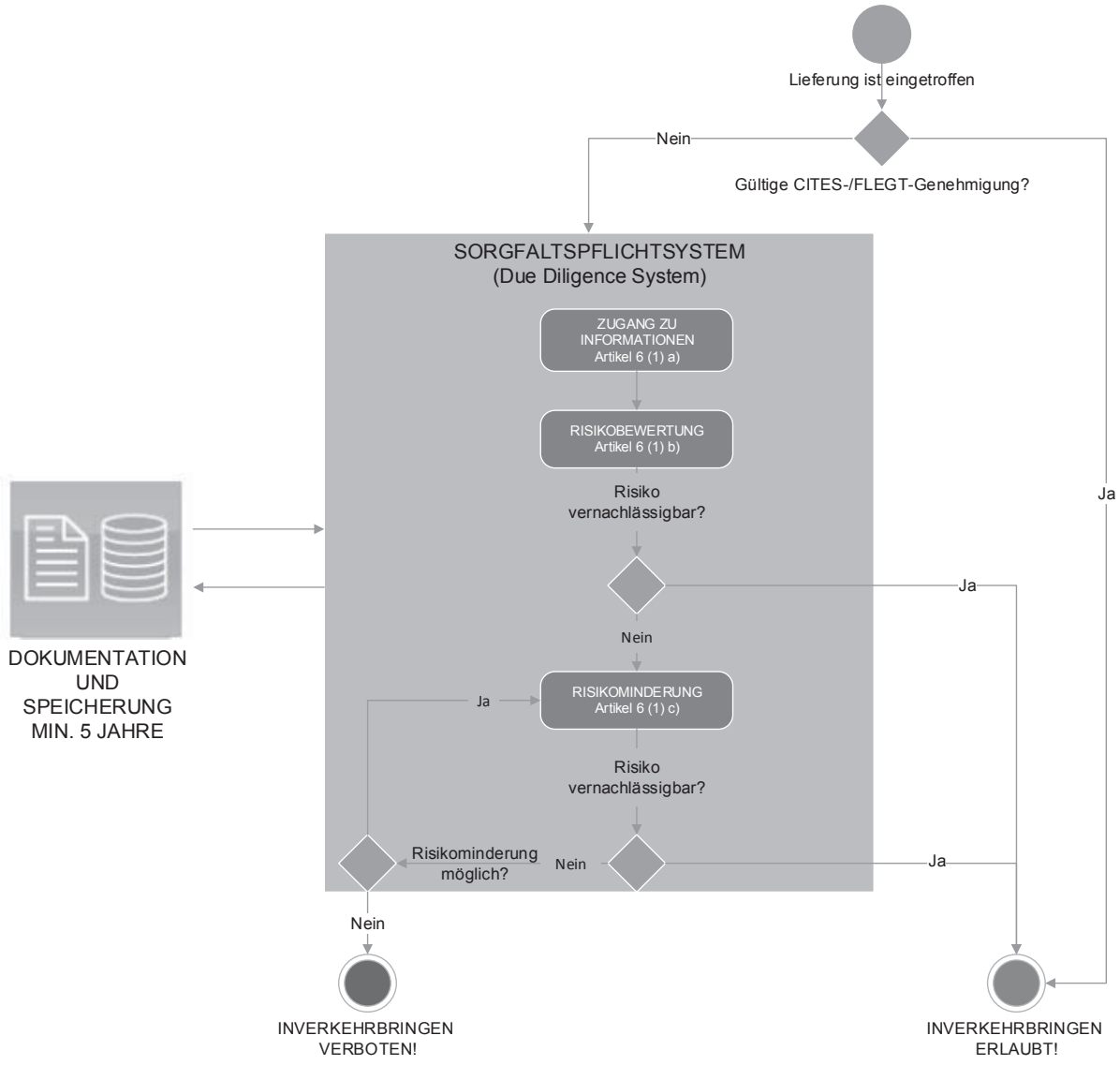


Abbildung: Aktivitätsdiagramm eines DDS-Durchganges

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang N: Richtlinien über genetisch veränderte Organismen[89]

In der Agrarwirtschaft konzentriert sich die Anwendung von GVO hauptsächlich auf die nachstehenden vier Pflanzenarten in der Reihenfolge ihrer weltweiten Anbauflächen: Soja, Mais, Baumwolle und Raps. Hierbei wird der Fokus auf die Resistenz gegenüber Herbiziden und Insekten gelegt (vgl. Atici 2014, S. 3; BMUB 2010). Nach ATICI (2014, S. 3) betrug die Anbaufläche von genetisch veränderten Pflanzen in der Agrarwirtschaft 170 Mio. ha weltweit. Der Anteil an dieser Fläche in Europa liegt unter 0,5 % (vgl. BMUB 2010). In der Forst- und Holzwirtschaft gewinnt die Gentechnik zunehmend an Bedeutung, da sie die Verbesserung der Produktivität insbesondere in kommerziellen Plantagen ermöglicht (vgl. Häggman et al. 2013, S. 786). Aktuell finden weltweit aber insbesondere in den USA, China, Brasilien und Kanada mehrere Feldversuche an Baumarten wie Pappeln, Kiefer, Eukalyptus, Fichte, Robinie etc. statt (vgl. Häggman et al. 2013, S. 788). In Deutschland steht im Mittelpunkt der Untersuchungen die Pappel (hier und im Folgenden European Commission o. Jg.b): Zum einen wurden Feldversuche mit genetisch veränderten Pappeln durchgeführt, um kontaminierten Boden zu sanieren. Zum anderen wurde mithilfe von Feldversuchen die Resistenz von Papeln gegenüber Glufosinat (Herbizid) untersucht.

Jedoch ist der Einsatz von GVO-Pflanzen ein umstrittenes Thema aufgrund der möglichen unumkehrbaren Auswirkungen und Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit (vgl. Erwägungsgründe 3 der Verordnung 1830/2003/EG; Häggman et al. 2013, S. 785). Diesen Bedenken zufolge wurde im Jahr 1990 das Gesetz zur Regelung der Gentechnik (Gentechnikgesetz – GenTG) verabschiedet, welches die Genehmigung und Anmeldung gentechnischer Anlagen und Arbeiten, die Genehmigung und Zulassung von Freisetzungen von GVO und Inverkehrbringen von Produkten, die GVO enthalten oder aus solchen bestehen, regelt. Neben diesem nationalen Gesetz bilden u. a. EU-Regelungen wie die EG-Freisetzungsrichtlinie (Richtlinie 2001/18/EG) sowie die Verordnung über die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung GVO (EG) 1830/2003 die rechtliche Grundlage der Zulassung von GVO (BfN o. Jg.b). Nach der Verordnung (EG) 1830/2003 müssen alle Wirtschaftsakteure die Rückverfolgbarkeit der Produkte, die aus GVO hergestellt worden sind oder GVO enthalten, durch drei Aspekte sicherstellen (vgl. Artikel 4 der Verordnung (EG) 1830/2003):

- die Angaben über GVO: Sowohl Beteiligte der Supply Chain als auch Endverbraucher, die ein Produkt beziehen, müssen vom Inverkehrbringer des Produkts darüber informiert werden, dass das Produkt aus GVO besteht oder GVO enthält (vgl. Unterabsatz a Absatz 1 Artikel 4 der Verordnung (EG) 1830/2003). Diese Angabe kann auf den vorverpackten Produkten durch einen geeigneten Vermerk auf einem Etikett und bei nicht vorverpackten Produkten durch den Vermerk auf dem Behältnis, in dem das Produkt dargeboten wird, oder im Zusammenhang mit der Darbietung des Produkts erfolgen (vgl. Absatz 6 Artikel 4 der Verordnung (EG) 1830/2003).
- die Identifikation der GVO: Sie besteht aus einem spezifischen Erkennungsmarker des GVO oder ggf. aus einem Verzeichnis der Erkennungsmarker (Produktgenealogie) sämtlicher

[89] Anhang N ist teilweise aus dem Projektstudium LE ET AL. (2015) entnommen, welches unter Betreuung des Autors dieser Arbeit entstanden ist.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

GVO bei GVO-Gemischen (vgl. Unterabsatz b Absatz 1 und Absatz 3 Artikel 4 der Verordnung (EG) 1830/2003). Der genannte Erkennungsmarker ist ein einfacher, numerischer oder alphanumerischer Code und dient zur Identifizierung eines GVO auf der Grundlage des Transformationsereignisses, mit dem der GVO hergestellt wurde (vgl. Absatz 4 Artikel 3 der Verordnung (EG) 1830/2003). Mit diesem Code wird der Zugriff auf spezifische Informationen über den jeweiligen GVO ermöglicht.

- die Identifikation der Wirtschaftsakteure: Weiterhin müssen Wirtschaftsakteure ebenfalls über Systeme und Verfahren verfügen, mit deren Hilfe sie von jeder Transaktion die erforderlichen Informationen speichern und bei Bedarf aushändigen können. Dies ist notwendig, um nachweisen zu können, von wem welches Produkt bezogen wurde oder für wen welches Produkt bereitgestellt wurde (vgl. Artikel 4 Verordnung (EG) 1830/2003). Diese Informationen sind mindestens fünf Jahre lang aufzubewahren.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang O: Verbände, die an der Entwicklung des JRC-Leitfadens mitgewirkt haben

Der Auflistung der an der Entwicklung des JRC-Leitfadens mitwirkenden Verbände sieht wie folgt aus:

- **APEAL:** Association of European Producers of Steel for Packaging
- **BLIC:** European Association of the Rubber Industry
- **CEFIC FCA:** European Council of Chemistry, Food Contact Additives
- **CEI·Bois:** European Confederation of Woodworking Industries
- **CEPE:** European Council of Painting, Printing Inks and Artists' Colors Industry
- **CEPI:** Confederation of European Paper Industries
- **CIAA** Confederation of the food and drink industries of the EU, currently FoodDrinkEurope
- **CITPA:** International Confederation of Paper and Board Converters in Europe
- **CIPCEL:** Comité International de la Pellicule Cellulosique
- **CPIV:** Standing Comittee of the European Glass Industries
- **EAA:** European Aluminium Association
- **ETS:** European Tissue Symposium
- **EuPC:** European Plastics Converters Association
- **FEFCO/ProBox**: European Federation of Corrugated Board Manufacturers
- **FEVE:** European Container Glass Federation
- **FPE:** Flexible Packaging Europe
- **Plastics Europe:** Association of Plastics manufacturers in Europe
- **SEFEL:** European Secretariat of Manufacturers of Light Metal Packaging

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang P: Prinzipien des EPC-Konzeptes

Das EPC-Konzept basiert auf folgenden Prinzipien (vgl. Clasen 2006 5 f.; Popova 2005, 3 f.):

- Globale Standards. Die standardisierten Netzwerkkomponenten können überall auf der Welt in gleicher Weise eingesetzt werden. Mit der Anzahl der beteiligten Unternehmen steigen die Nutzenpotenziale jedes einzelnen Teilnehmers des Netzwerkes exponentiell an. Weiterhin wachsen die Stückzahlen der identischen Komponenten an, was über Massenproduktion zur Stückkostensenkung der Systemkomponenten führt (vgl. Clasen/Füßler 2005, S. 40 ff.).
- Offenes System. Die Entwicklungen sind offen und anbieterneutral. Die Dokumentation wird veröffentlicht. Jedes Unternehmen kann Mitglied bei EPCglobal werden und an den Standards mitarbeiten. Das sogenannte RFID/EPC-Umsetzungsnetzwerk ist als Informations- und Umsetzungsplattform zu verstehen. Die behandelten Themen umfassen Fragen zu Technologie, Netzwerkinfrastruktur, Hard- und Softwarekomponenten, Kosten und Nutzeffekten, Prozessanpassungen, Anwendungshandbücher bis hin zu Fragen des Verbraucher- und Datenschutzes (vgl. Deska 2005 36). Es steht für den Wissenstransfer und hilft dabei, die optimale Umsetzungsvariante für sich auszuarbeiten.
- Modularer Aufbau. Das Netzwerk umfasst verschiedene Stufen, auf denen Komponenten mit ähnlichen Funktionen zu finden sind. Eine solche Vorgehensweise ermöglicht es, einzelne Module separat zu spezifizieren. Der modulare Aufbau begünstigt die stufige Durchführung der Standardisierungs- und Implementierungsprozesse.
- Erweiterbarkeit. Mit der Kernspezifikation des Netzwerkdesigns werden die Rahmen festgelegt, die durch die Definition der zusätzlichen Regeln für bestehende Branchenstandards und Architekturen ergänzt werden können.
- Plattformunabhängigkeit. Standards beschreiben einen minimalen Funktionsumfang einer Hard- oder Softwarekomponente und deren Schnittstellen. Dies erlaubt es, das vorgeschlagene EPCglobal-Netzwerk in verschiedenen Hard- und Softwareumgebungen zu implementieren.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang Q: Middleware

In diesem Abschnitt werden die Middleware-Ebenen nach Ausarbeitungen von GILLERT UND HANSEN (vgl. Gillert/Hansen 2007, 138 ff.) sowie GÖTZ ET AL. (Götz et al. 2005, S. 32 ff.) kurz beschrieben. Die Eventverarbeitungsebene besteht im Kern aus drei Komponenten, die sich wiederum aus einzelnen Modulen zusammensetzen:

- Das Konfigurations- und Administrationsmanagement umfasst zwei Module:
  - Device Administration: Registrierung der angeschlossenen Device Controller/Schreib-/Leseeinheiten, Systemkommunikation mit diesen, um deren Funktion sicherzustellen, Alert-Erzeugung, wenn Peripherie-Geräte defekt sind bzw. die Verbindung unterbrochen wird.
  - Auto-ID Portal: Benutzerverwaltung und Rechtevergabe, Abgrenzung der einzelnen Mandate, deren Daten und Informationen.
- Datenverwaltung. Die vom Device-Controller-Server zur Verfügung gestellten Daten werden in einer realzeitfähigen Datenbank abgelegt. Diese Komponente sollte die folgenden Module enthalten:
  - Repository: eine Datenbank, die objektbezogene Daten mit globaler Reichweite enthält.
  - Clearing house: Speicherung der Daten, Verwaltung der Datenbank und Sicherstellung der korrekten Beantwortung von Datenabfragen.
  - Value Added Applications: statistische Auswertungen über den Datenbestand.
- Aktions- und Prozessverwaltung:
  - Activity Management: Aufbereitung der Daten für die Weitergabe an die Anwendungssysteme und Erzeugung von Alerts. Während der Anreicherung der Event-Nachricht mit im Datenmodell festgelegten Daten (Verknüpfung mit Geschäftskontext) werden die Events zu EPC Information Service (EPCIS)-Ereignissen umgewandelt. Es wird auch das Alert Management durchgeführt. Wenn automatische Aktivität ausgelöst wird, dann wird die Information über ihren Status den zuständigen Benutzern weitergeleitet. Wenn die automatische Störungsbehebung nicht möglich ist, werden die notwendigen Informationen über den Zustand des Netzwerkes sowie über die Auswirkungen der Störung den Anwendern über eine Visualisierungskomponente zur Verfügung gestellt.
  - EPCIS: Zugriff auf das EPCglobal-Netzwerk und Speicherung der Erfassungen der TRU in einer Datenbank.
  - EPC Code Mapping: Führung der EPC-Tabellen und im Bedarfsfall Umsetzung von Codes zwischen verschiedenen Branchenstandards (für die branchenübergreifenden Unternehmensnetzwerke).

Die Eventverarbeitungsebene wird vollständig im Internet (Internet-Protocol-Netzwerk (IP-Netzwerk)) implementiert. Die Steuerung der Kommunikation erfolgt mit Webservicekomponenten. Dabei stehen nicht nur auf offene Standards basierende XML-Webservices, sondern auch die Anwendungsprogrammierschnittstellen (Application Programming Interface – API) zur Verfügung.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

APIs erleichtern die Arbeit der Entwickler und stellen sicher, dass die zu entwickelnde Anwendung mit den Spezifikationen konform ist.

Die Integrationsebene ist durch einen Trend gekennzeichnet: Enterprise Application Integration (EAI). Das Ziel der EAI ist es, für unterschiedlich angefragte Funktionen die passende Applikation bereitzustellen. Es handelt sich dabei um die Strategie „zur Integration von heterogenen Anwendungssystemen in eine einheitliche IT-Architektur eines Unternehmens“ (Braun 2005, S. 56). Die Mittel, mit denen diese Strategie realisiert werden kann, sind vielfältig. Die Basistechnologie für die Umsetzung der EAI bei dem zu modellierenden System stellt die serviceorientierte Architektur (SOA) dar. Diese serviceorientierte Architektur ermöglicht es, die Anwendungsintegration sowohl innerhalb eines Unternehmens als auch mit Handelspartnern umzusetzen. Die SOA wird wiederum meist mit Web Services umgesetzt. Web Services stellen dabei selbst beschreibende, gekapselte Softwarekomponenten dar, die netzwerkweit aufrufbar sind und eine Funktionalität einbetten (vgl. im Folgenden Braun 2005, 68 ff.). Jeder Service verfügt über eine Schnittstelle, die als Kontakt verstanden wird, der eine lose Kopplung von Services möglich macht. Ihre Implementierung ist sprachen- und plattformunabhängig. Die Schnittstellen werden mit einer standardisierten Beschreibungssprache (Web Services Description Language) spezifiziert. Die lose Kopplung erfolgt mit Hilfe des Austausches von XML-basierten Nachrichten (Service Oriented Architecture Protocol). Für die Verwaltung von Web Services soll auch ein XML-basierter zentraler Verzeichnisdienst (Universal Description, Discovery and Integration) eingeführt werden. Die Nutzung von Services verspricht folgende Vorteile: Reduktion der Komplexität durch Strukturierung, Vermeidung von redundantem Code und leichtere Wiederverwendung, Kapselung von fachlichem Wissen und technischen Datenstrukturen, lose Kopplung (Abstraktion durch Schnittstellen: Der Nutzer kennt die Implementierung des Dienstes nicht) (vgl. Horn o. Jg.).

Die weiteren Bestandteile, die bei der Implementierung der SOA vorkommen können, sind:

- Enterprise Service Bus (ESB). Der ESB stellt eine technische Middleware-Infrastruktur zur Vernetzung der Services und weiterer technischer Beteiligten dar. Er erfüllt die folgenden Funktionen: Senden (synchron und asynchron) und Routing von Nachrichten; Mediation von Formaten und Protokollen, Verwaltung von Nachrichten, Benutzern, Workflows, Statistiken etc., Transaktionsverwaltung, Sicherheit, Benutzerauthentifizierung und Unterstützung für Geschäftsprozesse (die Abarbeitung der Geschäftsprozesse durch eine Reihe von Serviceaufrufen einschließlich nötiger Stornierungen und menschlicher Interaktion) (Dunkel et al 2008, S. 110 f.).
- Registry und Repository. Verzeichnisdienst und Speicherung von Metainformationen zu den Services wie Schnittstelle, Anbieter, IP-Adresse, Port, Klassifikation und Dokumentation, Regeln, Einschränkungen, Transaktionsverhalten, Versionierung, Bezahlung, Zugriffsrechte, Sicherheit, Service Level Agreement (vgl. Horn o. Jg.).

Die Integrationsebene stellt die eigentliche Schnittstelle zu Backendsystemen (u. a. PIS) dar. Die weiteren Schnittstellen, die eine Middleware anbieten muss, sind Schnittstellen zu den Device Controllern und den Nutzern. Die Benutzerschnittstelle umfasst Konfigurationen, Wartung, Zugangsberechtigungen und Monitoring. Hier kann der Nutzer Einstellungen für das Verhalten der Middleware vornehmen, Systemdiagnosen durchführen, Sicherheitseinstellungen ändern, die Ge-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

schäftsregel anpassen und Alerts definieren. Über die Geräteschnittstelle erfolgt nicht nur die Übertragung der Events vom Device Controller sondern auch die Übergabe der Informationen zum Beschreiben von Transpondern (bei Herstellern). Das Zusammenspiel von Komponenten und Schnittstellen der Middleware ist der Abbildung zu entnehmen.

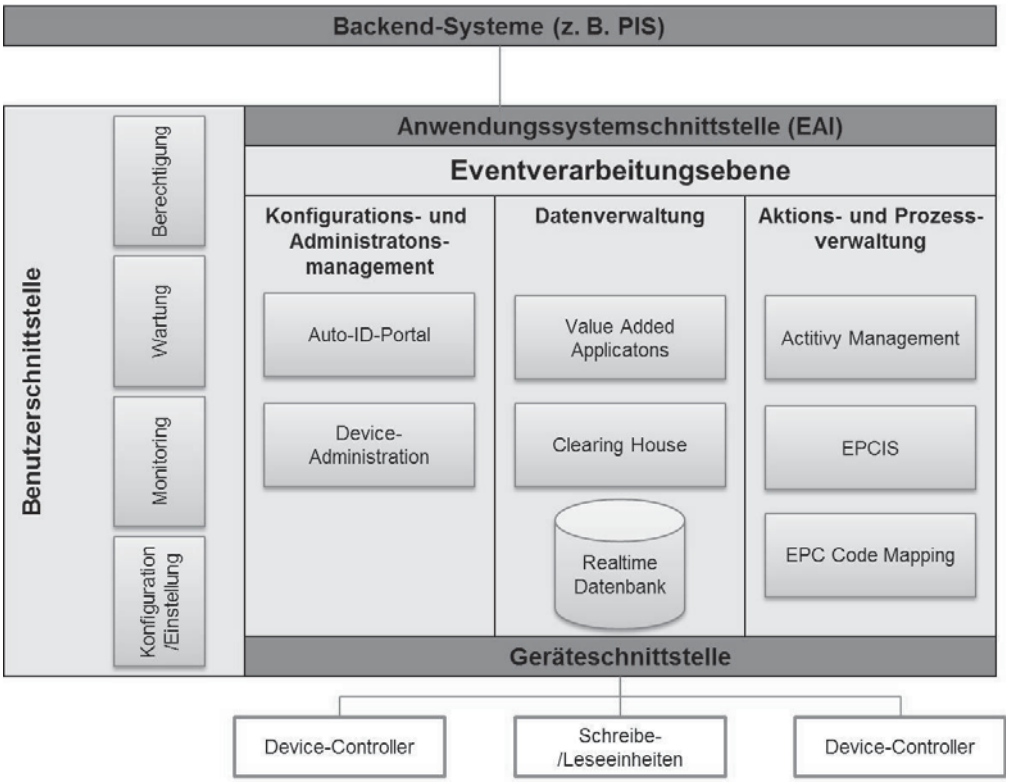


Abbildung: Funktionsebenen und -bausteine der Middleware

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang R: Hardware-Ausstattung in der Supply Chain für Holzmöbel

Stufe der Supply Chain	Szenario 1: “Bücherregal aus Massivholz”	Szenario 2: “Bücherregal aus furnierten Spanplatten”
Forstbetrieb	1 pulkfähiges RFID-Lesegerät; 1 Transponder-Applikator und 1 Harvester-RFID-Lesegerät	1 pulkfähiges RFID Lesegerät; 1 Transponder-Applikator und 1 Harvester-RFID Lesegerät; 1 Harvester-Ink-Printer
Sägewerk/Furnierhersteller	2 pulkfähige RFID-Lesegeräte; 1 mobile RFID-Lesegeräte; 1 stationäres RFID-Lesegerät; 1 Ink-Marker (stationär) und 1 Ink-Lesegerät (stationär)	2 pulkfähige RFID-Lesegeräte; 5 mobile RFID-Lesegeräte; 1 stationäres RFID-Lesegerät; 1 Ink-Marker (stationär) und 1 Ink-Lesegerät (stationär)
Spanplattenhersteller	----------	2 pulkfähige RFID-Lesegeräte; 14 mobile RFID-Lesegeräts; 1 Ink-Marker (stationär) und 1 Ink-Lesegerät (stationär)
Möbelhersteller	5 mobile RFID-Lesegeräte; 1 QR-Code-Printer; 1 stationäres RFID-Lesegerät; 200 wiederbeschreibbare RFID-Tags	20 mobile RFID-Lesegeräte; 1 QR-Code-Printer; 850 wiederbeschreibbare RFID-Tags

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang S: Auflistung der Modellparameter

Parameter	Beschreibung	Maßeinheit
α	Wahrscheinlichkeit des Vermeidens eines Rückrufs	---
β	Wahrscheinlichkeit des Ersatzes eines öffentlichen Rückrufs durch einen stillen Rückruf	---
$AK_{TTS,i}$	Einmalige Anschaffungskosten für Stufe i	€
AZ_{gesamt}	Erforderliche Gesamtauszahlungen für die Supply Chain	€
AZ_i	Erforderliche Gesamtauszahlungen auf der Stufe i	€
AZ_{rest}	Ausstehende Gesamtauszahlungen auf der Stufe i	€
$b_{i,k_i,t}$	Gewinnmarge je Produkteinheit k_i auf Stufe i im Jahr t	als Prozentsatz auf den Verkaufspreis der Produkteinheit $p_{i,k_i,t}$
$BM_{i,k_j,t}$	Beschaffungsmenge des Gutes k_j im Jahr t von Unternehmen der Stufe i	in Stück/Gewichts-/Volumeneinheiten
c_{gesamt}	Umgelegte Gesamtauszahlungen für die Supply Chain	€
c_i	Umgelegte Gesamtauszahlungen auf der Stufe i	€
$D_{k_i,t}$	Nachfrage für die Produkteinheit k_i im Jahr t	in Stück/Gewichts-/Volumeneinheiten
$d_{TTS,k_i,t}$	Nachfragesteigerung durch die Anwendung von T & T-System für Produkteinheit k_i im Jahr t	als Prozentsatz auf die Nachfrage nach Produkteinheit k_i
EG_i	Einrichtungsgebühr für die SaaS-Lösung auf der Stufe i	€
$EPC_{BK,D,i}$	Bereitstellungskosten für EPCglobal-Netzwerk nach Nachfrage D auf der Stufe i, wobei $D = \{D_1; \dots D_{K_i}\}$ ist	€
$EPC_{JG,D,i,t}$	Jahresgebühren für EPCglobal nach Nachfrage D auf der Stufe i im Jahr t, wobei $D = \{D_1; \dots D_{K_i}\}$ ist	€
EZ_i	Erwartete Gesamteinzahlungen auf der Stufe i	€
$EZrest_i$	Ausstehende Einzahlungen auf der Stufe i	€
$g_{i,k_i,t}$	Reduktion der Holzverluste/von Holzdiebstahl auf der Stufe i im Jahr t als Prozentsatz der Nachfrage	als Prozentsatz der Nachfrage für k_i
i	Stufe der Supply Chain	---
I	Anzahl der Stufen in der Supply Chain	---
$IK_{r,i}$	Installationskosten für Reader auf der Stufe i	als Prozentsatz auf Readerkosten ($Preis_{reader}$·Readeranzahl)
$IK_{SW,i}$	Installations- und Konfigurationskosten für Software auf Stufie i	als Prozentsatz auf Softwarekosten SMK_i
$IN_{i,t}$	Indirekter Nutzen auf Stufe i im Jahr t exklusiv Ersparnisse bezüglich manueller Arbeit	€
$KBS_{TTS,i}$	Kosten für Beratung und Schulung des Personals auf Stufe i	€
K_i	Anzahl der Güter im Absatzprogramm des Unternehmens auf der Stufe i	---
k_i	Ein Gut aus dem Absatzprogramm des Unternehmens auf der Stufe i	---
K_j	Anzahl der Inputstoffe eines Unternehmens	---
k_j	Inputstoff eines Unternehmens	---

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Parameter	Beschreibung	Maßeinheit
$K_{ÖR,i,t}$	Durchschnittliche Kosten öffentlicher Rückrufe auf der Stufe i im Jahr t	€
$k_{red,i}$	Rückrufkostenreduktion auf der Stufe i	als Prozentsatz der Rückrufkosten
$KR_{i,t}$	Kostenreduktion auf der Stufe i im Jahr t	€ pro Stück/Gewichts-/Volumeneinheit
$KRA_{i,t}$	Kostenreduktion bezüglich manueller Arbeit auf der Stufe i im Jahr t	€
$K_{SR,i,t}$	Durchschnittliche Kosten stiller Rückrufe auf der Stufe i im Jahr t	€
$KSA_{i,t}$	Kostensteigerung bezüglich manueller Arbeit auf der Stufe i im Jahr t	€
$KW+_i$	Positiver Kapitalwert der Investitionen auf der Stufe i, wobei $KW_{TTS}>0$	€
KW_{TTS}	Kapitalwert des Systems für die Supply Chain	€
$KW_{TTS,i}$	Kapitalwert des Systems der i-ten Stufe	€
l_{TTS,k_i}	Zusätzliche Steigerung der WTP für das Produkt k_i	als Prozentsatz auf den Verkaufpreis einer Handelseinheit
$MK_{i,t}$	Mietkosten für Hardware auf der Stufe i im Jahr t	€
$MR_{RFID,\,i}$ / $MR_{ink,\,i}$	Anzahl der mobilen RFID/Ink-Printing-Reader auf Stufe i	---
$NG_{i,t}$	Nutzungsgebühr für die SaaS-Lösung auf der Stufe i im Jahr t	€
$Nutzen_{direkt,\,i,\,t}$	Direkte Nutzeffekte durch T & T-Systeme auf der Stufe i im Jahr t	€
$Nutzen_{i,\,t}$	Nutzeffekte von T & T-Systemen auf der Stufe i, im Jahr t	€
$Nutzen_{indirekt,\,i,\,t}$	Indirekte Nutzeffekte durch T & T-Systeme auf der Stufe i im Jahr t	€
$o_{TTS,k_i t}$	Zusätzliche Nachfragesteigerung für das Produkt k_i im Jahr t	als Prozentsatz auf die Nachfrage nach Produkteinheit k_i
$p_{i,k_i,t}$	Preis pro Produkteinheit k_i auf Stufe i im Jahr t	€
$p_{MR,\,ink}$ / $p_{SR,\,ink}$	Preis von mobilen/stationären Ink-Printing-Readern	€
$p_{MR,\,RFID}$ / $p_{SR,\,RFID}$	Preis von mobilen/stationären RFID-Readern	€
$p_{RFID,\,t}$ / $p_{ink,\,t}$ / $p_{qr,\,t}$	Preis von RFID-Tag/Ink-Printing/QR-code pro Einheit im Jahr t	€
$p_{SR,\,QR}$	Preis von stationären QR-Readern	€
$p_{wiederbeschreibbare\,RFID}$	Preis von wiederverwendbaren RFID-Tags	€
r	Diskontierungssatz	Prozentsatz
SMK_i	Softwarekosten (einschließlich Middlewarekosten) auf Stufe i	€
$SR_{RFID,\,i}$ / $SR_{ink,\,i}$ / $SR_{QR,\,Möbelhersteller}$	Anzahl der stationären RFID-/Ink-Printing/QR-Reader auf Stufe i/Möbelhersteller	---
t	Jahr	---
T	Zeithorizont für die Jahre t = 1, ..., T	---

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Parameter	Beschreibung	Maßeinheit
$wk_{HW,\,t}$/ $wk_{SW,\,t}$	Hardware-/Support- und Software-Wartungskosten im Jahr t	als Prozentsatz von Hardware-/Software-Kosten
$WK_{TTS,\,i,\,t}$	Wiederkehrende Kosten auf Stufe i im Jahr t exklusiv Mehraufwand bezüglich manuellen Arbeit	€
WTP_{TTS}	WTP pro Handelseinheit durch die Anwendung von T & T-Systemen	als Prozentsatz auf den Verkaufspreis einer Handelseinheit
$x_{RFID,\,D,\,i,\,t}$/ $x_{ink,\,D,\,i,\,t}$/ $x_{QR,\,D,\,i,\,t}$	Anzahl der TRUs nach Nachfrage D_i auf Stufe i im Jahr t, die mit RFID-Tags/ink-Printing/ QR-Code ausgestattet sind, wobei $D_i = \{D_1; \ldots D_K\}$ ist	---
$x_{wiederbeschreibbare\,RFID,\,i}$	Anzahl der TRUs auf der Stufe i, die mit einem wiederverwendbaren RFID-Tag ausgestattet sind	---
y_{j,k_j,k_i}	Transformationskoeffizient, nach dem Inputprodukt k_i in Outputprodukt k_j auf der Stufe j eingeht, wobei i und j $\in I$	---
ZK_i	Zusätzliche bis jetzt nicht berücksichtige Anschaffungskosten auf der Stufe i	€
$zk_{i,\,t}$	Zusätzliche bis jetzt nicht berücksichtige wiederkehrende Kosten auf der Stufe i im Jahr t	€
Δha_{k_i}	Erhöhung der Holzausbeuterate für ein Produkt k_i als Prozentsatz	als Prozentsatz auf die Beschaffungsmenge $BM_{i,k_j,t}$

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang T: Auswirkungen der Parameteränderungen auf den Kapitalwert der TTS-Investitionen

Modellparameter	Änderung des Parameters						
	-15 %	-10 %	-5 %	0 %	5 %	10 %	15 %
Szenario 1 „Massivholzmöbel“ in €							
Nachfragesteigerung	*-61506,67*	*-20.943*	19.621	60183,24	100747	141310,76	181873,15
WTP	*-316131,3*	*-190693,12*	*-65254,94*	60183,24	185621,42	311059,6	436497,78
Diskontierungssatz	212477,35	148518,97	99072,92	60183,24	29119,22	3956,77	-16685,3
Absatzrate	3.915	22671,72	41.427	60183,24	78940,37	97696,14	116451,9
Einmalige Anschaffungskosten	87509,62	78400,83	69292,03	60183,24	51074,44	41965,65	32856,85
Wiederkehrende Kosten	81486,91	74385,69	67284,46	60183,24	53082,01	45980,79	38879,56
Indirekter Nutzen	56190,56	57521,45	58852,34	60183,24	61514,13	62845,03	64175,92
Szenario 2 „Möbel aus furnierten Spanplatten“ in €							
Nachfragesteigerung	*-131954,42*	*-76.210*	*-20.500*	35245,33	90993,17	146701,58	202447,87
WTP	*-637284,67*	*-413108*	*-188931,34*	35245,33	259422	483598,66	707775,33
Diskontierungssatz	284096,66	179587,52	98791,77	35245,33	*-15513,84*	*-56629,74*	*-90359,26*
Absatzrate	*-60.632*	*-28696,02*	3.275	35245,33	67217,47	99151,47	131123,61
Einmalige Anschaffungskosten	89361,41	71322,72	53.284	35245,33	17206,63	*-832,06*	*-18870,75*
Wiederkehrende Kosten	72387,92	60007,06	47626,19	35245,33	22864,47	10483,6	*-1897,26*
Indirekter Nutzen	29728,06	31567,15	33406,24	35245,33	37084,42	38923,51	40762,6
Szenario 3 „Kombination von beiden vorherigen Szenarien“ in €							
Nachfragesteigerung	123301,56	213.598	303.859	394154,51	484453,87	574713,81	665010,24
WTP	*-654690,03*	*-305075,19*	44.540	394154,51	743769,35	1093384,2	1442999,05
Diskontierungssatz	866405,91	668076,29	514748,18	394154,51	297827,55	219800,89	155791,53
Absatzrate	243.788	293887,59	344.021	394154,51	444290,8	494387,58	544522,5
Einmalige Anschaffungskosten	447761,67	429892,62	412.024	394154,51	376285,45	358416,4	340547,34
Wiederkehrende Kosten	433848,24	420617	407385,75	394154,51	380923,26	367692,01	354460,77
Indirekter Nutzen	384919,34	387997,73	391076,12	394154,51	397232,89	400311,28	403389,67

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Anhang U: Zusammenfassung der Antworten auf die Fragen während der Konzeption auf Basis der Vier-Schichten-Systemarchitektur

Fragen	Antworten
Infrastrukturebene	
Welche TRUs auf welcher Stufe der zugehörigen Supply Chain und mit welcher Rückverfolgbarkeitsmethode sind zu identifizieren?	TRUs mit zugehörigen Rückverfolgbarkeitsmethoden entlang der Supply Chain sind Tabelle 5-3 zu entnehmen
Welche Informationen hat die TRU mit sich zu tragen?	Das System nutzt das Data-on-network-Konzept ➔ EPC auf Datenträger; zusätzliche Informationen im Netzwerk
Welche Datenstandards sind zu wählen?	EPCglobal Network, EPC Class 1 Gen 2, 860 - 960 MHz
Integrationsebene	
Welche Daten sind miteinander und wie zu verbinden?	Stammdaten zur Interpretation der Bewegungsdaten; Verknüpfung von Bewegungs- und Transformationsdaten; Die Daten sowie die Beziehungen zwischen ihnen sind Abbildung 5-3 zu entnehmen
Welches Datenspeicherungskonzept (zentrale vs. dezentrale Datenspeicherung) ist auszuwählen?	Es wurde eine zentrale Datenspeicherung (EPCIS) vorgeschlagen
Welche(r) Teilnehmer der zugehörigen Supply Chain ist (sind) für den Betrieb verantwortlich?	Der Betrieb dieses Systemteils erfolgt bei einer unabhängigen Organisation
Kommunikationsebene	
Welche IT-Komponenten sind für den Austausch von TRU-relevanten Daten zu verwenden?	Der Datenaustausch erfolgt auf Basis der EPCglobal-Spezifikationen, insbesondere EPCIS und zugehörige Suchdienste
Welche Standards für den Datenaustausch sind festzulegen?	
Applikationsebene	
Welche Funktionen hat das zugehörige IS zu bieten?	PIS verfügt über Regel und Algorithmen, um die notwendigen Daten periodisch zusammenzuführen. Das System erstellt aus aggregierten Daten die Informationspakete, die in Form von mobilen Webseiten Konsumenten zur Verfügung gestellt werden
Welche(r) Teilnehmer der zugehörigen Supply Chain ist (sind) für den Betrieb des Systems verantwortlich?	PIS wird bei Möbelherstellern betrieben

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Literaturverzeichnis

(Achabou/Dekhili 2013): Achabou, M. A.: Dekhili, S.: Luxury and sustainable development: Is there a match? In: Journal of Business Research, 66 (2013) 10, S. 1896-1903.

(AGR et al. 2011): AGR; VDS; VHI; BSHI; DeSH: Erklärung zur PEFC-Produktkettenzertifizierung der Arbeitsgemeinschaft Rohholzverbraucher e.V. und der Deutschen Sägeindustrie, vertreten durch den BSHD und den VDS, Deutschen Zellstoff- und Papierindustrie, vertreten durch den VDP und der Deutschen Holzwerkstoffindustrie, vertreten durch den VHI, Berlin 2011.

(Agresti 1992): Agresti, A.: A Survey of Exact Inference for Contingency Tables. In: Statistical Science, 7 (1992) 1, S. 131-153.

(Agroisolab o. Jg.): Agroisolab: Analytische Rückverfolgbarkeitssysteme. http://www.agroisolab.de/serv-rueckverfolgungssysteme.htm, Abruf am 2005-03-31.

(Aguilar/Cai 2010): Aguilar, F. X.; Cai, Z.: Conjoint effect of environmental labeling, disclosure of forest of origin and price on consumer preferences for wood products in the US and UK. In: Ecological Economics, 70 (2010), S. 308-316.

(Aguilar/Vlosky 2007): Aguilar, F. X.; Vlosky, R. P.: Consumer willingness to pay price premiums for environmentally certified wood products in the U.S. In: Forest Policy and Economics, 9 (2007), S. 1100-1112.

(Aguilar 2013): Aguilar, S.: Regulatory Tools for the Management of Fish and Timber Species through CITES. In: Review of European Community & International Environmental Law (RECIEL), 22 (2013) 3, S. 281-290.

(Alicke 2005): Alicke, K.: Planung und Betrieb von Logistiknetzwerken. Unternehmensübergreifendes Supply Chain Management, 2. Auflage, Berlin [u. a.] 2005.

(Alps 2011): Alps, H.: Dynamische Unternehmensnetzwerke. Ansätze zur Organisation und Steuerung wandlungsfähiger Strukturen von Netzwerken der Unternehmen, Hamburg 2011.

(Ambrozy/Giertlová 2005): Ambrozy, H. G.; Giertlová, Z.: Planungshandbuch. Holzwerkstoffe. Technologie-Konstruktion-Anwendung. Wien 2005.

(Aminian et al. 1998): Aminian, H.; Bazin, C.; Hodouin, D.: Residence Time Distribution in SX-EW Equipment. In: International Journal of Mineral Processing, 54 (1998) 3-4, S. 235-242.

(Anderson/Hansen 2004): Anderson, R. C.; Hansen, E. N.: The impact of environmental certification on preferences for wood furniture: A conjoint analysis approach. In: Forest Products Journal, 54 (2004), S. 42-50.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Andersson/Pucar 1995): Andersson, T.; Pucar, P.: Estimation of Residence Time in Continuous Flow Systems with Varying Flow and Volume. In: Journal of Process Control, 5 (1995) 1, S. 9-17.

(Appelhanz et al. 2014): Appelhanz, S.; Ludorf, S.; Schumann, M.: CoC-Zertifizierung in der Forst- und Holzwirtschaft: Schwachstellen und Traceability-basierte Lösungsansätze. In: Clasen, M.; Hamer, M.; Lehnert, B.; Petersen, B.; Theuvsen B. (Hrsg.): IT-Standards in der Agrar- und Ernährungswirtschaft. Fokus: Risiko- und Krisenmanagement. Referate der 34. GIL-Jahrestagung, 226, Bonn 2014, S. 17-20.

(Appelhanz et al. 2016) Appelhanz, S.; Osburg, V.-S.; Toporowski, W.; Schumann, M.: Traceability system for capturing, processing and providing consumer-relevant information about wood products: System solution and its economic feasibility. In: Journal of Cleaner Production, 110 (2016), S. 132-148.

(Appelhanz/Schumann 2013): Appelhanz, S.; Schumann, M.: Improvement of Traceability in Continuous Processes. In: Geldermann, J.; Schumann, M. (Hrsg.): First International Conference on Resource Efficiency in Interorganizational Networks – ResEff – 2013, Göttingen 2013, S. 192-204.

(Appelhanz/Schumann 2015): Appelhanz, S.; Schumann, M.: An Empirical Investigation of Strategies against Procurement Uncertainties and Their IS Support at High Grade Timber Manufacturers. In: Proceedings of the 21. Americas Conference on Information Systems (AMCIS), Fajardo 2015, S. 1-17.

(Arnold et al. 2008): Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K.: Handbuch Logistik, Berlin [u. a.] 2008.

(Arnold et al. 2009): Arnold, K.; von Geibler, J.; Bienge, K.; Stachura, C.; Borbonus, S.; Kristof, K.: Kaskadennutzung von nachwachsenden Rohstoffen: ein Konzept zur Verbesserung der Rohstoffeffizienz und Optimierung der Landnutzung, Wuppertal 2009.

(ASEAN 2012): ASEAN (Association of Southeast Asian Nations): ASEAN Guidelines for Chain of Custody of Legal Timber and Sustainable Timber, Jakarta 2012.

(Atici 2014): Atici, C.: Low Levels of Genetically Modified Crops in International Food and Feed Trade: FAO International Survey and Economic Analysis (Bd. FAO COMMODITY AND TRADE POLICY RESEARCH WORKING PAPER No. 44), Rom 2014.

(Bablick 2009): Bablick, M.; Holz und Holzwerkstoffe. Oberflächenbehandlung und Beschichtung. München 2009.

(Bach et al. 2010): Bach, N.; Buchholz, W.; Eichler, B.: Geschäftsmodelle für Wertschöpfungsnetzwerke – Begriffliche und konzeptionelle Grundlagen. In: Bach, N.; Buchholz, W.; Eichler, B.: Geschäftsmodelle für Wertschöpfungsnetzwerke, 2. Auflage, Ilmenau 2010, S. 1-20.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Bajric 2010): Bajric, F.: Indisputable Key D3.10. Economic, strategic and political perspective of supply chain performance. http://interop-vlab.eu/ei_public_deliverables/indisputable-key/D3.10%20-%20Economic-%20strategic%20and%20political%20perspective%20of%20supply%20chain%20performance.pdf, 2010.03.12, Abruf am 2014-05-15.

(Ballou 1999) Ballou R. H.: Business logistics management: planning, organizing, and controlling the supply chain, London 1999.

(Barnes 2012): Barnes, S.: Saving the orangutan. http://www.thetimes.co.uk/tto/magazine/article3590919.ece, 2012-11-10, Abruf am 2014-05-15.

(Bartley 2014): Bartley, T.: Transnational governance and the re-centered state: Sustainability or legality? In: Regulation & Governance, 8 (2014), S. 93-109.

(Bauer et al. 2005): Bauer, J.; von Bodelschwingh, E.; Warkotsch, W.: Potenziale einer effizienten Logistik nutzen. Praktische Umsetzung einer integrierten Holzerntekette zwischen Kleinprivatwald und Holzindustrie. In: Holz-Zentralblatt (2005) 86, S. 1163, 1166.

(Baumann 2008): Baumann, T.: Analyse logistischer Prozesse und deren Optimierungspotentiale entlang der Holzbereitstellungskette vom Wald zum Werk unterstützt durch spezielle Verfahren der Prozessmodellierung. Durchgeführt am Beispiel verschiedener Forst- und Holzbetriebe in der Region Ostalb (Baden-Württemberg), Freiburg 2008.

(Bayerische Forstverwaltung 2010): Bayerische Forstverwaltung: Holzeinschlag und Holzverkauf. Wegweiser für bayerische Waldbesitzer, München 2010.

(BDE/BVSE 2000): BDE (Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V.); BVSE (Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V.): Altpapier. Liste der europäischen (CEPI/B.I.R.) Standardsorten und ihre Qualitäten, Bonn 2000.

(BDF o. Jg.): BDF (Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V.): Wirtschaftliche Lage der deutschen Fertigbauindustrie. http://www.fertigbau.de/bdf/unsere-branche/index.html, Abruf am 2015-02-15.

(Bechini et al. 2008): Bechini, A.; Cimino, M.-G.; Marcelloni, F.; Tomasi, A.: Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business. In: Information and Software Technology, 50 (2008) 4, S. 342-359.

(Bellon-Maurel et al. 2014): Bellon-Maurel, V.; Short, M. D.; Roux, P.; Schulz, M.; Peters, G. M.: Streamlining life cycle inventory data generation in agriculture using traceability data and information and communication technologies – part I: concepts and technical basis. In: Journal of Cleaner Production, 69 (2014), S. 60-66.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Ben-Menachem/Gavious 2008): Ben-Menachem, M.; Gavious, I.: Economic Desirability and Traceability of Complex Products. In: The Electronic Journal Information Systems Evaluation, 11 (2008) 3, S. 155-166.

(Beulens et al. 1999): Beulens, A.; Jansen, M. H.; Wortmann, J. C.: The information de-coupling point. In: Mertins, K.; Krause, O.; Schallock, B. (Hrsg.): Global Production Management, IFIP TC5/WG5.7 International Conference on Advances in Production Management Systems, Berlin 1999, S. 51-58.

(BfN o. Jg.a): BfN (Bundesamt für Naturschutz): Ein- und Ausfuhr gefährdeter Arten. http://www.bfn.de/0305_regelungen.html, Abruf am 2015-05-20.

(BfN o. Jg.b): BfN (Bundesamt für Naturschutz): Gesetzliche Bestimmungen. http://www.bfn.de/0301_gentechnik.html, Abruf am 2015-05-25.

(Bigsby/Ozanne 2002): Bigsby, H., Ozanne, L. K.: The purchase decision: Consumers and environmentally certified wood products. In: Forest Products Journal, 52 (2002), S. 100-105.

(Bissantz et al. 2000): Bissantz, N.; Hagedorn, J.; Mertens, P.: Data Mining. In: Mucksch, H.; Behme, W.: Das Data-Warehouse-Konzept: Architektur, Datenmodelle, Anwendungen, 4. Auflage, Wiesbaden 2000, S. 377-407.

(Björk et al. 2011): Björk, A.; Erlandsson, M.; Häkli, J.; Jaakkola, K.; Nilsson, A.; Nummila, K., Puntanen, V.; Sirkka, A.: Monitoring environmental performance of the forestry supply chain using RFID. In: Computers in Industry, 62 (2011), S. 830-841.

(Blackburn et al. 2010): Blackburn, D.; Harwood, C.; Innes, T.; Williams, D.: Improved Methods for Achieving Traceability of Tree and Log Identities in Timber Processing Studies. In: Forest Products Journal, 60 (2010), S. 688-693.

(Blank et al. 2013): Blank, S.; Bartolein, C.; Meyer, A.; Ostermeier, R.; Rostanin, O.: iGreen: A ubiquitous dynamic network to enable manufacturer independent data exchange in future precision farming. In: Computers and Electronics in Agriculture, 98 (2013), S. 109-116.

(BLE o. Jg.): BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung): Handel mit Holz aus legalem Einschlag. http://www.ble.de/DE/02_Kontrolle/06_HandelMitHolz/HandelMitHolz_node.html, Abruf am 2015-05-20.

(Blechschmidt 2010a): Blechschmidt, J.: Begriffe und Papiersorten. In: Blechschmidt, J. (Hrsg.): Taschenbuch der Papiertechnik, München 2010, S. 30-44.

(Blechschmidt 2010b): Blechschmidt, J:. Rohstoffe der Papiererzeugung. In: Blechschmidt, J. (Hrsg.): Taschenbuch der Papiertechnik, München 2010, S. 45-54.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Bliznakov/Boner 2008): Bliznakov, P.; Boner, M.: Representing isotopic ratio data using state of the art mapping technologies. In: Proceedings of the international workshop “Fingerprinting methods for the identification of timber origins”, October 8-9 2007, Bonn/Germany, Braunschweig 2008, S. 58-60.

(BLL 2001): BLL (Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V.): Leitfaden Rückverfolgbarkeit. Die Organisation der Rückverfolgbarkeit von Produkten in der Lebensmittelkette, Bonn 2001.

(BMBF 2010): BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung): Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030. Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft, Bonn [u. a.] 2010.

(BMEL 2012) BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft): Außmaß der Migration unerwünschter Stoffe aus Verpackungsmaterialien aus Altpapier in Lebensmittel. Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Studie, Bonn [u. a.] 2012.

(BMEL 2014): BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft): Reduzierung von Mineralöl-Rückständen in Lebensmittelverpackungen. http://www.bmel.de/DE/Ernaehrung/SichereLebensmittel/RueckstaendeKontaminanten/_Texte/ReduzierungMineraloelRueckstaendeLebensmittelverpackungen.html, 2014-11-10, Abruf am 2015-10-15.

(BMELV 2009): BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz): Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe, Berlin 2009.

(BMELV 2013): BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz): Nutzen und Bedeutung der Bioenergie. http://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/Bioenergie/_texte/Bioenergie.html, 2013-06-30, Abruf am 2015-02-05.

(BMELV o. Jg.): BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz): Illegaler Holzeinschlag. http://www.bmel.de/DE/Wald-Fischerei/02_Internationale-Waldpolitik/_texte/IllegalerHolzeinschlag.html, Abruf am 2015-02-23.

(BMUB 2010): BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit): Verwendung gentechnisch veränderter Organismen in der Landwirtschaft. http://www.bmub.bund.de/themen/natur-arten/naturschutz-biologische-vielfalt/bio-und-gentechnik/agro-gentechnik/, 2010-06-01, Abruf am 2015-05-20.

(Boner et al. 2008): Boner, M.; Sommer, T.; Erven, C.; Förstel, H.: Stable isotopes as a tool to trace back the origin of wood. In: Degen, B. (Hrsg.): Proceedings of the international workshop “Fingerprinting methods for the identification of timber origins”, October 8-9 2007, Bonn/Germany, Braunschweig 2008, S. 47-57.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Borcherding 2007): Borcherding, M.: Rundholztransportlogistik in Deutschland – eine transaktionskostenorientierte empirische Analyse, Hamburg 2007.

(Borchert/Urspruch 2003): Borchert, M.; Urspruch, T.: Unternehmensnetzwerke, Duisburg 2003.

(Bortz/Döring 2006): Bortz, J.; Döring, N.: Forschungsmethoden und Evalution für Human- und Sozialwissenschaftler, 4. Auflage, Berlin [u. a.]. 2006.

(Bos et al. 1999): Bos, J. H.; Veenstra, P.; Verhoeven, H.; de Vos, P. D.: Das Papierbuch. Handbuch der Papirherstellung, Houten 1999.

(Böse/Uckelmann 2006): Böse, F.; Uckelmann, D.: Von der Chargenverfolgung zur Produktverfolgung – Veränderung in der logistischen Rückverfolgung auf Basis innovativer Identifikationstechnologien. In: Engelhardt-Nowitzki, C.; Lackner, E. (Hrsg): Chargenverfolgung. Möglichkeiten, Grenzen und Anwendungsgebiete, Wiesbaden 2006, S. 133-148.

(Bowman 2010): Bowman, K. D.: Longevity of Radiofrequency Identification Device Microchips in Citrus Trees. In: HortScience, 45 (2010) 3, S. 451-452.

(Braun 2005): Braun, I.: Entwurf und Modellierung einer universellen Telearbeitsumgebung auf Basis einer serviceorientierten Architektur, Dresden 2005.

(Bretztke et al. 2002): Bretzke, W.-R.; Stölzle, W.; Karrer, M.; Ploenes, P.: Vom Tracking & Tracing zum Supply Chain Event Management – aktueller Stand und Trends, Düsseldorf 2002.

(Brockhaus o. Jg.): Brockhaus: Forstverwaltung. http://han.sub.uni-goettingen.de/han/brockhauswissensservice/https/sub-uni-goettingen.brockhaus-wissensservice.com/brockhaus/forstverwaltung, Abruf am 2015-05-10.

(Brosius et al. 2009): Brosius, H.-B.; Haas, A.; Koschel, F.: Methoden der empririschen Kommunikationsforschung – Eine Einführung, 5. Auflage, Wiesbaden 2009.

(Bruckner 2012): Bruckner, W.: Mit Kostensenken wächst der CFK-Markt. In: VDI nachrichten (2012) 21, S. 8.

(Bruhn 2011): Bruhn, M. : Marketing. Grundlagen für Studium und Praxis, 11. Auflage, Wiesbaden 2011.

(Bruhn/Georgi 2001): Bruhn, M.; Georgi, D.: Zertifizierung. In: Bruhn, M.; Hornburg C. (Hrsg.): Gabler Marketing Lexikon, Wiesbaden 2001, S. 814-815.

(Bumgardner/Bowe 2002): Bumgardner, M.; Bowe, S.: Species selection in secondary wood products: Implications for product design and promotion. In: Wood and Fiber Science, 34 (2002) 3, S. 408-418.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Buxmann et al. 1999): Buxmann, P.; Weizel, T.; König, W.: Auswirkungen alternativer Koordinationsmechanismen auf die Auswahl von Kommunikationsstandards. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 69 (1999) 2, S. 133-151.

(BVL o. Jg.): BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit): Überblick über europäische Schnellwarnsysteme. http://www.bvl.bund.de/DE/01_Lebensmittel/01_Aufgaben/04_Schnellwarnsystem/00_ueberblick/lm_schnellwarnsysteme_ueberblick_node.html, Abruf am 2015-09-01.

(BVSE o. Jg.): BVSE (Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung): Altpapier – Sekundärrohstoff mit Zukunft. http://www.bvse.de/306/4106/Altpapier___Sekundaerrohstoff_mit_Zukunft, Abruf am 2015-08-11.

(Cai/Aguilar 2013a): Cai, Z.; Aguilar, F. X.: Consumer stated purchasing preferences and corporate social responsibility in the wood products industry: A conjoint analysis in the U.S. and China. In: Ecological Economics, 95 (2013), S. 118-127.

(Cai/Aguilar 2013b): Cai, Z.; Aguilar, F. X.: Meta-analysis of consumer's willingness-to-pay premiums for certified wood products. In: Journal of Forest Economics, 1 (2013), S. 15-31.

(Cambium-Forstbetriebe 2006): Cambium-Forstbetriebe: RFID Challenge 2006. The LTS-Log-Tracking-System Goes on the Offensive, Fahrenbach-Robern 2006.

(Carlsson et al. 2009): Carlsson, D.; D'Amours, S.; Martel, A.; Rönnqvist, M.: Supply Chain Planning Models in the Pulp and Paper Industry. In: INFOR, 3 (2009), S. 167-183.

(Carus et al. 2014): Carus, M.; Eder, A.; Dammer, L.; Korte, H.; Scholz, L.; Essel, R.; Breitmayer, E.: Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural Fibre Composites (NFC): European and Global Markets 2012 and Future Trends, Hürth 2014.

(Castle 2007): Castle, L.: Chemical migration into food: an overview. In: Barnes, K. A.; Sinclai, C. R.; Watson D. H.: Chemical Migration and Food Contact Materials, Cambridge 2007, S. 1-13.

(Cauthen 1999): Cauthen, R.: APS technology: powering supply chain management. In: Enterprise Systems Journal, 9 (1999), S. 41-48.

(CEFIC 2012): CEFIC (Verband der Europäischen chemischen Industrie); CEPI (Confederation of European Paper Industries); CITPA (International Confederation of Paper and Board Converters in Europe); FPE (Flexible Packaging Europe): Branchenrichtlinie über die Konformität von Produkten aus Papier und Pappe, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen, 2. Auflage, Brüssel 2012.

(Chandrashekar/Schary 1999): Chandrashekar, A.; Schary, P. B.: Toward the virtual supply chain: the convergence of IT and organization. In: International Journal of Logistics Management, 10 (1999) 2, S. 27-39.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Charpentier/Choffel 2003): Charpentier, P., Choffel, D.: The feasibility of intrinsic signature identification for the traceability of pieces of wood. In: Forest Products Journal, 53 (2003) 9, S. 40-46.

(Chen 2007): Chen, F.: Auctioning Supply Conracts. In: Management Science, 53 (2007) 10, S. 1562-1576.

(Chen/Yu 2005): Chen, F; Yu, B.: Quantifying the Value of Lead Time Information in a single-location Iinventory System. In: Manufacturing & Service Operations Management, 7 (2005) 2, S. 144-151.

(Chen et al. 2008): Chen, R.-S.; Chen, C.-C.; Yeh, K. C.; Chen, Y.-C.; Kuo, C.-W.: Using RFID technology in food produce traceability. In: WSEAS Transactions on Information Science and Applications, 11 (2008), S. 1551-1560.

(Childe 2011): Childe, J.: Case studies in operations management. In: Production Planning & Control: The Management of Operations, 22 (2011) 2, S. 107.

(Chiorescu et al. 2003): Chiorescu, S.; Berg, P.; Grönlund, A.: The fingerprint approach: Using data generated by a 2-axis log scanner to accomplish traceability in the sawmill's log yard. In: Forest Products Journal, 53 (2003) 2, S. 78-86.

(Chiorescu/Grönlund 2004a): Chiorescu, S.; Grönlund, A.: The fingerprint approach: Using data generated by a 3D log scanner on debarked logs to accomplish traceability in the sawmill's log yard. In: Forest Products Journal, 54 (2014) 12, S. 269-276.

(Chiorescu/Grönlund 2004b): Chiorescu, S.; Grönlund, A.: The Fingerprint Method: Using Over-bark and Under-bark Log Measurement Data Generated by Three-dimensional Log Scanners in Combination with Radiofrequency Identification Tags to Achieve Traceability in the Log Yard at the Sawmill. In: Scandinavian Journal of Forest Research, 19 (2004), S. 374-383.

(Choi 2010): Choi, H.-C. P.: Information Sharing in Supply Chain Management: A Literature Review on Analytical Research. In: California Journal of Operations Management, 8 (2010) 1, S. 110-116.

(Choi et al. 1998): Choi, H.-C. P.; Blocher, J.; Gavirneni, S.: Value of Sharing Production Yield Information in a Serial Supply Chain. In: Production and Operations Management, 17 (1998) 6, S. 614-625.

(Christopher 2005): Christopher, M.: Logistics and supply chain management: creating value-adding networks, 3. Auflage, Harlow 2005.

(Cimino et al. 2005): Cimino, M.; Lazzerini, B.; Marcelloni, F.;Tomasi, A.: Cerere: an information system supporting traceability in the food supply chain. In: Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on E-Commerce Technology Workshops, München 2005, S. 90-98.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Clasen 2006): Clasen, M.: Das EPCglobal-Netzwerk – Ein Werkzeug zur Rückverfolgung in Echtzeit. In: elektronische Zeitschrift für Agrarinformatik eZAI, 1 (2006) 1, S. 3-15.

(Clasen/Füßler 2005): Clasen, M.; Füßler, A.: EPC löst Kettenreaktion aus – Die Transponderpreise sinken stetig. In: GS1 Magazin, (2005) 4, S. 40-42.

(Clemens 2003): Clemens, R.: Meat traceability and consumer assurance in Japan. MATRIC Briefing Paper 03-MBP 5, Iowa 2003.

(Cole/Balasubramanian 1993): Cole, C. A.; Balasubramanian, S. K.: Age differences in consumers' search for information: Public policy implications. In: Journal of Consumer Research, 20 (1993), S. 157-169.

(Cooper 1988): Cooper, H. M.: Organizing Knowledge Synthesis: A Taxonomy of Literature Reviews. In: Knowledge in Society, 1 (1988) 1, S. 104-126.

(Cooper/Hedges 1994): Cooper, H. M.; Hedges, L. V.: Research Synthesis as a Scientific Enterprise. In: Cooper, H. M.; Hedges L. V.: The Handbook of Research Synthesis, New York 1994, S. 3-14.

(Couper 2000): Couper, M. P: Web Surveys: A Review of Issues and Approaches. In: Public Opinion Quarterly, 64 (2000) 4, S. 464-494.

(Cross 2000): Cross, G. J.: How e-business is transforming supply chain management. In: The Journal of Business Strategy, 21 (2000) 2, S. 36-39.

(D'Amours et al. 1999): D'Amours, S.; Montreuil, B.; Lefrancois, P.; Soumis, F.: Networked manufacturing: the impact of information sharing. In: International Journal of Production Economics, 58 (1999) 1, S. 63-79.

(da Silva et al. 2010): da Silva, D. L.; Corrêa, P. L.; Najm, L. H.: Requirements Analysis for a Traceability System for Management Wood Supply Chain on Amazon Forest. In: Proceedings of Fifth International Conference on Digital Information Management (ICDIM), o. O. 2010, S. 87-94.

(Dada/Staake 2008): Dada, A.; Staake, T.: Carbon footprints from enterprises to product instances: the potential of the EPC network. In: Hegering, H.-G.; Lehmann, A.; Ohlbach, H. J.; Scheideler, C. (Hrsg.): Betriebliche Informationssysteme vor dem Hintergrund des Klimawandels, 38. GI-Jahrestagung, 8-13 September, München, Germany, München 2008, S. 873-878.

(Dainelli 2006): Dainelli, D.: Traceability and food contact materials. In: Barnes, K. A.; Sinclair C. R.; Watson, D. H. (Hrsg.): Chemical Migration and Food Contact Materials, Cambridge 2006, S. 64-83.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Danckwerts 1953): Danckwerts, P. V.: Continuous Flow Systems. Distribution of Residence Times. In: Chemical Engeneering Science, 2 (1953) 1, S. 1-13.

(Dedrick 2010): Dedrick, J.: Green IS: Concepts and Issues for Information Systems Research. In: Communications of the Association for Information Systems, 27 (2010) 1, S. 173-184.

(Deeter-Schmelz et al. 2001): Deeter-Schmelz, D. R.; Bizzari, A.; Graham, R.; Howdyshell, C.: Business-to-business online purchasing: suppliers' impact on buyers' adoption and usage intent. In: Journal of Supply Chain Management, 31 (2001) 1, S. 4-10.

(Degen/Fladung 2008): Degen, B.; Fladung, M.: Use of DNA-markers for tracing illegal logging. In: Degen, B. (Hrsg.): Proceedings of the international workshop "Fingerprinting methods for the identification of timber origins", October 8-9 2007, Bonn/Germany, Braunschweig 2008, S. 6-14.

(Degen et al. 2010): Degen, B.; Höltken, A.; Rogge, M.: Use of DNA-Fingerprints to Control the Origin of Forest Reproductive Material. In: Silvae Genetica, 59 (2010) 6, S. 268-273.

(Deguilloux et al. 2003): Deguilloux, M.-F.; Pemonge, M.-H.; Bertel, L.; Kremer, A.; Petit, R. J.: Checking the geographical origin of oak wood: molecular and statistical tools. In: Molecular Ecology, 12 (2003), S. 1629-1636.

(Deguilloux et al. 2004): Deguilloux, M.-F.; Pemonge, M.-H.; Petit, R. J.: DNA-based control of oak wood geographic origin in the context of the cooperage industry. In: Annals of Forest Science, 61 (2004), S. 97-104.

(Dennis et al. 1985): Dennis, B.; Brown, B. E.; Stage, A. R., Burkhart, H. E.; Clark, S.: Problems of Modeling Growth and Yield of Renewable Resources. In: The American Statistician, 39 (1985) 4, S. 374-383.

(Dennis/Meredith 2000): Dennis, D.; Meredith, J.: An Empirical Analysis of Process Industry Transformation Systems. In: Management Science, 46 (2000) 8, S. 1085-1099.

(DeSH o. Jg.a): DeSH (Deutsche Säge- und Holzindustrie Bundesverband e.V.): Die Branche. http://www.saegeindustrie.de/sites/branche.php, Abruf am 2015-02-09.

(DeSH. o. Jg.b.): DeSH (Deutsche Säge- und Holzindustrie Bundesverband e.V.): Struktur der Sägeindustrie. http://www.saegeindustrie.de/sites/themen.php?id=17, 2015-02-11.

(Deska 2005): Deska, B.: RFID und Barcode – Partner oder Konkurrenz? In: Software in der Logistik. Schwerpunkt RFID. Anforderungen an WMS, ERP, TMS und SCM, München 2005, S. 32-38.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(DeSTATIS o. Jg.): DeSTATIS (Deutsches Statistik-Informationssystem): Wald und Holz. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/WaldundHolz/Tabellen/HolzeinschlagDeutschland.html, 2015-02-11.

(DFWR/DHWR. 2014): DFWR (Deutscher Forstwirtschaftsrat e.V.); DHWR (Deutscher Holzwirtschaftsrat e.V.): Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland (RVR) des Deutschen Forstwirtschaftsrates e.V. und des Deutschen Holzwirtschaftsrates e.V., Berlin 2014.

(DFWR o. Jg.): DFWR (Deutscher Forstwirtschaftsrat e.V.): Deutscher Forstwirtschaftsrat. http://dfwr.de/download/Broschuere_1903_final.pdf, Abruf am 2015-01-15.

(DGFH o Jg.): DGFH (Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V.): Holz. Rohstoff der Zukunft – nachhaltig verfügbar und umweltgerecht, München o.Jg.

(Díaz de Rada 2005): Díaz de Rada, V.: The effect of follow-up mailings on the response rate and response quality in mail surveys. In: Quality & Quantity, 39 (2005), S. 1-18.

(Dillman 2007): Dillman, D. A.: Mail and Internet Surveys: The Total Design Method, 2. Auflage, New York 2007.

(Dimara/Skuras 2003): Dimara, E.; Skuras, D.: Consumer evaluations of product certification, geographic association and traceability in Greece. In: European Journal of Marketing information, 37 (2003) 5/6, S. 690-705.

(Diouf 2011): Diouf, J.: Foreword. In: FAO (Hrsg.): Biotechnologies for Agricultural Development, Rom 2011, S. v-vi.

(Disney/Towill 2003): Disney, S. M.; Towill, D. R.: The effect of vendor managed inventory (VMI) dynamics on the Bullwhip Effect in supply chains. In: International Journal of production economics, 85 (2003), S. 199-215.

(Dobschall 2010): Dobschall, E.: Holzvorbereitung für die Faserstofferzeugung. In: Blechschmidt, J. (Hrsg.): Taschenbuch der Papiertechnik, München 2010, S. 55-66.

(Döring/Mantau 2012): Döring, P.; Mantau, U.: Standorte der Holzwirtschaft – Sägeindustrie – Einschnitt und Sägenebenprodukte 2010, Hamburg 2012.

(DoubleHelix 2011): DoubleHelix: Applied Genetics for Forest Conservation and Sustainable Trade, Singapore 2011.

(Drossart/Mühlenhoff 2010): Drossart, I.; Mühlenhoff, J.: Holzenergie. Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen, Berlin 2010.

(Du et al. 2010): Du, J.; Li, P.; Gao, W.; Wang, D.; Wang, Q.; Zhu, Y.: An Application of RFID in Monitoring Agricultural Material Products. In: Li, D.; Zhao, C. (Hrsg.): Computer and Compu-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

ting Technologies in Agriculture III. Third IFIP TC 12 International Conference, CCTA 2009, Beijing, China, October 14-17, 2009, Revised Selected Papers. Berlin [u. a.] 2010, S. 254-259.

(Dunkel et al. 2008): Dunkel, J.; Eberhart, A.; Fischer, S.; Kleiner, C.; Koschel, A.: Systemarchiterkturen für verteilte Anwendungen. Client-Server, Multi-Tier, SOA, Event-Driven Architectures, P2P, Grid, Web 2.0, München 2008.

(Dykstra et al. 2003): Dykstra, D. P.; Kuru, G.; Nussbaum, R.: Technologies for log tracking. In: International Forestry Review, 5 (2003) 3, S. 262-267.

(Dykstra et al. 2002): Dykstra, D. P.; Kuru, G.; Taylor, R.; Nussbaum, R.; Magrath, W.; Story, J.: Technologies for wood tracking: Verifying and Monitoring the Chain of Custody and Legal Compliance in the Timber Industry, Washington 2002.

(ECMA 2013): ECMA (European Carton Makers Association): ECMA Good Manufacturing Practice Guide – ECMA GMP Leitlinie (Deutsche Übersetzung), Frankfurt am Main 2013.

(Ehrhardt et al. 2010): Ehrhardt, I.; Seidel, H.; Doden, N.: Potentials for Savings by Implementing RFID and Telematic Technologies in the Timber and Biomass Supply Chain. In: Agronomy Research, 8 (2013) (Special Issue 1), S. 47-59.

(El Sheikha et al. 2013): El Sheikha, A.; Chalier, C.; Zaremski, A.; Montet, D.: Novel molecular fingerprinting for geographical traceability of timber. In: Journal of Tropical Forest Science, 25 (2013) 3, S. 387-392.

(Emmler et al. 2008): Emmler, R.; Gittel, H.-J.; Leps, T.; Ober, M.; Scholz, F.; Wagenführ, A.: Holzbearbeitung. In. Wagenführ, A.; Scholz, F. (Hrsg.): Taschenbuch der Holztechnik, München 2008, S. 260-432.

(Essoussi/Linton 2010): Essoussi, L. H.; Linton, J. D.: New or recycled products: How much are consumers willing to pay? In: Journal of Consumer Marketing, 27 (2010) 5, S. 458-468.

(Etspüler 2015): Etspüler, M.: Hightech-Faser aus dem Wald. In: VDI Nachrichten, (2015) 7, S. 16.

(EU FLEGT Facility o. Jg.a): EU FLEGT Facility: Voluntary Partnership Agreements. http://www.euflegt.efi.int/vpa, Abruf am 2015-05-20.

(EU FLEGT Facility o. Jg.b): EU FLEGT Facility: How are VPAs negotiated? http://www.euflegt.efi.int/the-process, Abruf am 2015-05-20.

(EU FLEGT Facility o. Jg.c): EU FLEGT Facility: VPA countries. http://www.euflegt.efi.int/vpa-countries, Abruf am 2015-05-20.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(EUR-Lex 2010). EUR-Lex: Der Vorrang des EU-Rechts. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=URISERV:l14548&qid=1434360096012, 2010-10-01, Abruf am 2015-05-20.

(European Commission 2012): European Commission: Discussion Paper on Actors Mapping. http://ec.europa.eu/consumers/archive/safety/projects/docs/14062012_mapping_discussion_paper_2012_en.pdf. 2012-05, Abruf am 2015-05-15.

(European Commission 2014): European Commission: What is an SME? http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/sme-definition/index_en.htm, 2014, Abruf am 2014-01-16.

(European Commission 2015): European Commission: RASFF – Food and Feed Safety Alerts. http://ec.europa.eu/food/safety/rasff/index_en.htm, 2015-08-20, Abruf am 2015-09-15.

(European Commission o. Jg.a.): European Commission: RAPEX – Search notifications. http://ec.europa.eu/consumers/safety/rapex/alerts/main/index.cfm?event=main.search, Abruf am 2015-03-04

(European Commission o. Jg.b.): European Commission: List of SNIFs circulated under Article 9 of Directive 90/220/EEC and Article 9 of Directive 2001/18/EC From 21 October 1991 to 26/04/2012. http://gmoinfo.jrc.ec.europa.eu/overview/doc/snifs.pdf, Abruf am 2015-05-20.

(FAO 2008): FAO (Food and Agriculture Organization): What is Sustainable Forest Management? http://www.fao.org/forestry/24447/en/, 2008-12-05, Abruf am 2015-03-15.

(FAO 2010): FAO (Food and Agriculture Organization): Global Forest Resources Assessment 2010. Main report, Rom 2010.

(Fenning/Gershenzon 2002): Fenning, T. M.; Gershenzon, J.: Where will the wood come from? Plantation forests and the role of biotechnology. In: Trends in Biotechnology, 20 (2002) 7, S. 291-296.

(Fettke 2006a): Fettke, P.: State-of-the-Art des State-of-the-Art – Eine Untersuchung der Forschungsmethode „Review“ innerhalb der Wirtschaftsinformatik. In: Wirtschaftsinformatik, 48 (2006) 4, S. 257-266.

(Fettke 2006b): Fettke, P.: Referenzmodellevaluation. Konzeption der strukturalistischen Referenzmodellierung und Entfaltung ontologischer Gütekriterien, Berlin 2006.

(Fettke et al. 2010): Fettke, P.; Houy, C.; Loos, P.: Zur Bedeutung von Gestaltungswissen für die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik. Konzeptionelle Grundlagen, Anwendungsbeispiel und Implikationen. In: Wirtschaftsinformatik, 52((2010) 6, S. 339-352.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Fettke/Loos 2004): Fettke, P.; Loos, P.: Referensmodellierungsforschung. In: Wirtschaftsinformatik, 5 (2004), S. 331-340.

(Fettke/vom Brocke 2013): Fettke, P.; vom Brocke, J.: Referenzmodell. http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/is-management/Systementwicklung/Softwarearchitektur/Wiederverwendung-von-Softwarebausteinen/Referenzmodell, 2013-08-23, Abruf am 2015-06-18.

(FFI 2014): FFI (Fachverband Faltschachtel-Industrie e.V.): Pressemitteilung NR. 1 vom 15.07.2014, Frankfurt am Main 2014.

(FFI o. Jg.): FFI (Fachverband Faltschachtel-Industrie e.V.): Branche. http://www.ffi.de/cms/faltschachtel/index1.html, Abruf am 2015-02-13.

(Fielding et al. 2008): Fielding, N.; Lee, R. M.; Blank, G.: The SAGE Handbook of Online Research Method, London [u. a.] 2008.

(Finkeldey et al. 2010): Finkeldey, R.; Leinemann, L.; Gailing, O.: Molecular genetic tools to infer the origin of forest plants and wood. In: Applied Microbiology and Biotechnology, 85 (2010), S. 1251-1258.

(Finkeldey et al. 2008): Finkeldey, R.; Rachmayanti, Y.; Nuroniah, H.; Nguyen, N. P.; Cao, C.; Gailing, O.: Identification of the timber origin of tropical species by molecular genetic markers – the case of dipterocarps. In: Proceedings of the international workshop “Fingerprinting methods for the identification of timber origins”, October 8-9 2007, Bonn/Germany, Braunschweig 2008, S. 20-27.

(Finkenzeller 2006): Finkenzeller, K.: RFID Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten, München 2006.

(Fischer/Bäurich 2010): Fischer, K.; Bäurich, C.: Chemischer Aufschluss von Holz. In: Bleichschmidt, J. (Hrsg.): Taschenbuch der Papiertechnik, München 2010, S. 102-158.

(Fischer 2006): Fischer, S.: Traceability Management: Wie Unternehmen die Risiken von Produktrückrufen begrenzen können. In: Engelhardt-Nowitzki, C.; Lackner, E. (Hrsg.): Chargenverfolgung. Möglichkeiten, Grenzen und Anwendungsgebiete, Wiesbaden 2006, S. 175-191.

(Fladung 2014): Fladung, M.: Pappeln als Nachwachsender Rohstoff: „Die Pappel ist züchterisch noch lange nicht ausgereizt“. http://www.transgen.de/pflanzenforschung/bioenergie/1775.doku.html, 2014-03-31, Abruf am 2015-05-20.

(Fliedner 2003): Fliedner, G.: CPFR: an emerging supply chain tool. In: Industrial Management & Data Systems, 103 (2003) 1, S. 14-21.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Flodin 2008): Flodin, J.: On Fingerprint Traceability in the Forestry Supply Chain. Luleå-Skellefteå 2008.

(Flodin et al. 2007): Flodin, J.; Oja, J.; Grönlund, A.: Fingerprint traceability of sawn products using x-ray log scanning and sawn timber surface scanning. In: Grześkiewicz, M.: (Hrsg.): COST E 53 Conference – Quality Control for Wood and Wood Products, 15-17 Oktober, Warsaw 2007, S. 39-42.

(Flodin et al. 2008a): Flodin, J.; Oja, J.; Grönlund, A.: Fingerprint traceability of sawn products using industrial measurement systems for x-ray log scanning and sawn timber surface scanning. In: Forest Products Journal, 58 (2008) 11, S. 100-105.

(Flodin et al. 2008b): Flodin, J.; Oja, J.; Grönlund, A.: Fingerprint Traceability of logs usig the outer shape and the trachedd effect. In: Forest Products Journal, 58 (2008) 4, S. 21-27.

(FMRIC 2008): FMRIC (Food Marketing Research and Information Center): Handbook for Introduction of Food Traceability Systems (Guidelines for Food Traceability), 2. Auflage, Tokyo 2008.

(FNR 2010): FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.): Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie. Stoffliche Nutzung von Agrar- und Holzrohstoffen in Deutschland, Gülzow 2010.

(FNR 2011): FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.): Nachwachsende Rohstoffe. Spitzentechnologie ohne Ende, Gülzow 2011

(FNR 2012): FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.): Pflanzen für Industrie und Energie. Gülzow 2012.

(Fogler 2005): Fogler, H. S.: Elements of Chemical Reaction Engineering, 4. Auflage, Upper Saddle River 2005.

(Folinas et al. 2006): Folinas, D.; Manikas, I.; Manos, B.: Tracebaility data management for food chains. In: British Food Journal, 108 (2006) 8, S. 622-633.

(Format-X o. Jg.): Format-X.: Was macht die chemische Industrie aus Holz? http://www.format-x.com/tl_files/formatwerk/school/pdf_holzprojekt/Folie%2032.pdf, Abruf am 2015-02-19.

(Forstbetriebsgemeinschaft Kleines Wiesental w. V. 2015): Forstbetriebsgemeinschaft Kleines Wiesental w. V.: Preisrahmen für den Holzankauf durch die FBG. http://www.fbg-kleines-wiesental.de/Der%20aktuelle%20Holzmarkt.htm#Preisrahmen Holzankauf, 2015-06-25, Abruf am 2015-07-01.

(Förstel 2008): Förstel, H.: Application of the natural variation of stable isotope composition in wood – a brief view of the history and outlook to the future. In: Proceedings of the international workshop “Fingerprinting methods for the identification of timber origins”, October 8-9 2007, Bonn/Germany, Braunschweig 2008, S. 28-37.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Forstpraxis 2010): Forstpraxis: Trends in der Holzlogistik. http://www.forstpraxis.de/trends-holzlogistik, 2010-12-06, Abruf am 2015-04-15.

(Forstpraxis 2011): Forstpraxis: Deutsche Holzindustrie verabschiedet Erklärung zur PEFC-Produktkettenzertifizierung. http://www.forstpraxis.de/deutsche-holzindustrie-verabschiedet-erklaerung-pefc-produktkettenzertifizierung, 2011-10-19, Abruf am 2015-01-30.

(Forstpraxis 2015): Forstpraxis: Österreich: Preisentwicklung bei Nadelschnittholz und Sägenebenprodukte. http://www.forstpraxis.de/oesterreich-preisentwicklung-bei-nadelschnittholz-und-saegenebenprodukte, 2015-04-07, Abruf am 2015-08-25.

(forstware Informationssysteme o. Jg.): Forstware Informationssysteme: Geomail. Von der Inventur bis ins Werk, Meersburg o. Jg.

(Foster/Lees 2000): Foster, L. D.: Lees, J. A.: Tracers in Geomorphology: Theory and Applications in Tracing Fine Particulate Sediments. In: Foster, J. D. (Hrsg.): Tracers in Geomorphology, New York 2000, S. 3-20.

(Fraanje 1997): Fraanje, P. J.: Cascading of pine wood. In: Resources, Conservation and Recycling, 19 (1997), S. 21-28.

(Frank 2010): Frank, U.: Zur methodischen Fundierung der Forschung in der Wirtschaftsinformatik. In: Österle, H.; R. Winter, R.; W. Brenner, W. (Hrsg.): Gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik: Ein Plädoyer für Rigor und Relevanz, o. O. 2010, S. 35-44.

(Fransoo/Rutten 1993): Fransoo, J. C.; Rutten, W. G.: A Typology of Production Control Situations in Process Industries. In: International Journal of Operations & Production Management, 14 (1993) 12, S. 47-57.

(Franz 2010): Franz, R.: Verpackungstoxikologie. In: Ledochowski, M. (Hrsg.): Klinische Ernährungsmedizin, Wien 2010, S. 461-471.

(Freiling 2001): Freiling, J.: Zertifizierung. In: Diller, H. (Hrsg.): Vahlens Großes Marketing Lexikon, München 2001, S. 1935.

(Friedemann 2014): Friedemann, S.: IT-gestützte Produktionsplanung mit nachwachsenden Rohstoffen unter Berücksichtigung von Unsicherheiten, Göttingen 2014.

(Friedemann et al. 2011): Friedemann, S.; Dehler, C.; Friedrich, T.; Haack, A.; Schumann, M.: Diffusion of IS in companies using renewable resources and its impact on uncertainty. In: Proceedings of the Seventeenth Americas conference on Information Systems (AMCIS), Detroit 2011, Paper 148.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Friedemann/Schumann 2011): Friedemann, S.; Schumann, M.: Potentials and limitations of RFID to reduce uncertainty in production planning with renewable resources. In: Journal of System and Management Sciences, 1 (2011) 2, S. 47-66.

(Friedemann/Schumann 2013): Friedemann, S.; Schumann, M.: How to Consider Supply Uncertainty of Renewable Resources in the Basic Data Structures of ERP-Systems. In: Piazolo,F.; Felderer, M. (Hrsg.): Innovation and Future of Enterprise Information Systems. ERP Future 2012 Conference, Salzburg Austria,Revised Papers, Lecture Notes in Information Systems and Organization, 4. Auflage, Berlin [u. a.] 2013, S. 253-269.

(Frohlich 2002): Frohlich, M. T.: e-Integration in the supply chain: Barriers and performance. In: Decision Sciences, 33 (2002) 4, S. 537-556.

(FSC Deutschland 2013): FSC Deutschland (Forest Stewardship Council Arbeitsgruppe Deutschland e.V.): Lebhafter Dialog zur FSC Online-Claims-Platform – OCP, Freiburg 2013.

(FSC Deutschland o. Jg.): FSC Deutschland (Forest Stewardship Council Arbeitsgruppe Deutschland e.V.): Machen Sie Ihre Produkte zu etwas Besonderem! Das FSC-CoC-Zertifikat verleiht Exklusivität, Freiburg o. Jg.

(FSC International 2014): FSC International (Forest Stewardship Council): Global FSC certificates: type and distribution, Bonn 2014.

(FSC International o. Jg.): FSC International (Forest Stewardship Council). FREQUENTLY ASKED QUESTIONS, Freiburg o. Jg.

(fTRACE o. Jg.): fTRACE: Was ist fTRACE? http://www.ftrace.com/de/de/about, Abruf am 2015-09-01.

(Fuentealba et al. 2004a): Fuentealba, C.; Simon, C.; Choffel, D.; Charpentier, P.; Masson, D.: Wood Products Identificaiton by Internal Characteristics Readings. In: IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 2 (2004), S. 763-768.

(Fuentealba et al. 2004b): Fuentealba, C.; Simon, C.; Choffel, D.; Charpentier, P.; Masson, D.: The k-Nearest Neighbor Method for Automatic Identification of Wood Products. In: Proceedings of the 14th International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP'04), o. O. 2004, S. 124-129.

(Furness/Osman 2003): Furness, A.; Osman, K. A.: Developing Traceability Systems Across the Supply Chain. In: Lees, M. (Hrsg.): Food Authenticity and Traceability, Boca Raton 2003, S. 473-495.

(Gabler 1997): Gabler: Wirtschaftslexikon, Wiesbaden 1997.

(Gabler 2013): Gabler: Gabler Kompakt-Lexikon Wirtschaft: 4.500 Begriffe nachschlagen, verstehen, anwenden, 11. Auflage, Wiesbaden 2013.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Gabler Lexikon Logistik 2012): Gabler Lexikon Logistik: Tracking und Tracing. In: Klaus, P.; Krieger, W.; Krupp, M. (Hrsg.): Gabler Lexikon Logistik, 5. Auflage, Wiesbaden 2012, S. 587.

(Gadema/Oglethorpe 2011): Gadema, Z.; Oglethorpe, D.: The use and usefulness of carbon labelling food: A policy perspective from a survey of UK supermarket shoppers. In: Food Policy, 36 (2011) 6, S. 815-822.

(Gampl 2006): Gampl, B.: Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln. Eine empirische Analyse kettenübergreifender Informationssysteme, Göttingen 2006.

(Gan et al. 2011): Gan, W.; Zhu, Y.; Zhang, T.: On RFID Application in the Tracking and Tracing System of Agricultural Products Logistics. In: Li, D.; Zhao C. (Hrsg.): Computer and Computing Technologies in Agriculture IV. 4th IFIP TC 12 Conference, CCTA 2010, Nanchang, China, October 22-25, 2010, Part II, Selected Papers, Berlin [u. a.] 2011, S. 400-407.

(Geldermann 2012): Geldermann, J.: Einsatz nachwachsender Rohstoffe in der Produktion und Konsequenzen für die Planung. In: Corsten, H. Roth, S. (Hrsg.): Nachhaltigkeit: Unternehmerisches Handeln in globaler Verantwortung, Wiesbaden 2012, S. 191-213.

(Genschmer/Krey 2010): Genschmer, U.; Krey, A.: Performance Measurement und Anreizsysteme als Elemente des strategischen Supply Chain Managements. In: Engelhardt-Nowitzki, C.; Nowitzki, O.; Zsifkovits, H. (Hrsg.): Supply Chain Network Management, Wiesbaden 2010, S. 39-45.

(GeoMail o. Jg.) GeoMail: GeoMail. Von der Inventur bis ins Werk. http://www.geomail.biz/geomail.html, 2015-07-31.

(Gillert/Hansen 2007): Gillert, F.; Hansen, W.-R.: RFID für die Optimierung von Geschäftsprozessen. Prozess-Strukturen, IT-Architekturen, RFID-Infrastruktur, München [u. a.] 2007.

(Gleim et al. 2013): Gleim, M. R.; Smith, J. S.; Andrews, D.; Cronin Jr., J. J.: Against the Green: A Multi-method Examination of the Barriers to Green Consumption. In: Journal of Retailing, 89 (2013) 1, S. 44-61.

(Golan et al. 2004): Golan, E.; Krissoff, B.; Kuchler, F.; Calvin, L.; Nelson, K.; Price, G.: Traceability in the U.S. Food Supply: Economic Theory and Industry Studies, Washington 2004.

(Golan et al. 2003): Golan, E.; Krissoff, B.; Kuchler, F.; Nelson, K.; Price, G.; Calvin, L.: Traceability in the US Food Supply: Dead End or Superhighway? In: Choices: The magazine of food, farm and resource isssues, Second Quarter 2003, S. 17-20.

(Gold/Rubik 2009): Gold, S.; Rubik, F.: Consumer attitudes towards timber as a construction material and towards timber frame houses – selected findings of a representative survey among the German population. In: Journal of Cleaner Production, 17 (2009) 2, S. 303-309.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Gomes et al. 2002): Gomes, A. P.; do Prado Braga, E.; Rezende de Azevedo, T.: Chain of Custody certification manual according to the Forest Stewardship Council – FSC – scheme, Echborn 2002.

(Götz et al. 2005): Götz, T.; Safai, S.; Beer, P.: Effiziente Logistikprozesse mit SAP® RFID, Bonn 2005.

(Gracia/Zeballos 2005): Gracia, A.; Zeballos, G.: Attitudes of retailers and consumers toward the EU traceability and labeling system for beef. In: Journal of Food Distribution Research, 36 (2005), S. 45-56.

(Graf/Janssen 2008): Graf, J.; Janssens, U.: Historie des Qualitätsmanagements. In: Intensivmedizin und Notfallmedizin, 45 (2008) 4, S. 171-181.

(Graf et al. 2002): Graf, T.; Heydrich, R.; Rudel, H.; Wurl, W.; Biertümpfel, A.; Vetter, A.: Anbau und Verwertung von Faserpflanzen in Thüringen, Erfurt 2002.

(Gronalt et al. 2006): Gronalt, M.; Chloupek, A.; Greigeritsch, T.; Häuslmayer, H.: WoodLoog: Optimization Potenzials by a Wood Logistik Control Center Austria, Vienna 2006.

(GS1 2004): GS1: Rückverfolgbarkeit von Produkten und effizienter Warenrückruf, Köln 2004.

(GS1 2008): GS1: Mobile Commerce: opportunities and challenges. A GS1 Mobile Com White Paper, Brussels 2008.

(GS1 2009a): GS1: Von Tracking & Tracing profitieren – Strategien und Umsetzungshilfen für effiziente Rückverfolgbarkeit, Köln 2009.

(GS1 2009b): GS1: GS1 MobileCom. Extended Packaging Pilot Handbook. Issue 1, 2009-02-11, Brüssel 2009.

(GS1 2013): GS1: GS1 Standards. Die NVE und das GS1-Transportetikett in der Anwendung. Funktion, Aufbau und Umsetzungshinweise zur NVE (SSCC), Brüssel 2013.

(GS1 2014a): GS1: Annual Report 2013-2014, Brüssel 2014.

(GS1 2014b): GS1: EPC Tag Data Standard. Version 1.9. http://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/TDS_1_9_Standard.pdf, Abruf am 2015-07-01.

(GS1 2014c): GS1: EPC Information Services (EPCIS). Verson 1.1. Specification, Brüssel 2014.

(GS1 o. Jg.a). GS1: Barcode erstellen in 4 Schritten. https://www.gs1-germany.de/gs1-complete/4-schritte-zum-barcode/, Abruf am 2015-05-31.

(GS1 o. Jg.b). GS1: EANCOM®. https://www.gs1-germany.de/gs1-standards/datenaustausch/eancom/, Abruf am 2015-07.15.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Guillery 2011): Guillery, P.: Traceability and The Forest Stewardship Council, Bonn 2011.

(Gullichsen/Fogelholm 1999): Gullichsen, J.; Fogelholm, C.-J.: Chemical Pulping (Bd. 6A), Helsinki 1999.

(Gunasekaran 1999): Gunasekaran, A.: Just-in-time purchasing: An investigation for research and applications. In: Internation Journal of Production Economics, 59 (1999), S. 77-84.

(Günter/Grote 2009): Günter, H.; Grote, G.: Kooperative Planung in der Forst- und Holzwirtschaft: eine arbeitspsychologische Perspektive. In: Thees, O.; Lemm, R. (Hrsg.): Management zukunftsfähige Waldnutzung. Grundlagen, Methoden und Instrumente, Zürich 2009, S. 65-76.

(Gustafson et al. 2006): Gustafson, K.; Jönson, G.; Smith, D.; Sparks, L.: Retailing Logistics & Fresh Food Packaging – Managing change in the supply chain, London [u. a.] 2006.

(Haartveit/Knotten 2007): Haartveit, A. Y.; Knotten, I.: Traceability for improved logistics – an ambitious goal. In: Proceedings of 3rd Forest Engineering Conference – Sustainable Forest Operations, Mont-Tremblant, Quebec, October 1-4,. Mont-Tremblant, Quebec 2007.

(Häggman et al. 2013): Häggman, H.; Raybould, A.; Borem, A.; Fox, T.; Handley, L.; Hertzberg, M.; Lu, M.-Z.; Macdonald, P., Oguchi, T.; Pasquali, G.; Pearson, L.; Peter, G.; Quemada, H.: Genetically engineered trees for plantation forests: key considerations for environmental risk assessment. In: Plant Biotechnology Journal, 11 (2013), S. 785-798.

(Häkli et al. 2010): Häkli, J.; Jaakkola, K.; Pursula, P.; Huusuko, M.; Nummila, K.: UHF RFID based Tracking of Logs in the Forest Industry. In: International IEEE Conference on RFID, Orlando 2010, S. 245-251.

(Häkli et al. 2013): Häkli, J.; Sirkka, A.; Jaakkola, K.; Puntanen, V.; Nummila, K.: Challenges and Possibilities of RFID in the Forest Industry. In: Reaz, M. I. (Hrsg.): Radio Frequency Identification from System to Applications, Rijeka 2013, S. 301-324.

(Hannus et al. 2008): Hannus, T.; Poignée, O. K.; Jahn, V.; Schiefer, G.: IT – Unterstützung im Qualitätsmanagement – Status Quo und Entwicklungsmöglichkeiten. In: Mülleri, R. A.; Sundermeier, H.-H.; Theuvsen, L.; Schütze, S.; Morgenstern, M. (Hrsg.): Unternehmens-IT: Führungsinstrument oder Verwaltungsbürde? Referate der 28. GIL-Jahrestagung in Kiel 2008, Bonn 2008, S. 59-62.

(Hansmann et al. 2006): Hansmann, R.; Koellner, T.; Scholz, R. W.: Influence of consumers' socioecological and economic orientations on preferences for wood products with sustainability labels. In: Forest Policy Economics, 8 (2006), S. 239-250.

(Harling 2013): Harling, A.: Recyclingpapier – eine geeignete Lebensmittelverpackung? Ein Bericht aus unserem Laboralltag.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

http://www.cvuas.de/pub/beitrag.asp?subid=1&Thema_ID=3&ID=1684&lang=DE&Pdf=No, 2013-03-26, Abruf am 2015-09-15.

(Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. 2013): Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.: Bauwirtschaft in Zahlenbild, Berlin 2013.

(HDH 2010): HDH (Hauptverband der Deutschen Holzindustrie und Kunststoffe verarbeitenden Industrie und verwandter Industrie- und Wirtschaftszweige e.V.): Vorrang der stofflichen Nutzung von Holz. Auch der HDH fordert: Verbauen statt verbrennen. http://www.holz-verantwortungsvoll-nutzen.de/?p=780, 2010-09-02, Abruf am 2015-02-06.

(HDH 2013): HDH (Hauptverband der Deutschen Holzindustrie und Kunststoffe verarbeitenden Industrie und verwandter Industrie- und Wirtschaftszweige e.V.): Leitfaden Europäische Holzhandelsverordnung (European Timber Regulation – EUTR) und Holzhandelssicherungsgesetz (HolzSiG), Bad Honnef 2013.

(Hege et al. 2010): Hege, B.; Kappauf, J.; Lauterbach, B.; Overgoor, F.; Uljee, R.: SAP® Event Management. Das umfassende Handbuch, Bonn 2010.

(Helveta 2014): Helveta: Elements Wood Product Sheet – 2014. http://www.elementssoftware.co.uk/getattachment/sectors/timber/Elements-Wood-Product-Sheet/Elements-Wood-product-sheet.pdf?ext=.pdf, Abruf am 2015-04-14.

(Hendricks/Singhal 2003): Hendricks, K. B.; Singhal, V. R.: The effect of supply chain glitches on shareholder wealth. In: Journal of Operations Management, 21 (2003), S. 501-522.

(Hobbs 2003): Hobbs, I. E.: Consumer demand for traceability. In: International Agricultural Trade Research Consortium (IATRC) Annual Meeting, December 15-17, 2002 Monterey, Working paper 03-1, S. 1-26.

(Hobbs et al. 2005): Hobbs, J. E.; Bailey, D.; Dickinson, D. L.; Haghiri, M.: Traceability in the Canadian Red Meat Sector: Do Consumers Care? In: Canadian Journal of Agricultural Economics, 1 (2005), S. 47-65.

(Holik 2010): Holik, H.: Erzeugung von Papier. In: Blechschmidt, J. (Hrsg.): Taschenbuch der Papiertechnik, München 2010, S. 288-371.

(Hollmann-Hespos 2008): Hollmann-Hespos, T.: Rückverfolgbarkeitssysteme in der Ernährungswirtschaft. Eine empirische Untersuchung des Investitionsverhaltens deutscher Unternehmen, Hamburg 2008.

(Holzabsatzfonds 2009): Holzabsatzfonds: Natürlich Holz. Forst- und Holzwirtschaft in Deutschland, 3. Auflage, Bonn 2009.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Holzmann 2009): Holzmann, M.: Die Auswirkungen des Einsatzes der RFID-Technologie zur Rundholzkennzeichnung auf die Prozessabläufe der Logistikkette Wald-Werk. Fallstudie am Beispiel zweier Rundholz-Bereitstellungsvarianten eines mittelständischen Sägewerks, Freiburg 2009.

(Horn o. Jg.): Horn, T.: SOA (Service Oriented Architecture). http://www.torsten-horn.de/techdocs/soa.htm, Abruf am 2014-12-20.

(Horvath 2005): Horvath, K.: Analyse der Wertschöpfungsketten in der österreichischen Holzwirtschaft mittels Warenstromanalysen und Benchmarking, Vienne 2005.

(Hoyle 2001): Hoyle, D.: ISO 9000 – Quality Systems Handbook, 4. Auflage, Oxford [u. a.] 2001.

(Huch 2015): Huch, M.: Top-Geräte für wenig Geld: Welche Smartphones sind Preis-Leistungs-Hits? http://www.computerbild.de/artikel/cb-Tests-Handy-Smartphone-Preis-Leistungs-Sieger-9938985.html, 2015-07-07, Abruf am 2015-07-15.

(Hug 2004): Hug, J.: Optimierung von Geschäftsprozessen in der Forstwirtschaft durch den Einsatz von Informationstechnologie am Beispiel der Holzbereitstellung auf Revierebene, Freiburg im Breisgau 2004.

(Humphreys et al. 2001): Humphreys, P. K.; Lai, M. K.; Sculli, D.: An inter-organizational information system for supply chain management. In: International Journal of Production Economics, 70 (2001) 3, S. 245-255.

(Husted et al. 2014): Husted, B. W.; Russo, M. V.; Meza, C. E.; Tilleman, S. G.: An exploratory study of environmental attitudes and the willingness to pay for environmental certification in Mexico. In: Journal of Business Research, 67 (2014), S. 891-899.

(ICELT o. Jg.a): ICELT: Häufige Fragen. http://www.icelt.de/icelt/h%C3%A4ufige-fragen/, Abruf am 2015-07-15.

(ICELT o. Jg.b): ICELT: Vorteile & Chancen. http://www.icelt.de/spediteure/vorteile-chancen/, Abruf am 2015-07-31.

(ICELT o. Jg.c): ICELT: Kosten für Holzkäufer. http://www.icelt.de/holzk%C3%A4ufer/kosten/, Abruf am 2015-08-25.

(Ijioui et al. 2007): Ijioui, R.; Emmerich, H.; Ceyp, M.; Dierchs, W.: Supply Chain Event Management als strategisches Unternehmensführungskonzept. In: Ijioui, R.; Emmerich, H.; Ceyp, M. (Hrsg.): Supply Chain Event Management. Konzepte, Prozesse, Erfolgsfaktoren und Praxisbeispiele, Berlin [u. a.] 2007, S. 3-13.

(Initiative Pro Massivholz o. Jg.): Initiative Pro Massivholz: Die Bearbeitung von Holz und seine Eigenschaften. http://www.pro-massivholz.de/holzbearbeitung.html, Abruf 2015-06-15.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(IPD 2014). IPD (Import Promotion Desk): Leitfaden zur europäischen Holzhandelsverordnung. European Timber Regulation EUTR, Bonn 2014.

(IPIECA 2010): IPIECA (The global oil and gas industry association for environmental and social issues): Chain of custody options for sustainable biofuels, London 2010.

(ISO 22005 2007): ISO 22005: Traceability in the feed and food chain — General principles and basic requirements for system design and implementation, Geneva 2007.

(ISO 9000 2005): ISO 9000: Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe, Berlin 2005.

(Jansen 1998): Jansen, M. H.: The environment as a resource: developing environmental information systems based on enterprise resource planning software, Eindhoven 1998.

(Jansen-Vullers et al. 2003): Jansen-Vullers, M. H.; van Dorp, C. A.; Beulens, A. M.: Managing traceability information in manufacture. In: International Journal of Information Management, 23 (2003), S. 395-413.

(Johannson 1994): Johannson, L.: How can a TQEM Approach Add Value to your Supply Chain? In: Total Quality Environmental Management, 3 (1994) 4, S. 521-530.

(Joint Research Centre 2006): Joint Research Centre: Industrial Guidelines on traceability of materials and articles for food contact. http://www.apeal.org/uploads/Library/1.%20Industrial%20Guidelines%20Traceability%20-%20Jan2006.pdf, Abruf am 2015-05-31.

(Jolivet/Degen 2012): Jolivet, C.; Degen, B.: Use of DNA fingerprints to control the origin of sapelli timber (Entandrophragma cylindricum) at the forest concession level in Cameroon. In: Forensic Science International: Genetics, 6 (2012) 4, S. 487-493.

(Jonsson et al. 2008): Jonsson, O.; Lindberg, S.; Roos, A., Hugosson, M.; Lindström, M.: Consumer Perceptions and Preferences on Solid Wood, Wood-based Panels, and Composites: A Repertory GRID Study. In: Wood and Fiber Science, 40 (2008) 4, S. 663-678.

(Jung/Steinbüchel 2001): Jung, C.; Steinbüchel, A.: Bioplastik aus Nutzpflanzen. Palette der nachwachsenden Rohstoffe erweitert. In: Biologie in unserer Zeit, 31 (2001) 4, S. 250-258.

(Junkkari/Sirkka 2011): Junkkari, M.; Sirkka, A.: Using RFID for tracing cumulated resources and emissions in supply chain. In: Interantional journal of ad hoc and ubiquitous computing, 8 (2011) 4, S. 220-229.

(Juurma/Põlder 2011): Juurma, M.; Põlder, A.: Energy Efficiency Aspects in Wood Production Value Chain. In: Proceedings of the 10th International Symposium “Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering”, Estonia, Pärnu, 10-15 January, 2011, Tallin 2011, S. 183-186.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Juurma/Tamre 2010): Juurma, M.; Tamre, M.: Improvement of timber code reading methods. In: Proceedings of the 7th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn 2010, S. 548-553.

(Kalafatis et al. 1999): Kalafatis, S. P.; Pollard, M.; East, R.; Tsogas, M. H.: Green marketing and Ajzen's theory of planned behaviour: a cross market examination. In: Journal of Consumer Marketing, 16 (1999) 5, S. 441-460.

(Kan et al. 2009): Kan, T.-W.; Teng, C.-H.; Chou, W.-S.: Applying QR code in augmented reality applications. In: Spencer, S. N. (Hrsg.): Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications in Industry, VRCAI '09, Tokyo 2009, S. 253-257.

(Kanchanapibul et al. 2014): Kanchanapibul, M.; Lacka, E.; Wang, X.; Chan, H. K.: An empirical investigation of green purchase behaviour among the young generation. In: Journal of Cleaner Production, 66 (2014), S. 528-536.

(Karafyllis 2000): Karafyllis, N. C.: Nachwachsende Rohstoffe – Technikbewertung zwischen den Leitbildern Wachstum und Nachhaltigkeit (Reihe Soziologie und Ökologie), Opladen 2000.

(Karlsen/Puntanen 2009): Karlsen, T.; Puntanen, V.: D2.12 Indisputable Key Architecture and standard for communication. http://interop-vlab.eu/ei_public_deliverables/indisputable-key/D2.12%20Indisputable%20Key%20Architecture%20and%20standard%20for%20communication.pdf, 2009-11-13, Abruf am 2014-12-20.

(Kasturi 2005): Kasturi, R.: Beyond quick-and-dirty RFID: RFID mandates led to crude, slap-and-ship deployments. Getting to better forecasting and tracking and reduced shrinkage and stock-outs requires deeper integration and intelligence. In: Intelligent Enterprise vom 2005-09-01.

(Kaul 2011): Kaul, K.: Optimierung der Informationsflüsse in der Wertschöpfungskette Holz durch den Einsatz von RFID für elektronische Lieferscheine und das Lagermanagement. Schlussbericht, Freisig 2011.

(Kehagia et al. 2007): Kehagia, O.; Chrysochou, P.; Chryssochoidis, G.; Krystallis, A.; Linardakis, M.: European Consumers' Perceptions, Definitions and Expectations of Traceability and the Importance of Labels, and the Differences in These Perceptions by Product Type. In: Sociologia Ruralis, 47 (2007) 4, S. 400-416.

(Keller/Lieb 2015): Keller, R.; Lieb, N.: Potenziale, Herausforderungen und Lösungsansätze für eine IT-gestützte Umsetzung der gesetzlichen Rückverfolgbarkeitspflichten für papierbasierte Lebensmittelverpackungen, Unveröffentlichter Projektbericht an der Georg-August-Universität Göttingen, Professur für Anwendungssysteme und E-Business, Göttingen 2015.

(Kemper et al. 2004): Kemper, H.-G.; Mehanna, W.; Unger, C.: Business Intelligence – Grundlagen und praktische Anwendungen, Wiesbaden 2004.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Kern 2007): Kern, C.: Anwendung von RFID-Systemen, Berlin [u. a.] 2007.

(Khabbazi et al. 2010): Khabbazi, M. R.; Ismail, N.; Ismail, M. D.; Mousavi, S. A.: Modeling of Traceability Information System for Material Flow Control Data. In: Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4 (2010) 2, S. 208-216.

(Kim et al. 1995): Kim, H. M.; Fox, M. S.; Gruninger, M.: Ontology of Quality for Enterprisse Modelling. In: Proceedings of the Fourth Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, Los Albamitos 1995, S. 105-116.

(Kim/Song 2014): Kim, M. H.; Song, H. B.: Analysis of the global warming potential for wood waste recycling systems. In: Journal of Cleaner Production, 69 (2014), S. 199-207.

(Klaus et al. 2012): Klaus, P.; Krieger, W.; Krupp, M.: Gabler Lexikon Logistik. Management logistischer Netzwerke und Flüsse, Wiesbaden 2012.

(Klein/Methlie 1990): Klein, M.; Methlie, L.: Expert Systems: A decision support approach, Wokingham 1990.

(Koch et al. 2008): Koch, G.; Richter, H.-G.; Schmitt, U.: CITES and wood data bases – computer-aided identification and description of CITES protected trade timbers. In: Proceedings of the international workshop “Fingerprinting methods for the identification of timber origins”, October 8-9 2007, Bonn/Germany, Braunschweig 2008, S. 61-66.

(Koch/Deiters 2007): Koch, O.; Deiters, W.: RFID im Gesundheitswesen – Nutzenpotenziale und Stolpersteine auf dem Weg zu einer erfolgreichen Anwendung. In: Bullinger, H.-J.; Hompel, M. (Hrsg.): Internet der Dinge, Berlin [u. a.] 2007, S. 191-201.

(Korten/Kaul 2008): Korten, S.; Kaul, C.: Application of RFID (Radio Frequency Identification) in the Timber Supply Chain. In: Croation Journal of Forest Engineering, (2008) 29, S. 85-94.

(Korten/Schneider 2006): Korten, S.; Schneider, J.: Reorganisation der Informations- und Warenflussprozesse in der Holzerntekette mit Hilfe der Transpondertechnologie. Schlussbericht, München [u. a.] 2006.

(Kreutz 2012): Kreutz, H.: Holzeinschlag: Im Winter werden Laubbäume gefällt: http://www.aid.de/presse/aktuell.php?mode=beitrag&id=6112, 2012-11-14, Abruf am 2015-02-26.

(Kröppelin 2008): Kröppelin, D.: Holzerzeugnisse. In: Wagenführ, A. Scholz, F. (Hrsg.): Taschenbuch der Holztechnik, München 2008, S. 201-545.

(Kruse 1998): Kruse, K.-O.: Anreizsysteme in Abnehmer-Zulieferer-Kooperation, Hamburg 1998.

(Kuhlmann/Amende 2006): Kuhlmann, F.; Amende, M.: EPCglobal: EPC-Informationsservice (EPCIS) und Umsetzung im EPC-Showcase, Köln [u. a.] 2006.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Kvarnström 2008): Kvarnström, B.: Methods for traceability in continuous processes – Experience from an iron ore refinement process. In: Minerals engineering, 21 (2008) 10, S. 720-730.

(Kvarnström 2010): Kvarnström, B.: Traceability in Continuous Processes – Applied to Ore Refinement Processes, Luleå 2010.

(Kvarnström/Oja 2010): Kvarnström, B.; Oja, J.: Applications of RFID to Improve Traceability in Continuous Processes. In: Turcu, C. (Hrsg.): Sustainable Radio Frequency Identification Solutions, Rijeka 2010, S. 69-86.

(KWF 2012): KWF (Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e. V): Glossar. http://www.kwf-online.org/uploads/media/GLOSSAR.pdf, 2012-08, Abruf am 2015-04-12.

(KWF o. Jg.): KWF (Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V.): ELDAT – Datenschnittstelle zwischen Forst- und Holzwirtschaft. http://www.kwf-online.org/logistik/datenschnittstellen/eldat.html, Abruf am 2015-07-15.

(Lange 2008): Lange, H.: Tracking and Tracing. In: Bartneck, N.; Klaas, V.; Schönherr, H. (Hrsg.): Prozesse optimieren mit RFID und Auto-ID. Grundlagen, Problemlösungen und Anwendungsbeispiele, Erlangen 2008, S. 163-173.

(Lawson/MacFaul 2010): Lawson, S.; MacFaul, L.: Illegal Logging and Related Trade Indicators of the Global Response, London 2010.

(Le et al. 2015): Le, D. H. D.; Jenner, I.; Wang, L.: Gesetzliche Vorgaben bezüglich der Rückverfolgbarkeit und daraus resultierende Anforderungen an Tracking-und-Tracing-Systeme in Supply Chains für nachwachsende Rohstoffe, Unveröffentlichter Projektbericht an der Georg-August-Universität Göttingen, Professur für Anwendungssysteme und E-Business, Göttingen 2015.

(Lee/Billingtron 1993): Lee, D.; Billingtron, C.: Material Management in Decentralized Supply Chains. In: Operations Research, 41 (1993) 5, S. 835-847.

(Lee/Park 2010): Lee, D.; Park, J.: RFID-enabled Supply Chain Traceability: Existing Methods, Applications and Challenges. In: Tursu, C. (Hrsg.): Sustainable Radio Frequency Identification Solutions, Rijeka 2010, S. 51-68.

(Lehto et al. 2009): Lehto, A.; Nummela, J.; Ukkonen, S.; Sydänheimo, L.; Kivikoski, M.: Passive UHF RFID in Paper Industry: Challenges, Benefits and the Application Environment. In: IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING, 6 (2009) 1, S. 66-79.

(Leible et al. 2001): Leible, L.; Kälber, S.; Nieke, E.: Nachwachsende Rohstoffe – Eine Zwischebilanz. In: Grunwald, A. (Hrsg.): ITAS 1999/2000 Jahrbuch des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruhe 2001, S. 25-41.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Leiviskä 1999a): Leiviskä, K.: Introduction. In: Leiviskä, K. (Hrsg.): Process Control, Helsinki 1999, S. 10-11.

(Leiviskä 1999b): Leiviskä, K.: Process Control in fiber line. In: Leiviskä, K. (Hrsg.): Process Control, Helsinki 1999, S. 72-99.

(Leiviskä/Nyberg 1999): Leiviskä, K., Nyberg, T.: Process control in paper mills. In: Leiviskä, K. (Hrsg.): Process Control, Helsinki 1999, S. 145-194.

(Lemm 2009). Lemm, R.: Effiziente Holzlogistik mit der internetbasierten Software IFIS POLVER und IFIS UNO- Lösungsansätze und Erfahrungen aus der Schweiz. http://www.verein-ifis.ch/downloads/Logistiktagung_IFIS_Vortrag_2.pdf, 2009-11-17, Abruf am 2015-07-31.

(Lemm/Thees 2009): Lemm, R.; Thees, O.: Unternehmensübergreifende Holzvermarktung mit der Koordinationsplattform IFIS UNO. In: Thees, O.; Lemm, R. (Hrsg.): Management zukunftsfähige Waldnuntzung. Grundlagen, Methoden und Instriumente, Zürich 2009, S. 499-520.

(Lev/Viniak 2012): Lev, R., Viniak, V.: Managing Maintenance and Support Costs: Cutting operating expenses by analyzing and negotiating service contracts, New York 2012.

(Levy/Ellis 2006): Levy, Y.; Ellis, T. J.: A systems Approach to Conduct an Effective Literature Review in Support of Information Systems Research. In: Informing Science Journal, (2006) 9, S. 181-212.

(Li et al. 2011): Li, L., Su, Q.; Chen, X.: Ensuring supply chain quality performance through applying the SCOR model. In: International Journal of Production Research, 49 (2011) 1, S. 33-57.

(Li et al. 2006): Li, S.; Visich, J. K.; Khumawala, B. M.; Zhang, C.: Radio Frequency Identificaiton Technology: Applicaitons, Technical Challenges and Strategies. In: Sensor Review, 23 (2006) 3, S. 193-203.

(Liang 2013): Liang, K.: Ruggedness of 2D code printed on grain tracers for implementing a prospective grain traceability system to the bulk grain delivery. In: Food Control, 33 (2013) 2, S. 359-365.

(Liebrich 2010): Liebrich, S.: Kahlschlag im Regenwald. http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/holzindustrie-kahlschlag-im-regenwald-1.296287, 2010-05-17, Abruf am 2015-02-23.

(Lin et al. 2009): Lin, S.-S.; Wu, T.-C.; Wu, J.-S.; Huang, Y.-P.; Chang, M.-H.; Fan, S.-W.; Liao, J.-J.: POC of RFID Application in Forest Sample Zone Investigation. In: Chou, S.-Y.; Trappey, A.; Pokojski, J.; Smith, S. (Hrsg.): Global Perspective for Competitive Enterprise, Economy and Ecology, Advanced Concurrent Engineering, London S. 541-552.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Lockamy III/McCormack 2004) Lockamy III, A.; McCormack, K.: Linking SCOR planning practices to supply chain. In: International Journal of Operations & Production Management, 24 (2004) 12, S. 1192-1218.

(Löfken 2012): Löfken, J. O.: Elektroden aus Holzbrei. In: Technology Review, (2012) 5, S. 24-25.

(Logistik Lexikon 2008): Logistik Lexikon: Tracking und Tracing. In: Klaus, P.; Krieger, W. (Hrsg): Gabler Lexikon Logistik, 4. Auflage, Wiesbaden 2008, S. 577.

(Lohmann 2006): Lohmann, U.: Holz Handbuch, 6. Auflage, Leinfelden-Echterdingen 2006.

(Lowe 2008): Lowe, A.: Can we use DNA to identify the geographic origin of tropical timber? In: Degen, B. (Hrsg.): Proceedings of the international workshop “Fingerprinting methods for the identification of timber origins”, October 8-9 2007, Bonn/Germany, Braunschweig 2008, S. 15-19.

(Lowe/Cross 2011): Lowe, A. J.; Cross, H. B.: The Application of DNA methods to Timber Tracking and Origin Verification. In: IAWA Journal, 32 (2011) 2, S. 251-262.

(Lowe et al. 2010): Lowe, A. J.; Wong, K.-N.; Tiong, Y.-S.; Iyerh, S.; Chew, F.-T.: A DNA Method to Verify the Integrity of Timber Supply Chains; Confirming the Legal Sourcing of Merbau Timber From Logging Concession to Sawmill. In: Silvae Genetica, 59 (2010) 6, S. 263-268.

(Luhmann 2009): Luhmann, N.: Vertrauen: ein Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität, 4. Auflage, Stuttgart 2009.

(Lundahl 2007): Lundahl, C. G.: Optimized Processes in Sawmills. Skellefteå 2007.

(Lundqvist/Kubulnieks 1995): Lundqvist, S. O.; Kubulnieks, E.: Improved Production and Product Informaiton for Chemical Pulp Mill Operators. In: Brandt, D.; Martin, T. (Hrsg.): Proceeding the 5th IFAC Symposium on Automated System Based on Human Skill – Joint Design of Technology and Organisaiton, Berlin 1995, S. 19-24.

(Lycken/Salin 2007): Lycken, A.; Salin, J.-G.: Indisputable key – a research and demonstration project aiming at an improved quality through traceability systems. In: Grześkiewicz M. (Hrsg.): COST E 53 Conference – Quality Control for Wood and Wood Products, 15-17 Oktober, Warsaw 2007, S. 87-92.

(Macias/Knowles 2011): Macias, N.; Knowles, C.: Examining the effect of environmental certification, wood source, and price on architects’ preferences of hardwood flooring. In: Silva Fennica, 45 (2011) 1, S. 97-109.

(Magera/Beaton 2009): Magera, A.; Beaton, S.: Seafood Traceability in Canada: Traceability systems, certification, eco-labeling and standards for achieving sustainable seafood, Ecology Action Centre, Canada, Halifax 2009.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Manetti 2001): Manetti, J.: How technology is transforming manufacturing. In: Production and Inventory Management Journal, 42 (2001) 1, S. 54-64.

(Mantau 2012): Mantau, U.: Standorte der Holzwirtschaft, Holzrohstoffmonitoring, Holzwerkstoffindustrie – Kapazitätsentwicklung und Holzrohstoffnutzung im Jahr 2010, Hamburg 2012.

(Mantau et al. 2002): Mantau, U.; Weimar, H.; Wierling, R.: Standorte der Holzwirtschaft. Holzwerstoffindustrie, Holzschliff- und Zellstoffindsutrie, Sägeindustrie, Außenhandelsstatistik. Abschlussbericht, Hamburg 2002.

(March/Smith 1995): March, S. T.; Smith, G. F.: Design and natural science research on information technology. In: Decision Support Systems, 15 (1995), S. 251-266.

(Marguin/Balvay 2009): Marguin, L.; Balvay, B.: Traceability of Beef Production and Industry in France. In: LI, D.; Zhao , C. (Hrsg.): Computer and Computing Technologies in Agriculture II (CCTA), October 18-20, Beijing, Volume 3, New York 2009, S. 1797-1805.

(McCarthy/Burgma 1995): McCarthy, M. A.; Burgman, M. A.: Coping with uncertainty in forest wildlife planning. In: Forest Ecology and Management, (1995) 1-3, S. 23-26.

(McFarlane/Sheffi 2003): McFarlane, D.; Sheffi, Y.: The Impact of Automatic Identification on Supply Chain Operations. In: The International Journal of Logistics Management, 14 (2003) 1, S. 1-17.

(Mecke o. Jg.): Mecke, I.: Economies of Scope. http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/economies-of-scope.html, Abruf am 2015-09-15.

(Meisterernst 2005): Meisterernst, A.: Rückverfolgbarkeit – ein Rechtsgrundsatz mit praktischen Konsequenzen. In: Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach, 44 (2005) 169, S. 171-173.

(Melski 2009): Melski, A.: Datenmanagement in RFID-gestützten Logistiknetzwerken: RFID-induzierte Veränderungen, Gestaltungsmöglichkeiten und Handlungsempfehlungen, Göttingen 2009.

(Melski et al. 2007): Melski, A.; Thoroe, L., Schumann, M.: Managing RFID data in supply chains. In: International Journal of Internet Protocol Technology, 2 (2007) 3/4, S. 176-189.

(Melville 2010): Melville, N. P.: Information Systems Innovation for Environmental sustainability. In: MIS Quarterly, 34 (2010) 1, S. 1-21.

(Mercangöz/Doyle 2006): Mercangöz, M.; Doyle, F.: Model-based Control in the Pulp and Paper Industry – Characterizing the process from the digester to the paper machine. In: IEEE Control Systems Magazine, 26 (2006) 4, S. 30-39.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Meyer et al. 2009): Meyer, G. G.; Främling, K.; Holmström, J.: Intelligent Products: A survey. In: Computers in Industry, 60 (2009), S. 137-148.

(Meyr et al. 2008): Meyr, H.; Wagner, M.; Rohde, J.: Structure of Advanced Planning Systems. In: Stadtler, H.; Kilger, C. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning, Berlin [u. a.] 2008, S. 109-115.

(Moe 1998): Moe, T.: Perspectives on traceability in food manufacture. In: Trends in Food Science & Technology, (1998) 9, S. 211-214.

(Mohamed et al. 2009): Mohamed, N.; Garoot, A.; Hazza, Z.: A case study on impacts of RFID adoption in tree inventory management. In: Proceedings of 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT2009), o. O. 2009, S. 624-628.

(Möller 2011): Möller, B.: Design, development and implementation of a mechatronic, Stockholm 2011.

(Möller et al. 2011): Möller, B.; Wikander, J.; Hellgren, M.: A Field-Tested Log Traceability System. In: Forest Products Journal, 61 (2011) 6, S. 466-472.

(Morrison 2003): Morrison, C.: Traceability in food processing: an introduction. In: Lees, M. (Hrsg.): Food authenticity and traceability, Cambridge 2003, S. 459-472.

(Mößmer 2007): Mößmer, E.-M.: Stichwort Nachhaltigkeit: Nachhaltige Entwicklung am Beispiel von Waldbewirtschaftung und Holznutzung, Köln 2007.

(mühlbauer holz GmbH 2015): mühlbauer holz GmbH: Preisliste-Schnittholz. http://www.muehlbauerholz.at/frames/de/download/pdf/holz_schnittholz.pdf, 2015-08; Abruf am 2015-08-25.

(Murphey/Jorgensen 1974): Murphey, W. K.; Jorgensen, R. N.: Wood as an Industrial Arts Material, New York [u. a.] 1974.

(Murphy et al. 2012): Murphy, G.; Clark, J. A.; Pilkerton, S.: Current and Potential Tagging and Tracking Systems for Logs Harvested from Pacific Northwest Forests. In: Western Journal of Applied Forestry, 27 (2012) 2, S. 84-91.

(Murphy/Franich 2004): Murphy, G.; Franich, R.: Early experience with aroma tagging and electronic nose technology for log tracking. In: Forest Products Journal, 54 (2004) 2, S. 1-8.

(Namuene et al. 2015): Namuene, K. S.; Andrew, E. E.; Shu, W. S.: Traceability of logs from Forest to various destinations with decision support systems (DSS). In: European International Journal of Science and Humanities, 1 (2015) 3, S. 1-22.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Narodoslawsky 2003): Narodoslawsky, M.: Renewable Resources – New Challenges for Process Integration and Synthesis. In: Chemical and biochemical engineering quarterly, 17 (2003) 1, S. 55-64.

(Naujock 2010): Naujock, H.-J.: Altpapieraufbereitung. In: Blechschmidt, J. (Hrsg.): Taschenbuch der Papiertechnik, München 2010, S. 159-188.

(Nault/Manville 1997): Nault, J.; Manville, J.: Species Differentiation of Two Common Lumber Mixes by Diffuse Reflectance Fourier Transform Infrared (DRIFT). In: Wood and Fiber Science, 29 (1997) 1, S. 2-9.

(Nellemann/INTERPOL Environmental Crime 2012): Nellemann, C.; INTERPOL Environmental Crime: Green Carbon, Black Trade: Illegal Logging, Tax Fraud and Laundering in the Worlds Tropical Forests. A Rapid Response Assessment, Arendal 2012.

(NEPCon 2014): NEPCon: Tackling FSC fraud: will the Online Claims Platform fail or fly? http://www.nepcon.net/newsroom/tackling-fsc-fraud-will-online-claims-platform-fail-or-fly-0, 2014-08-29, Abruf am 2015-05-13.

(Nguyen 2004): Nguyen, Q. V.: Traceability system of Fish products in selected countries. http://www.unuftp.is/static/fellows/document/van04prf.pdf, 2004, Abruf am 2015-02-27.

(Niemz 2002): Niemz, P.: Technologie der Herstellung von Holzwerkstoffen. In: Dunky, M.; Niemz, P. (Hrsg.): Holzwerkstoffe und Leime. Technologie und Einflussfaktoren, Berlin [u. a.] 2002, S. 91-157.

(Niemz 2008): Niemz, P.: Physik des Holzes; Werkstoffe aus Holz. In: Wagenführ, A.; Scholz, F. (Hrsg.): Taschenbuch der Holztechnik, München 2008, S. 75-259.

(Niemz/Wagenführ 2008): Niemz, P.; Wagenführ, A.: Werkstoffe aus Holz. In: Wagenführ, A.; Scholz, F. (Hrsg.): Taschenbuch der Holztechnik, München 2008, S. 127-259

(Nilsson 2010): Nilsson, A: Indisputable Key. D3.11b. Environmental and economic impact of implementation of developed approach and on further possibilities and challenges in wood chain traceability. http://interop-vlab.eu/ei_public_deliverables/indisputable-key/D3.11b%20Environmental%20and%20economic%20impact%20of%20implementation%20of%20developed%20approach%20and%20on%20further%20possibilities%20and%20challenges%20in%20wood%20chain%20tr.pdf, 2010-04-14, Abruf am 2015-05-15.

(Notermans/Beumer 2003): Notermans, S.; Beumer, H.: Safety and traceability of animal feed. In: Lees, M. (Hrsg.): Food authenticity and traceability, Abington 2003, S. 518-553.

(Nuroniah et al. 2010): Nuroniah, H. S.; Gailing, O.; Finkeldey, R.: Development of SCAR Markers for Species Identification in the Genus Shorea (Dipterocarpaceae). In: Silvae Genetica, 6 (2010), S. 249-257.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Nussbaum/Simula 2005): Nussbaum, R.; Simula, M.: The Forest Certification Handbook, London 2005.

(o. A. 2013). o. A.: Wissen aus dem Würfel. Analysetool für Beschaffung detaillierter Information. In: Holzkurier, (2013) 3, S. 12-13.

(o. A. 2014): o. A.: Apps für Lkw- und MR-Management. In: Holzkurier, (2014) 34, S. 20.

(O'Brien/Teisl 2004): O'Brien, K. A.; Teisl, M. F.: Eco-information and its effect on consumer values for environmentally certified forest products. In: Journal of Forest Economics, 10 (2004) 2, S. 75-96.

(Oertel 2007): Oertel, D.: Industrielle stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Sachstandsbericht zum Monitoring „Nachwachsende Rohstoffe", Berlin 2007.

(Offermann et al. 2009): Offermann, P.; Levina, O.; Schönherr, M.; Bub, U.: Outline of a Design Science Research Process. In: DESRIST '09 Proceedings of the 4th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, Malvern 2009, S. 1-11.

(Ohnimus et al. 2010): Ohnimus, F.; Haberland, J.; Tschoban, C.; Ndip, I.; Heumann, K.; Kallmayer, C.; Guttowski, S.; Lang, K.-D.: Design and Characterization of a Small Encapsulated. In: Proceedings of Antennas & Propagation Conference (LAPC), 8-9 November 2010, Loughborough 2010, S. 265-268.

(Ortega et al. 2011): Ortega, D. L.; Wang, H. H.; Wu, L.; Olynk, N. J.: Modeling heterogeneity in consumer preferences for select food safety attributes in China. In: Food Policy, 36 (2011) 2, S. 318-324.

(Osburg et al. 2016): Osburg, V.-S.; Appelhanz, S.; Toporowski, W.; Schumann, M.: An empirical investigation of wood product information valued by young consumers. In: Journal of Cleaner Production, 110 (2016), S. 180-190.

(Otto 2003): Otto, A.: Supply Chain Event Management: Three perspectives. In: International Journal of Logistic Management, 14 (2003) 2, S. 1-13.

(Pacific GeoTech Systems Ltd. o. Jg.): Pacific GeoTech Systems Ltd.: Holzoffice. Timber Logistics Made Easy. http://www.pacificgeotech.com/indexholzoffice.htm, Abruf am 2015-08-20.

(Pahlberg et al. 2015): Pahlberg, T.; Johansson, E.; Hagman, O.; Thurley, M.: Wood fingerprint recognition using knot neighborhood K-plet descriptors. In: Wood Science Technology, 49 (2015), S. 7-20.

(Panguaneta o. Jg.): Panguaneta: ISO 9000 CERTIFIED PLYWOOD PANELS. TRACEABILITY OF RAW MATERIALS AND PROCESSING. http://www.panguaneta.com/en/quality/traceability, Abruf am 2015-06-14.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Park et al 2012): Park, S.-J.; Choi, S.; Kim, E.-J.: The Relationships between Socio-demographic Variables and Concerns about Environmental Sustainability. In: Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 19 (2012) 6, S. 343-354.

(Parviainen 2009): Parviainen, J.: Nachhaltige Waldbewirtschaftung und steigende Ansprüche der Gesellschaft in Europa. In: Thees, O.; Lemm, R. (Hrsg.): Management zukunftsfähige Waldnutzung. Grundlagen, Methoden und Instrumente, Zürich 2009, S. 649-674.

(Pastusiak 2003): Pastusiak, R.: Charakterisierung von Zellstoffkomponenten – Analytik, Spektroskopie, Reaktionskinetik und Modellierung, München 2003.

(PEFC Council 2012): PEFC Council: PEFC Chain of Custody Certification. The Key to Selling Certified Products, Geneva 2012,

(PEFC Council 2014): PEFC Council: PEFC Global Statistics: SFM & CoC Certification, Geneva 2014.

(PEFC Deutschland 2001): PEFC Deutschland e.V.: Nachhaltige Waldbewirtschaftung und Forstzertifizierung – Was Sie verkaufen macht den Unterschied aus, Stuttgart 2001.

(PEFC Deutschland 2010): PEFC Deutschland e.V.: Produktkettennachweis von Holzprodukten – Anforderungen, Stuttgart 2010.

(PEFC Deutschland o. Jg.): PEFC Deutschland e.V.: Vom Wald zum Produkt. Die PEFC-Chain-of-Custody – so funktioniert der Produktkettennachweis, Stuttgart o. Jg.

(Peterson/Green 2006): Peterson, A.; Green, D.: Seafood Traceability: A practical guide for the U.S. industry, Raleigh 2006.

(Picot et al. 2003): Picot, A.; Reichwald, R.; Wigand, R. T.: Die grenzenlose Unternehmung. Information, Organisation und Management, 5. Auflage, Wiesbaden 2003.

(Pieniak et al. 2013): Pieniak, Z.; Vanhonacker, F.; Verbek, W.: Consumer knowledge and use of information about fish and aquaculture. In: Food Policy, 40 (2013), S. 25-30.

(Pinheiro Torres/Oliveirah 1998): Pinheiro Torres, A.; Oliveirah, F. A.: Residence Time Distribution Studies in Continuous Thermal. In: Journal of Food Engineering, 36 (1998) 1, S. 1-30.

(Pira 2004): Pira: Packaging's Place in Society – Resource efficiency of packaging in the supply chain for fast moving consumer goods, Brighton 2004.

(Poignée 2008): Poignée, O. K.: Strategisches Qualitätsmanagement in Netzwerken. Entwicklung eines Referenzmodells am Beispiel der Getreidewirtschaft, Bonn 2008.

(Põlder 2010): Põlder, A:. Analysis of the quality problems of marking saw material in the sawmill. In: Lahtmets, R. (Hrsg.): Proceeding of 8th International Symposium "Topical Problems in the

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Field of Electrical and Power Engineering", Pärnu, Estonia, January 11-16, 2010, Tallin 2010, S. 185-189.

(Põlder et al. 2010): Põlder, A.; Abiline, I.; Tamre, M.: Automatic visual code quality evaluation for wood industry. In: Proceedings of the 7th International DAAAM Baltic Conference "INDUSTRIAL ENGINEERING", 24-26th April 2008, Tallinn, ESTONIA, Tallinn 2010, S. 1-6.

(Popova 2005): Popova, T.: Internet der Dinge. Management-Information, Köln 2005.

(Porter 1989): Porter, M. E.: Wettbewerbsvorteile – Spitzenleistungen erreichen und behaupten, Frankfurt am Main 1989.

(Powell 1990): Powell, W. W.: Neither market nor hierarchy: Networks form of organization. In: Research in Organizational Behavior, (1990) 12, S. 295-336.

(Puaux et al. 2000): Puaux, J. P.; Bozga, G.; Ainser, A.: Residence Time Distribution in a Corotating Twin-screw Extruder. In: Chemical Engineering Science, 55 (2000) 9, S. 1641-1651.

(rajapack o. Jg.): rajapack: Faltkartons aus der Wellpappe. http://www.rajapack.de/kartons-schachteln-container/faltkartons-aus-wellpappe.html;pgid=deZOobx3TbxSR0Vvrwssx3d00000BJxK5rOj;sid=0srUoukeR3_UorznLgmbaxQUU6Jrta2WpiIJ_zyrynfK6Ox7llY-3WYecdibir6_jkp3sKY2D5cBFw==m, Abruf 2015-08-31.

(Rametsteiner/Simula 2003): Rametsteiner, E.; Simula, M.: Forest certification — an instrument to promote sustainable forest management? In: Journal of Environmental Management, 67 (2003), S. 87-98.

(Raschka/Carus 2012): Raschka, A.; Carus, M.: Stoffliche Nutzung von Biomasse. Basisdaten für Deutschland, Europa und Welt, Hürth 2012.

(Reiche et al. 2009): Reiche, F.; Hofstetter, J. S.; Stölzle, W.: Ereignisorientiere Steuerung von Lieferketten. Nutzung, aktueller Stand der Nutzung und Potenziale, Göttingen 2009.

(Rein/Schmidt 2014): Rein, S.; Schmidt, C.: Ausnahmeposition des deutschen Bausektors in Europa, Bonn 2014.

(Reyns et al. 2002): Reyns, P.; Missotten, B.; Ramon, H.; Baerdemaeker, de J.: A Review of Combine Sensors for Precision Farming. In: Precision Agriculture, 3 (2002) 2, S. 169-182.

(Richter 2013): Richter, A.: Gepäcklogistik auf Flughäfen. Grundlagen, Systeme, Konzepte und Perspektiven, Berlin [u. a.] 2013.

(Rijn/Schyns 1993): Rijn, T. M.; Schyns , B. V.: MRP in Process: the Applicability of MRP-II in the Semi-Process Industry, Van Gorcum 1993.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Roos/Nyrud 2008): Roos, A.; Nyrud, A. Q.: Description of green versus environmentally indifferent consumers of wood products in Scandinavia: flooring and decking. In: Journal of Wood Science, (2008) 5, S. 402-407.

(Rüdiger 2012): Rüdiger, A.: Forscher wollen Leiterplatten aus Lignin ohne erdölbasierte Zusätze entwickeln. In: VDI nachrichten, (2012) 15, S. 14.

(Salaün/Flores 2001): Salaün, Y.; Flores, K.: Information quality: Meeting the needs of the consumer. In: International Journal of Information Management, 21 (2001) 1, S. 21-37.

(Salazar/Meil 2009): Salazar, J.; Meil, J.: Prospects for carbon-neutral housing: the influence of greater wood use on the carbon footprint of a single-family residence. In: Journal of Cleaner Production, 17 (2009) 17, S. 1563-1571.

(Samarasinghe et al. 2009): Samarasinghe, R.; Nishantha, D.; Shutto, N.; Wanniarachchige, M.: Total Traceability System: A Novel System by Combination of Horizontal and Vertical Traceability Systems for Food Supply Chains. In: International Journal of Computer Science and Network Securit, 9 (2009) 3, S. 148-156.

(Sandermann 1952): Sandermann, W.: Die Methodik radioaktiver Spuren in der Holzforschung und Holztechnik. In: Holz als Roh- und Werkstoff, 10 (1952) 3, S. 81-87.

(Saphores 2003): Saphores, J.-D.: Harvesting a renewable resource under uncertainty. In: Journal of Economic Dynamics & Control, 28 (2003) 3, S. 509-529.

(Sarmiento et al. 2010): Sarmiento, C.; Détienne, P.; Heinz, C.; Molino, J.-F.; Grard, P.; Bonnet, P.: PL@NTWOOD: A COMPUTER-ASSISTED IDENTIFICATION TOOL FOR 110 SPECIES OF AMAZON TREES BASED ON WOOD ANATOMICAL FEATURES. In: IAWA Journal, 32 (2010) 2, S. 221-232.

(Sarstedt/Mooi 2014): Sarstedt, M.; Mooi, E.: A Concise Guide to Market Research. The Process, Data, and Methods Using IBM SPSS Statistics, 2. Auflage, Berlin [u. a.] 2014.

(Sathre/Gustavsson 2006): Sathre, R.; Gustavsson, L.: Energy and carbon balances of wood cascade chains. In: Resources, Conservation and Recycling, 47 (2006) 4, S. 332-355.

(Saunders 2006): Saunders, J.: Supply Chain Management and Illegal Timber, London 2006.

(Sauter et al. 2009): Sauter, U. H.; Verhoff, S.; Dehning, J.: Gütesortierung nach der Forst-HKS – eine Option für Deutschland? In: AFZ-DerWald, (2009) 14, S. 758-762.

(SAVCOR IT GmbH o. Jg.): SAVCOR IT GmbH: Zenith – Warenwirtschaft für den Forst. http://www.savcor.de/articles/forest/, Abruf am 2015-08-20.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Schadwinkel 2013): Schadwinkel, A.: Die Welt ist um 1,5 Millionen Quadratkilometer Wald ärmer. http://www.zeit.de/wissen/umwelt/2013-11/wald-abholzung-google, 2013-11-14, Abruf am 2015-02-23.

(Schanz 2000): Schanz, G.: Personalwirtschaftslehre. Lebendige Arbeit in verhaltenswissenschaftlicher Perspektive, 3. Auflage, München 2000.

(Schmithüsen et al. 2009): Schmithüsen, F.; Kaiser, B.; Schmidhauser, A.; Mellinghoff, S.; Kammerhofer, A. W.: Unternehmerisches Handeln in der Wald- und Holzwirtschaft. Betriebswirtschaftliche Grundlagen und Managementprozesse, Gernsbach 2009.

(Schneck 2003): Schneck, O.: Lexikon der Betriebswirtschaft, 5. Auflage, München 2003.

(Schneider 2010): Schneider, J.: Entwicklung eines Kennzeichnungssystems für Rund- und Schnittholz unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte, Dortmund 2010.

(Scholten et al. 2014): Scholten, H.; Bartram, T.; Kassahun, A.; Kläser, S.; Tröger, R.; Hartog, R. J., Schillings-Schmitz, A.; Meier, S.; Reiche, R.: Enabling Transparency in Meat Supply Chains: tracking & tracing for supply chain partners, consumers and authorities. In: Clasen, M.; Hamer, M.; Lehnert, S.; Petersen, B; Theuvsen, B. (Hrsg.): Referate der 34. GIL-Jahrestagung – IT-Standards in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Fokus: Risiko- und Krisenmanagement, Bonn 2014, S. 181-184.

(Scholz/Decker 2007): Scholz, S. W.; Decker, R.: Measuring the impact of wood species on consumer preferences for wooden furniture by means of the analytic hierarchy process. In: Forest Products Journal, 57 (2007) 3, S. 23-28.

(Schraml et al. 2014a): Schraml, R.; Charwat-Pessler, J.; Uhl, A.: Temporal and longitudinal variances in wood log cross-section image analysis. In: Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 27-30 October, o. O. 2014, S. 5706-5710.

(Schraml et al. 2014b): Schraml, R.; Charwat-Pessler, J.; Petutschnigg, A.; Uhl, A.: Robustness of biometric wood log traceability using digital log end images, Salzburg 2014.

(Schumann 1992): Schumann, M.: Betriebliche Nutzeffekte und Strategiebeiträge der großintegrierten Informationsverarbeitung. Berlin [u. a.] 1992.

(Schütte 1998): Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung – Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle, Wiesbaden 1998.

(Seidel et al. 2012): Seidel, F.; Fripp, E.; Adams, A.; Denty, I.: Tracking Sustainability. Review of Electronic and Semi-Electronic Timber Tracking Technologies, Yokohama 2012.

(Seidla 2004): Seidla, A.: Automated code marking of logs, Stockholm 2004.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Seidla/Uusijärvi 2004): Seidla, A.; Uusijärvi, R.: Development of Code-Marking equipment for Logs – Sensitivity of Fluorescent Code-Mark for Log Marking Environment. In: Proceedings of the 4th International DAAAM Conference “INDUSTRIAL ENGINEERING – INNOVATION AS COMPETITIVE EDGE FOR SME”, 29-30th April 2004, Tallinn, ESTONIA, Tallinn 2004, S. 70-73.

(Siebert 1983): Siebert, H.: Ökonomische Theorie natürlicher Ressourcen, Tübingen 1983.

(Siebert 2010): Siebert, H.: Ökonomische Analyse von Unternehmensnetzwerken. In: Sydow, J. (Hrsg.): Management von Netzwerkorganisationen, 5. Auflage, Wiesbaden 2010, S. 7-27.

(Siegel 2007): Siegel, M.: RFID-basierte BI-Analysen in der Supply Chain, Saarbrücken 2007.

(Simchi-Levi et al. 2000): Simchi-Levi, D.; Kaminsky, P.; Simchi-Levi, E.: Designing and managing the supply chain, New York 2000.

(Sirkka 2008): Sirkka, A.: Modelling Traceability in the Forestry Wood Supply Chain. In: International Conference on Data Engineering Workshop (ICDEW), 3 (2008), o. O., S. 104-105.

(Smith et al. 2003): Smith, R.; Palmer, G.; Davies, M.; Muneri, A.: A method enabling the reconstruction of internal features of logs from sawn timber: The log end template. In: Forest Products Journal, 53 (2003) 11/12, S. 95-98.

(Smulders et al. 2008): Smulders, M.; Van’Twestende, W.; Diway, B., B.: Esselink: G. D., Vandermeer, P. J., Koopman, W.: Development of microsatellite markers in Gonystylus bancanus (Ramin) useful for tracing and tracking of wood of this protected species. In: Molecular biology resources, 8 (2008) 1, S. 168-171.

(Sohal 1997) Sohal, A. S.: Computerised parts traceability: an implementation case study. In: Technovation, 17 (1997) 10, S. 283-591.

(Spinoza 1841): Spinoza, de B.: Ethik. http://gutenberg.spiegel.de/buch/ethik-5217/3, Erstpublikation 1841, Abruf am 2015-11-10.

(Springer Fachmedien 2013): Springer Fachmedien: Kompakt-Lexikon Wirtschaftstheorie: 1.800 Begriffe nachschlagen, verstehen, anwenden, Wiesbaden 2013.

(statista.de 2013a): statista.de: Forst- und Holzwirtschaft – Statista-Dossier, Hamburg 2013.

(statista.de 2013b): statista.de: Papier- und Zellstoffindustrie – Statista-Dossier, Hamburg 2013.

(statista.de 2014): statista.de: Möbelindustrie in Deutschland – Statista-Dossier, Hamburg 2014.

(statista.de o. Jg.a): statista.de.: Verteilung der Beschäftigten im Bauhauptgewerbe in Deutschland nach Betriebsgröße im Jahr 2013.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

http://de.statista.com/statistik/daten/studie/252420/umfrage/beschaeftigtenstruktur-im-bauhauptgewerbe-in-deutschland/, Abruf 2015-03-23.

(statista.de o. Jg.b): statista.de.: Umsatz der Branche Herstellung von Parketttafeln in Deutschland von 2008 bis 2013 und Prognose bis zum Jahr 2018 (in Millionen Euro). http://de.statista.com/prognosen/313692/prognose-zum-umsatz-der-branche-herstellung-von-parketttafeln-in-deutschland, Abruf am 2015-02-13.

(Steele 1995): Steele, D.: Structure for lot-tracing design. In: Production and Inventory Management Journal, 36 (1995) 1, S. 53-59.

(Stefansson 2002): Stefansson, G.: Business-to-business data sharing: A source for integration of supply chain. In: International Journal of Production Economics, 75 (2002), S. 135-146.

(Stefansson/Tilanus 2000): Stefansson, G.; Tilanus, B.: Tracking and tracing: principles and practice. In: International Journal of technology management, 20 (2002) 3-4, S. 252-271.

(Steger/Brockmann 2008): Steger, J.; Brockmann, H.: Ökonomie des Hanf- und Flachsanbaus. In: Carus, M.; Gahle, C.; Pendarovski, C.; Vogt, D.; Ortmann, S., Grotenhermen, F.; Breuer, T.; Schmidt, C. (Hrsg.): Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und NaturfaserWerkstoffen (Deutschland und EU), Gülzower Fachgespräche Band 26, Gülzow 2008, S. 58-71.

(Steinberger et al. 2009): Steinberger, G.; Rothmund, M.; Auernhammer, H.: Mobile farm equipment as a data source in an agricultural service architecture. In: Computers and Electronics in Agriculture, 65 (2009), S. 238-246.

(Steinmeier et al. 2009): Steinmeier, U.; von Hoersten, D.; Luecke, W.: Flow behavior analysis of a RFID-Tracer for traceability of grain. In: van Henten, E. J., Goense, D.; Lokhorst, C. (Hrsg.): Presision agriculture ‘09, The Neverlands 2009, S. 403-411.

(Stiftung Warentest 2010): Stiftung Warentest: Kartoffelklöße: Pfanni und Maggi enttäuschen https://www.test.de/Kartoffelkloess.e-Pfanni-und-Maggi-enttaeuschen-4148740-0/, 2010-11-05, Abruf am 2015-05-25.

(Stiftung Warentest 2011): Stiftung Warentest. Spiralnudeln: Buitoni bietet die besten. https://www.test.de/Spiralnudeln-Buitoni-bietet-die-besten-4218290-0/, 2011-03-24, Abruf am 2015-05-25.

(Stiftung Warentest 2012): Stiftung Warentest: Adventskalender mit Schokoladenfüllung: Mineralöl in der Schokolade. https://www.test.de/Adventskalender-mit-Schokoladenfuellung-Mineraloel-in-der-Schokolade-4471436-0/, 2012-11-26, Abruf am 2015-05-25.

(StMWi 2012): StMWi (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie): Pflichten der Wirtschaftsakteure – Kurzinformation, München 2012.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Stratman/Roth 2002): Stratman, J. K.; Roth, A. F.: Enterprise Resource Planning (ERP) Competence Constructs: Two-Stage Multi-Item Scale Development and Validation. In: Decision Sciences, 33 (2002) 4, S. 601-628.

(Sundholm 1999): Sundholm, J.: Mechanical pulping (Bd. 5), Helsinki 1999.

(Svensson 2002): Svensson, G.: Efficient Consumer Response – its origin and evolution in the history of marketing. In: Management Decision, 40 (2002) 5, S. 508-519.

(Sydow 1992): Sydow, J.: Strategische Netzwerke: Evolution und Organisation, Wiesbaden 1992.

(Sydow 1995): Sydow, J.: Unternehmensnetzwerke. In: Corsten, H.; Reiß, M. (Hrsg.): Handbuch Unternehmensführung. Konzepte – Instrumente – Schnittstellen, Wiesbaden 1995, S. 159-169.

(Teisl 2003): Teisl, M. F.: What we may have is a failure to communicate: Labeling environmentally certified forest products. In: Forest Science, 49 (2003) 5, S. 668-680.

(Teuteberg 2007): Teuteberg, F.: Diffusion und Anwendung von Technologien des Ubiquitous Computing zur Selbststeuerung im Supply Chain Event Management. Ein Erklärungsmodell auf Basis einer empirischen Studie. In: Ijioui, R.; Emmerich, H., Ceyp, M. (Hrsg.): Supply Chain Event Management. Konzepte, Prozesse, Erfolgsfaktoren und Praxisbeispiele, Berlin [u. a.] 2007, S. 15-35.

(Thommen 2008): Thommen, J.-P.: Lexikon der Betriebswirtschaft: Managementkonzept von A bis Z, 4. Auflage, Zürich 2008.

(Thompson et al. 2005): Thompson, M.; Sylvia, G.; Morrissey, M. T.: Seafood Traceability in the United States: Current Trends, System Design, and Potential Applications. In: Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 4 (2005) 1, S. 1-7.

(Thorelli 1986): Thorelli, H. B.: Networks: Between Markets and Hierarchies. In: Strategic Management Journal, 7 (1986) 1, S. 37-51.

(Thoroe et al. 2011): Thoroe, L.; Appelhanz, S.; Schumann, M.: RFID-based Individualization of Extended Producer Responsibility and Recycling of WEEE. In: Proceedings of the European Conference on Information Systems (ECIS), Helsinki 2011, Paper 106.

(Thost 2010): Thost, W.: Macht in Unternehmungen und Netzwerken – eine Frage der ökonomischen Effizienz. In: Bach, N., Buchholz, W.; Eichler, B. (Hrsg.): Geschäftsmodelle für Wertschöpfungsnetzwerke, Ilmeanu 2010, S. 133-143.

(Thünen o. Jg.) Thünen: Thünen-Kompetenzzentrum Holzherkünfte. https://www.ti.bund.de/de/infrastruktur/thuenen-kompetenzzentrum-holzherkuenfte/, Abruf am 2015-05-25.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Timber Veneer Association of Australia 2012): Timber Veneer Association of Australia: Veneer, Wetherill Park 2012.

(TimberNavi o. Jg.a): TimberNavi: TimberNavi. http://www.timberoffice.com/deutsch/produkte/timbernavi/, Abruf am 2015-04-12.

(TimberTec o. Jg.b): TimberTec: Wieviel Holz kommt aus dem Wald? http://www.timbertec.com/rundholzverwaltung.php, Abruf am 2015-04-14.

(Timbertheft o. Jg.): Timbertheft: Timber Theft and Forest Fact Sheet. http://www.timbertheft.org/timber-theft-and-forest-facts.html, Abruf am 2015-01-27.

(Timpe 2005): Timpe, D.: Barcode and RFID technologies: Alternatives to log stamping for Wood Identification in Forestry? Sundsvall 2005.

(Timpe 2006): Timpe, D.: RFID in Forestry: Prospects of RFID-based log tracking System as an alternative to stamping, Sundsvall 2006.

(Tnah et al. 2012): Tnah, L. H.; Lee, S. L.; Ng, K.; Bhassu, S.; Othman, R. Y.: DNA extraction from dry wood of Neobalanocarpus heimii (Dipterocarpaceae) for forensic DNA profiling and timber tracking. In: Wood Science Technology, 46 (2012), S. 813-825.

(Tnah et al. 2009): Tnah, L. H.; Lee, S. L.; Ng, K.; Tani, N.; Bhassu, S.; Othman, R. Y.: Geographical traceability of an important tropical timber (Neobalanocarpus heimii) inferred from chloroplast DNA. In: Forest Ecology and Management, 2009 (258), S. 1918-1923.

(Tribowski et al. 2009): Tribowski, C.; Spin, K.; Günther, O.; Sielemann, O.: Storing data on RFID tags: a standards-based approach. In: Proceedings of the European Conference on Information Systems (ECIS) 2009, Verona 2009, S. 1-12.

(Tseng/Hung 2013): Tseng, S.-C.; Hung, S.-W.: A framework identifying the gaps between customers' expectations and their perceptions in green products. In: Journal of Cleaner Production, 59 (2013), S. 174-184.

(Tsoumis 2009): Tsoumis, G.: Science and Technology of Wood. Structure, Properties, Utilization (Reprint von der Ausgabe aus dem Jahr 1991), Remagen-Oberwinter 1991.

(Tzoulis et al. 2014): Tzoulis, I. K.; Andreopoulou, Z. S.; Voulgaridis, E.: Wood Tracking Information Systems to Confront Illegal Logging. In: Journal of Agricultural Informatics, 5 (2014) 1, S. 9-17.

(Tzoulis/Andreopoulou 2013): Tzoulis, I.; Andreopoulou, Z.: Emerging Traceability Technologies as a Tool for Quality Wood Trade. In: Procedia Technology, 8 (2013), S. 606-611.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Ubilava/Foster 2009): Ubilava, D.; Foster, K.: Quality certification vs. product traceability: Consumer preferences for informational attributes of pork in Georgia. In: Food Policy, 34 (2009) 3, S. 305-310.

(Upham et al. 2011): Upham, P.; Dendler, L.; Bleda, M.: Carbon labelling of grocery products: public perceptions and potential emissions reductions. In: Journal of Cleaner Production, 19 (2011) 4, S. 348-355.

(Upton/Bass 1996): Upton, C.; Bass, S.: The Forest Certification Handbook, Delray Beach 1996.

(Urbanke 2010): Urbanke, B.: ELDAT. Elektronischer Datenaustausch von Holzdaten. Technische Dokumentation: Versandformate (CSV, XML), Formatkonverter. Version 2.1, Groß-Umstadt 2010.

(Urbanke et al. o Jg.). Urbanke, B.; Dietz, H.-U.; Arlinger, J.; Möller, J. J.: StanForD 2010 – moderne Kommunikation mit Forstmaschinen, Uppsala o. Jg.

(Uusijärvi 2010): Uusijärvi, R.: Final Report. Indisputable Key, Borås 2010.

(van Kooten et al. 2005): van Kooten, G. C.; Nelson, W. H.; Vertinsky, I.: Certification of sustainable forest management practices: a global perspective on why countries certify. In: Forest Policy and Economics, 7 (2005) 6, S. 857-267.

(VDP 2014): VDP (Verband Deutscher Papierfabriken): Papierkompass 2014, Bonn 2014.

(VDP o. Jg.a): VDP (Verband Deutscher Papierfabriken): Papier recyceln, Bonn o. Jg.

(VDP o. Jg.b): VDP (Verband Deutscher Papierfabriken): Papier machen. Information zu Rohstoffen und Papierherstellung, Bonn o. Jg.

(VDS 2008): VDS (Verband der Deutschen Sägen- und Holzindustrie e.V.): Radarmacher-pr.de. http://www.radermacher-pr.de/referenzen.html, Abruf am 2015-01-16.

(VDS o. Jg.): VDS (Verband der Deutschen Sägen- und Holzindustrie e.V.): Jahresbericht 2009/2010, Wiesbaden o. Jg.

(VDW 2007): VDW (Verband der Wellpappen-Industrie e.V.): Wertpapier. Mit Wellpappe sicher verpacken und verkaufen, Darmstadt 2007.

(VDW 2012). VDW (Verband der Wellpappen-Industrie e.V.): Die wichtigsten Zahlen für die Wellpappenindustrie: Zahlen und Fakten, Darmstadt 2012.

(Veisten 2007): Veisten, K.: Willingness to pay for eco-labelled wood furniture: Choice-based conjoint analysis versus open-ended contingent valuation. In: Journal of Forest Economics, 13 (2007) 1, S. 29-48.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Verbände der Holz- und Möbelindustrie Nordrhein-Westfalen e.V. o. Jg.): Verbände der Holz- und Möbelindustrie Nordrhein-Westfalen e.V.: Datenkommunikation (DCC). http://www.vhk-herford.de/verbaende/datenkommunikation-dcc/, Abruf am 2015-09-15.

(Verbeke 2005): Verbeke, W.: Agriculture and the food industry in the information age. In: European Review of Agricultural Economics, 32 (2005) 3, S. 347-368.

(Verbeke 2008): Verbeke, W.: Impact of communication on consumers' food choices. In: Proceedings of the Nutrition Society, 67 (2008) 3, S. 281-288.

(VerbraucherFenster Hessen 2013): VerbraucherFenster Hessen: Mineralöle in Schokolade und anderen Lebensmitteln. http://verbraucherfenster.hessen.de/irj/VF_Internet?rid=HMULV_15/VF_Internet/nav/877/87743a3c-a9ee-611a-eb6d-f144e9169fcc,bd91f779-a606-b31f-012f-312b417c0cf4,,,11111111-2222-3333-4444-100000005003%26overview=true.htm&uid=87743a3c-a9ee-611a-eb6d-f144e9169, 2013-09-09, Abruf am 2015-05-25.

(VHI o. Jg.a): VHI (Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie): Branchendaten. http://vhi.de/, Abruf am 2015-02-11.

(VHI o. Jg.b): VHI (Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie): Spanplatten. http://nw.vhi.de/vhi/holzwerkstoffe/spanplatte/, Abruf am 2015-06-15.

(Vidal 2013): Vidal, J.: The Sumatran rainforest will mostly disappear within 20 years. http://www.theguardian.com/world/2013/may/26/sumatra-borneo-deforestation-tigers-palm-oil, 2013-05-26, Abruf am 2014-05-15.

(Vilant 2010). Vilant: PAPER ROLL TAGGING – More Efficient Paper Industry of The Future. http://www.vilant.com/wp-content/uploads/2011/11/White_Paper_of_Paper_roll_tagging.pdf, 2010-05, Abruf am 2015-08-31.

(Vilant o. Jg.a): Vilant: Metsä Fibre. http://www.vilant.com/case-stories/pulp-and-paper/metsa-fibre/, 2015-09-01.

(Vilant o. Jg.b): Vilant: SCA automates its Warehouse Management Processes with Vilant RFID solution. http://www.vilant.com/case-stories/pulp-and-paper/sca/, Abruf am 2015-09-01.

(Virtanen et al. 2013): Virtanen, J.; Virkki, J.; Sydänheimo, L.; Tentzeris, M.; Ukkonen, L.: Automated Identification of Plywood Using Embedded Inkjet-Printed Passive UHF RFID Tags. In: IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 10 (2013) 3, S. 796-806.

(Vogt et al 2008): Vogt, D.; Karus, M.; Ortmann, S.; Schmidt, C.; Gahle, C.: Studie Wood-Plastic-Composites (WPC) Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe. Märkte in Nordamerika, Japan und Europa mit Schwerpunkt auf Deutschland. Technische Eigenschaften – Anwendungsgebiete. Preise – Märkte – Akteure, Hürth 2008.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Voigt/Weber o. Jg.): Voigt, K.-I.; Weber, J.: Economies of Scale. http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/economies-of-scale.html?referenceKeywordName=Skaleneffekt, Abruf am 2015-09-15.

(Vollrath/Kuhn 2010): Vollrath, B.; Kuhn, W.: Neu: Wildpflanzen geben Biogas. In: BIOGAS Journal, Sonderheft Energiepflanzen (2010), S. 30-33.

(vom Brocke et al. 2009): vom Brocke, J.; Simons, A.; Niehaves, B.; Riemer, K.; Plattfaut, R.; Cleven, A.: Reconstructing the giant: In the importance of rigour in documenting the literature search process. In: Proceedings of the European Conference on Information Systems (ECIS) Verona 2009, Paper 372.

(von Bodelschwingh 2006): von Bodelschwingh, E.: Analyse der Rundholzlogistik in der Deutschen Forst- und Holzwirtschaft – Ansätze für ein übergreifendes Supply Chain Management, München 2006.

(von Bodelschwingh et al. 2005): von Bodelschwingh, E.; Bauer, J.; Warkotsch, W.: Impulse für die Mobilisierung von Rundholz im Kleinprivatwald. In: AFZ: DerWald, (2005) 18, S. 955-958.

(von Itzenplitz 2004): von Itzenplitz , C.: Logistik – der Schlüssel zum Erfolg. In: AFZ:Der Wald, (2004) 17, S. 917-918.

(von Knauf 2010): von Knauf, M.: Furnier auch in Deutschland mit Zukunft. In: Holz-Zentralblatt (2010) 41, S. 1040-1041.

(Voss et al. 2002): Voss, C.; Tsikriktsis, N.; Frohlich, M.: Case research in operations management. In: International Journal of Operations & Production Management, 22 (2002) 2, S. 195-219.

(VVK 2006): VVK (Verband Vollpappe-Kartenagen e.V.): VVK-Leitfaden zur Rückverfolgbarkeit von Lebensmittelverpackungen aus Vollpappe, Darmstadt 2006.

(VVK 2014): VVK (Verband Vollpappe-Kartenagen e.V.): Verpackungen aus Vollpappe, Darmstadt 2014.

(VVK o. Jg.). VVK. (Verband Vollpappe-Kartenagen e.V.). Vollpappe Basics. Basis-Informationen über Vollpappe und den Verband Vollpappe-Kartonagen (VVK) e.V., Darmstadt o. Jg.

(Wakayama et al. 2007): Wakayama, S.; Doi, Y.; Ozaki, S.; Inoue, A.: Cost-effective Product Traceability System based on Widely Distributed Database. In: Journal of Communications, 2 (2007) 2, S. 45-52.

(Waldner 2006): Waldner, H.: Rückverfolgbarkeit als generelles Gebot im Gemeinschaftsrecht. In: Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelrecht (2006) 1, S. 83-87.

(Walker et al. 1993): Walker, J. F.; Butterfield, B. B.; Langrish, T. G.; Harris, J. M.; Uprichard, J. M.: Primary Wood Processing, London [u. a.] 1993.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Walker et al. 2013): Walker, N.; Patel, N.; Davis, F.; Milledge, S.; Hulse, J.: Demand-side interventions to reduce deforestation and forest degradation, London 2013.

(Waskow 1998): Waskow, F.: Status und Entwicklung Nachwachsender Rohstoffe. In: Waskow, F. (Hrsg.): Leitfaden Nachwachsende Rohstoffe, Heidelberg 1998, S. 7-11.

(Wasp Logistik o. Jg.): Wasp Logistik: Unternehmen. http://www.wasp-logistik.de/index.php/de/about/unternehmen, 2015-04-14.

(Webster/Watson 2002): Webster, J.; Watson, R.: Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. In: MIS Quarterly, 26 (2002) 2, S. xiii-xxiii.

(Wegner-Hambloch 2004): Wegner-Hambloch, S.: Rückverfolgbarkeit in der Praxis. Artikel 18 und 19 der VO (EG) Nr. 178/2002 schnell und einfach umgesetzt, Hamburg 2004.

(Weimar/Mantau 2008): Weimar, H.; Mantau, U.: Standorte der Holzwirtschaft. Altholz im Entsorgungsmarkt – Aufkommens- und Vermarktungsstruktur. Abschlussbericht, Hamburg 2008.

(Weinfurter/Eder 2009): Weinfurter, S.; Eder, A.: Consumer perceptions of innovative wood-polymer composite decking with a focus on environmental aspects. In: Lenzinger Berichte, 87 (2009), S. 168-178.

(Weizenegger 2009): Weizenegger, S.: Mehr Schlagkraft für den Wald. In: LandInForm. Magazin für Ländliche Räume, 2 (2009), S. 24-25.

(Wen/Fan 1975): Wen, C. Y.; Fan, L. T.: Models for Flow Systems and Chemical Reactors, New York 1975.

(Wilde/Hess 2007): Wilde, T.; Hess, T.: Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik. Eine empirische Untersuchung. In: Wirtschaftsinformatik, 49 (2007) 4, S. 280-287.

(Wilken 2010): Wilken, R.: Papierverarbeitungstechnik. In: Blechschmidt, J. (Hrsg.): Taschenbuch der Papiertechnik, München 2010, S. 465-515.

(Wilson/Clarke 1998): Wilson, T. P.; Clarke, W. R.: Food safety and traceability in the agricultural supply chain: using the Internet to deliver traceability. In: Supply Chain Management: An International Journal, 3 (1998) 3, S. 127-133.

(Wilwerding dataCargo o. Jg.a): Wilwerding dataCargo: TDIS® – Timber Data Interchange System. http://www.datenlogistik.com/tdis/beschreibung.html, Abruf am 2015-07-31.

(Wilwerding dataCargo o. Jg.b): Wilwerding dataCargo: Shop. http://www.datenlogistik.com/shop.html, Abruf am 2015-08-25.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

(Wingate/McFarlane 2005): Wingate, K. G.; McFarlane, F. N.: Chain of custody and eco-labelling of fores products: a review of the requirements of the major forest certification schemes. In: Infernational Forestry Review, 7 (2005) 4, S. 342-347.

(Wohlgemuth 2002): Wohlgemuth, O.: Management netzwerkartiger Kooperation. Instrumente für die unternehmensübergreifende Steuerung, Göttingen 2002.

(WoodGermany 2014): WoodGermany: The German timber and forestry industry. http://en.woodgermany.com/node/104, Abruf am 2015-05-16.

(WPV o. Jg.): WPV (Wirtschaftsverband Papierverarbeitung e.V.): Umsatzentwicklung Papierverarbeitung (gesamt) und PPK-Verpackungen 11/2013-11/2014. http://www.papierverarbeitung.de/wpv/presse-und-service/statistiken/Umsatzentwicklung-Papierverarbeitung-und-PPK-Verpackungen-Nov.2013-Nov.2014.pdf, Abruf am 2015-02-12.

(WWF 2011): WWF (World Wide Fund For Nature): Die Wälder der Welt – Ein Zustandsbericht. Globale Waldzerstörung und ihre Auswirkungen auf Klima, Mensch und Natur, 2. Auflage, Berlin 2011.

(WWF o. Jg.): WWF. (World Wide Fund For Nature): Waldvernichtung. Globale Bedrohungen der Wälder. http://www.wwf.de/themen-projekte/waelder/waldvernichtung/illegaler-holzeinschlag/, Abruf am 2015-01-28.

(Yamamoto et al. 2014). Yamamoto, Y.; Takeuchi, K.; Shinkuma, T.: Is there a price premium for certified wood? Empirical evidence from log auction data in Japan. In: Forest Policy and Economics, 38 (2014), S. 168-172.

(Yao et al. 2007): Yao, Y.; Evers, P. T.; Dresner, M. E.: Supply chain integration in vendor-managed inventory. In: Decision Support Systems, 43 (2007), S. 663-674.

(Yianatos/Bergh 1992): Yianatos, J. B.; Bergh, L. G.: RTD Studies in an Industrial Flotation Column: Use of the Radioactive Tracer Technique. In: International Journal of Mineral Processing, 36 (1992) 1-2, S. 81-91.

(Yu et al. 2001): Yu, Z.; Yan, H.; Cheng, T. C.: Benefits of information sharing with supply chain partnerships. In: Management & Data Systems, 101 (2001) 3, S. 114-121.

(Yufei/Detlor 2005): Yufei, Y.; Detlor, B.: Intelligent Mobile Crisis Response Systems. In: Communications of the ACM, 48 (2005) 2, S. 95-98.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Verzeichnis der Gesetze, Verordnungen, Verwaltungsanweisungen und anderer Rechnungslegungsnormen

BESCHLUSS Nr. 768/2008/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 9. Juli 2008 über einen gemeinsamen Rechtsrahmen für die Vermarktung von Produkten und zur Aufhebung des Beschlusses 93/465/EWG des Rates, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L218 vom 13.08.2008, S. 82-128.

DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 607/2012 DER KOMMISSION vom 6. Juli 2012 über die detaillierten Bestimmungen für die Sorgfaltspflichtregelung und die Häufigkeit und Art der Kontrollen der Überwachungsorganisationen gemäß der Verordnung (EU) Nr. 995/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verpflichtungen von Marktteilnehmern, die Holz und Holzerzeugnisse in Verkehr bringen, Amtsblatt der Europäischen Union, L 177 vom 07.07.2012, S. 16-18.

Gesetz gegen den Handel mit illegal eingeschlagenem Holz (Holzhandels-SicherungsGesetz – HolzSiG) vom 11. Juli 2011 (BGBl. I S. 1345), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 3. Mai 2013 (BGBl. I S. 1104) geändert worden ist. Abgerufen am 15. Mai 2015 von gesetze-im-internet: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/holzsig/gesamt.pdf.

Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz – ProdSG) vom 08.11.2011 (BGBl. I S. 2178, 2179; 2012 I S. 131). Abgerufen am 15. Mai 2015 von gesetze-im-internet: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/prodsg_2011/gesamt.pdf.

Gesetz zur Durchführung der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Umsetzung und Durchführung anderer Rechtsakte der Europäischen Union in Bezug auf Bauprodukte (Bauproduktengesetz – BauPG) vom 05.12.2012. Abgerufen am 15. Mai 2015 von gesetze-im-internet: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/baupg_2013/gesamt.pdf.

Gesetz zur Regelung der Gentechnik (Gentechnikgesetz – GenTG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2066), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 27 u. Artikel 4 Absatz 14 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist. Abgerufen am 15. Mai 2015 von gesetze-im-internet: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/gentg/gesamt.pdf.

RICHTLINIE 2001/18/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12. März 2001 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 106 vom 17.04.2001, S. 1-38.

RICHTLINIE 2001/95/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 3. Dezember 2001 über die allgemeine Produktsicherheit, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L11 vom 15.01.2002, S. 4-17.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

RICHTLINIE 2009/28/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG, L140 vom 05.06.2009, S. 16-62.

RICHTLINIE 2009/48/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 18. Juni 2009 über die Sicherheit von Spielzeug, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L170 vom 30.06.2009, S. 1-37.

VERORDNUNG (EG) Nr. 338/97 DES RATES vom 9. Dezember 1996 über den Schutz von Exemplaren wildlebender Tier- und Pflanzenarten durch Überwachung des Handel, 1997R0338 — DE — 29.04.1999 — 004.001. Abgerufen am 15. Mai 2015 von BfN: http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/artenschutz/pdf/EG_Artenschutz_VO_338_97_ap_0904.pdf.

VERORDNUNG (EG) Nr. 1830/2003 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 22. September 2003 über die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von genetisch veränderten Organismen und über die Rückverfolgbarkeit von aus genetisch veränderten Organismen hergestellten Lebensmitteln und Futtermitteln sowie zur Änderung der Richtlinie 2001/18/EG, Amtsblatt der Europäischen Union, L 268 vom 18.10.2003, S. 24-28.

VERORDNUNG (EG) Nr. 1935/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 27. Oktober 2004 über Materialien und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen und zur Aufhebung der Richtlinien 80/590/EWG und 89/109/EWG, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L338 vom 13.11.2004, S. 4-17.

VERORDNUNG (EG) Nr. 2173/2005 DES RATES vom 20. Dezember 2005 zur Einrichtung eines FLEGT-Genehmigungssystems für Holzeinfuhren in die Europäische Gemeinschaft, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L347 vom 30.12.2005, S. 1-6.

VERORDNUNG (EG) Nr. 2023/2006 DER KOMMISSION vom 22. Dezember 2006 über gute Herstellungspraxis für Materialien und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen, Amtsblatt der Europäischen Union, L 384 vom 29.12.2006, S. 75-78.

VERORDNUNG (EG) Nr. 764/2008 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 9. Juli 2008 zur Festlegung von Verfahren im Zusammenhang mit der Anwendung bestimmter nationaler technischer Vorschriften für Produkte, die in einem anderen Mitgliedstaat rechtmäßig in den Verkehr gebracht worden sind, und zur Aufhebung der Entscheidung Nr. 3052/95/EG, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L218 vom 13.08.2008, S. 21-29.

VERORDNUNG (EG) Nr. 1024/2008 DER KOMMISSION vom 17. Oktober 2008 mit Durchführungsbestimmungen zu der Verordnung (EG) Nr. 2173/2005 des Rates zur Einrichtung eines

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

FLEGT-Genehmigungssystems für Holzeinfuhren in die Europäische Gemeinschaft, Amtsblatt der Europäischen Union, L277 vom 18.10.2008, S. 23-29.

VERORDNUNG (EU) Nr. 995/2010 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 20. Oktober 2010 über die Verpflichtungen von Marktteilnehmern, die Holz und Holzerzeugnisse in Verkehr bringen, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 295 vom 12.11.2010, S. 23-34.

VERORDNUNG (EU) Nr. 305/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L88 vom 04.04.2011, S. 5-43.

Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (Altholzverordnung – AltholzV) vom 15. August 2002 (BGBl. I S. 3302), die zuletzt durch Artikel 96 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist. Abgerufen am 15. November 2015 von gesetze-im-internet:
https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/altholzv/gesamt.pdf.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn† • Prof. Dr. L. M. Kolbe • Prof. Dr. M. Schumann

Band 31: Christian Stummeyer
Integration von Simulationsmethoden und hochintegrierter betriebswirtschaftlicher PPS-Standardsoftware im Rahmen eines ganzheitlichen Entwicklungsansatzes
ISBN 3-89712-874-8

Band 32: Stefan Wegert
Gestaltungsansätze zur IV-Integration von elektronischen und konventionellen Vertriebsstrukturen bei Kreditinstituten
ISBN 3-89712-924-8

Band 33: Ernst von Stegmann und Stein
Ansätze zur Risikosteuerung einer Kreditversicherung unter Berücksichtigung von Unternehmensverflechtungen
ISBN 3-89873-003-4

Band 34: Gerald Wissel
Konzeption eines Managementsystems für die Nutzung von internen sowie externen Wissen zur Generierung von Innovationen
ISBN 3-89873-194-4

Band 35: Wolfgang Greve-Kramer
Konzeption internetbasierter Informationssysteme in Konzernen
Inhaltliche, organisatorische und technische Überlegungen zur internetbasierten Informationsverarbeitung in Konzernen
ISBN 3-89873-207-X

Band 36: Tim Veil
Internes Rechnungswesen zur Unterstützung der Führung in Unternehmensnetzwerken
ISBN 3-89873-237-1

Band 37: Mark Althans
Konzeption eines Vertriebscontrolling-Informationssystems für Unternehmen der liberalisierten Elektrizitätswirtschaft
ISBN 3-89873-326-2

Band 38: Jörn Propach
Methoden zur Spielplangestaltung öffentlicher Theater
Konzeption eines Entscheidungsunterstützungssystems auf der Basis Evolutionärer Algorithmen
ISBN 3-89873-496-X

Cuvillier Verlag Göttingen

Nonnenstieg 8 • 37075 Göttingen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn† • Prof. Dr. L. M. Kolbe • Prof. Dr. M. Schumann

Band 39: Jochen Heimann

DV-gestützte Jahresabschlußanalyse
Möglichkeiten und Grenzen beim Einsatz computergeschützter Verfahren zur Analyse und Bewertung von Jahresabschlüssen

ISBN 3-89873-499-4

Band 40: Patricia Böning Spohr

Controlling für Medienunternehmen im Online-Markt
Gestaltung ausgewählter Controllinginstrumente

ISBN 3-89873-677-6

Band 41: Jörg Koschate

Methoden und Vorgehensmodelle zur strategischen Planung von Electronic-Business-Anwendungen

ISBN 3-89873-808-6

Band 42: Yang Liu

A theoretical and empirical study on the data mining process for credit scoring

ISBN 3-89873-823-X

Band 43: Antonios Tzouvaras

Referenzmodellierung für Buchverlage
Prozess- und Klassenmodelle für den Leistungsprozess

ISBN 3-89873-844-2

Band 44: Marina Nomikos

Hemmnisse der Nutzung Elektronischer Marktplätze aus der Sicht von kleinen und mittleren Unternehmen eine theoriegeleitete Untersuchung

ISBN 3-89873-847-7

Band 45: Boris Fredrich

Wissensmanagement und Weiterbildungsmanagement
Gestaltungs- und Kombinationsansätze im Rahmen einer lernenden Organisation

ISBN 3-89873-870-1

Band 46: Thomas Arens

Methodische Auswahl von CRM Software
Ein Referenz-Vorgehensmodell zur methodengestützten Beurteilung und Auswahl von Customer Relationship Management Informationssystemen

ISBN 3-86537-054-3

Cuvillier Verlag Göttingen

Nonnenstieg 8 • 37075 Göttingen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn† • Prof. Dr. L. M. Kolbe • Prof. Dr. M. Schumann

Band 47: Andreas Lackner

Dynamische Tourenplanung mit ausgewählten Mataheuristiken
Eine Untersuchung am Beispiel des kapazitätsrestriktiven dynamischen Tourenplanungsproblems mit Zeitfenstern

ISBN 3-86537-084-5

Band 48: Tobias Behrensdorf

Service Engineering in Versicherungsunternehmen
unter besonderer Berücksichtigung eines Vorgehensmodells zur Unterstützung durch Informations- und Kommunikationstechnologien

ISBN 3-86537-110-8

Band 49: Michael Range

Aufbau und Betrieb konsumentenorientierter Websites im Internet
Vorgehen und Methoden unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen von kleinen und mittleren Online-Angeboten

ISBN 3-86537-490-5

Band 50: Gerit Grübler

Ganzheitliches Multiprojektmanagement
Mit einer Fallstudie in einem Konzern der Automobilzulieferindustrie

ISBN 3-86537-544-8

Band 51: Birte Pochert

Konzeption einer unscharfen Balanced Scorecard
Möglichkeiten der Fuzzyfizierung einer Balanced Scorecard zur Unterstützung des Strategischen Managements

ISBN 3-86537-671-1

Band 52: Manfred Peter Zilling

Effizienztreiber innovativer Prozesse für den Automotive Aftermarket
Implikationen aus der Anwendung von kollaborativen und integrativen Methoden des Supply Chain Managements

ISBN 3-86537-790-4

Band 53: Mike Hieronimus

Strategisches Controlling von Supply Chains
Entwicklung eines ganzheitlichen Ansatzes unter Einbeziehung der Wertschöpfungspartner

ISBN 3-86537-799-8

Band 54: Dijana Bergmann

Datenschutz und Datensicherheit unter besonderer Berücksichtigung des elektronischen Geschäftsverkehrs zwischen öffentlicher Verwaltung und privaten Unternehmen

ISBN 3-86537-894-3

Cuvillier Verlag Göttingen

Nonnenstieg 8 • 37075 Göttingen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn† • Prof. Dr. L. M. Kolbe • Prof. Dr. M. Schumann

Band 55: Jan Eric Borchert

Operatives Innovationsmanagement in Unternehmensnetzwerken
Gestaltung von Instrumenten für Innovationsprojekte

ISBN 3-86537-984-2

Band 56: Andre Daldrup

Konzeption eines integrierten IV-Systems zur ratingbasierten Quantifizierung des regulatorischen und ökonomischen Eigenkapitals im Unternehmenskreditgeschäft unter Berücksichtigung von Basel II

ISBN 978-3-86727-189-9

Band 57: Thomas Diekmann

Ubiquitous Computing-Technologien im betrieblichen Umfeld
Technische Überlegungen, Einsatzmöglichkeiten und Bewertungsansätze

ISBN 978-3-86727-194-3

Band 58: Lutz Seidenfaden

Ein Peer-to-Peer-basierter Ansatz zur digitalen Distribution wissenschaftlicher Informationen

ISBN 978-3-86727-321-3

Band 59: Sebastian Rieger

Einheitliche Authentifizierung in heterogenen IT-Strukturen für ein sicheres e-Science-Umfeld

ISBN 978-3-86727-329-9

Band 60: Ole Björn Brodersen

Eignung schwarmintelligenter Verfahren für die betriebliche Entscheidungsunterstützung
Untersuchungen der Particle Swarm Optimization und Ant Colony Optimization anhand eines stochastischen Lagerhaltungs- und eines universitären Stundenplanungsproblems

ISBN 978-3-86727-777-5

Band 61: Jan Sauer

Konzeption eines wertorientierten Managementsystems unter besonderer Berücksichtigung des versicherungstechnischen Risikos

ISBN 978-3-86727-858-4

Band 62: Adam Melski

Datenmanagement in RFID-gestützten Logistiknetzwerken
RFID-induzierte Veränderungen, Gestaltungsmöglichkeiten und Handlungsempfehlungen

ISBN 978-3-86955-041-1

Cuvillier Verlag Göttingen

Nonnenstieg 8 • 37075 Göttingen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn† • Prof. Dr. L. M. Kolbe • Prof. Dr. M. Schumann

Band 63: Thorsten Caus
Anwendungen im mobilen Internet
Herausforderungen und Lösungsansätze für die Entwicklung und Gestaltung mobiler Anwendungen
ISBN 978-3-86955-399-3

Band 64: Nils-Holger-Schmidt
Environmentally Sustainable Information Management
Theories and concepts for Sustainability, Green IS, and Green IT
ISBN 978-3-86955-825-7

Band 65: Lars Thoroe
RFID in Reverse-Logistics-Systemen
ISBN 978-3-86955-902-5

Band 66: Stefan Bitzer
Integration von Web 2.0-Technologien in das betriebliche Wissensmanagement
ISBN 978-3-86955-918-6

Band 67: Matthias Kießling
IT-Innovationsmanagement
Gestaltungs- und Steuerungsmöglichkeiten
ISBN 978-3-95404-104-6

Band 68: Marco Klein
HR Social Software
Unternehmensinterne Weblogs, Wikis und Social Networking
Services für Prozesse des Personalmanagements
ISBN 978-3-95404-247-0

Band 69: Malte Schmidt
Migration vom Barcode zur passiven RFID-Technologie in der automobilen Logistik
Exemplarische Untersuchung am Beispiel eines Automobilherstellers
ISBN 978-3-95404-441-2

Band 70: Janis Kossahl
Konzeptuelle Grundlagen zur Etablierung einer Informationsplattform in der Energiewirtschaft
Ein Beitrag zur Energiewende aus der Perspektive der Wirtschaftsinformatik
ISBN 978-3-95404-524-2

Cuvillier Verlag Göttingen
Nonnenstieg 8 • 37075 Göttingen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn† • Prof. Dr. L. M. Kolbe • Prof. Dr. M. Schumann

Band 71: Stefan Friedemann
IT-gestützte Produktionsplanung mit nachwachsenden Rohstoffen unter Berücksichtigung von Unsicherheiten
ISBN 978-3-95404-606-5

Band 72: Arne Frerichs
Unternehmensfinanzierung mit Peer-to-Peer-gestützter Mittelvergabe
ISBN 978-3-95404-624-9

Band 73: Ullrich C. C. Jagstaidt
Smart Metering Information Management
Gestaltungsansätze für das Informationsmanagement und für Geschäftsmodelle der Marktakteure in der Energiewirtschaft
ISBN 978-3-95404-696-6

Band 74: Sebastian Busse
Exploring the Role of Information Systems in the Development of Electric Mobility
Understanding the Domain and Designing the Path
ISBN 978-3-95404-727-7

Band 75: Christoph Beckers
Management von Wasserinformationen in der Fleischindustrie
Analyse von Sytemanforderungen zur produktspezifischen Ausweisung von Water Footprints
ISBN 978-3-95404-809-0

Band 76: Hendrik Hilpert
Informationssysteme für die Nachhaltigkeitsberichterstattung in Unternehmen
Empirische Erkenntnisse und Gestaltungsansätze zur Datengrundlage, Erfassung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen
ISBN 978-3-95404-908-0

Band 77: Simon Thanh-Nam Trang
Adoption, Value Co-Creation, and Governance of Inter-Organizational Information Technology in Wood Networks
ISBN 978-3-7369-9031-9

Band 78: Stefan Gröger
IT-Unterstützung zur Verbesserung der Drittmittel-Projekt-Bewirtschaftung an Hochschulen - Referenzprozessgestaltung, Artefakt-Design und Nutzenpotenziale
ISBN 978-3-7369-9077-7

Cuvillier Verlag Göttingen

Nonnenstieg 8 • 37075 Göttingen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Göttinger Wirtschaftsinformatik

Herausgeber: Prof. Dr. J. Biethahn† • Prof. Dr. L. M. Kolbe • Prof. Dr. M. Schumann

Band 79: Johannes Schmidt
Demand-Side Integration Programs for Electric Transport Vehicles
unter Berücksichtigung von Unsicherheiten
ISBN 978-3-7369-9123-1

Band 80: Christian Tornack
IT-gestütztes Nachfolgemanagement in Großunternehmen
ISBN 978-3-7369-9161-3

Cuvillier Verlag Göttingen

Nonnenstieg 8 • 37075 Göttingen

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.