



Shanna Appelhanz (Autor)
**Tracking & Tracing-Systeme in
Wertschöpfungsnetzwerken für die industrielle
stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe**



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

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7194>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>



„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 (CO₂)-neutrale Rohstoffe, die als CO₂-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. Narodoslowsky 2003, S. 55). Zudem ist es durch die Verwirklichung der Kaskadennutzung von NawaRo möglich, den Zeitpunkt der CO₂-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



2014, S. 1; Geldermann 2012, S. 192; Saphores 2003, S. 509), hohe Risiken illegalen Holzeinschlags (vgl. WWF o. Jg.) und Holzdiebstahls während der Lagerung sowie des Transportes (vgl. Kasturi 2005; Timberheft 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-Rekonstruktion 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?



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-



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
<ul style="list-style-type: none"> • 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) 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 Konsumentenansprüchen 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



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 Wertschöpf-



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.

Forschungsfrage	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 (Fetke/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



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 Synergieeffekten 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.

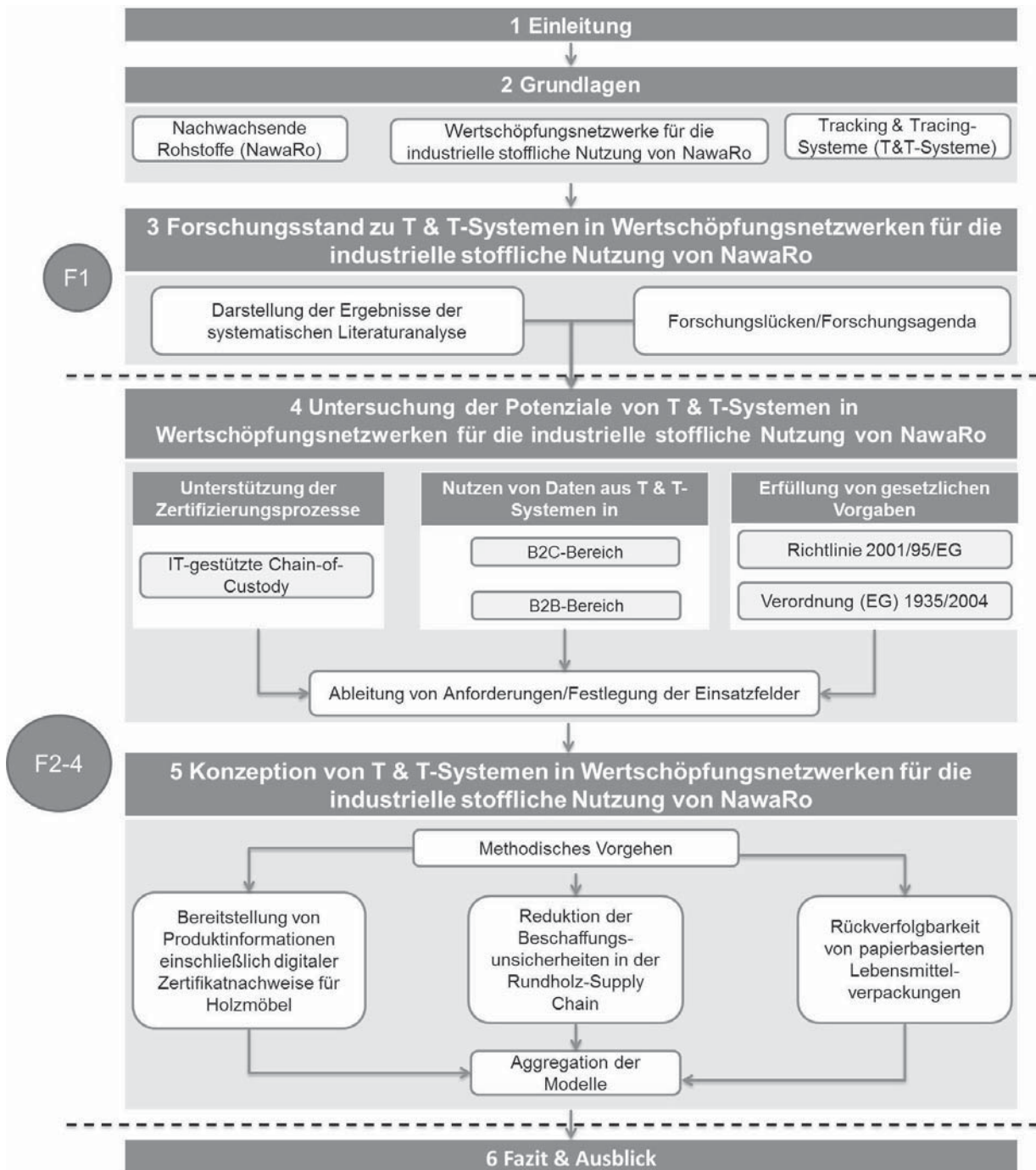


Abbildung 1-1: Gang der Untersuchung



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 Anwendungsbe- reich verwertet (vgl. Waskow 1998, S. 11). Dabei sind NawaRo Bestandteil der Erzeugnisse.



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 CO₂-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.

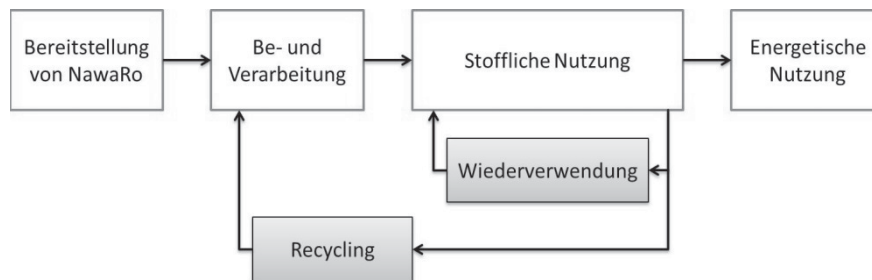


Abbildung 2-1: Kaskadennutzung von NawaRo¹

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.



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 Pilzbau, Streu beim Obstbau

Tabelle 2-1: Ausgewählte Rohstoffe für die industrielle stoffliche Nutzung²

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



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 NawaRo³

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 Papierindustrie⁴. Die von diesen Industrien erstellten Holzzeugnisse werden von Bauwesen, Möbelindustrie, Verpackungsindustrie, papierverarbeitenden Industrien abgenommen und weiterverarbeitet. Im Gegensatz zu Stamm- und Industrieholzern 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.



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-



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 Furnieren⁵) Holzwerkstoffindustrie (Verarbeitung von Holz und Faserpflanzen zu Holzwerkstoffen⁶ 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 Schälens 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



Zellstoff- und Papierindustrie (Verarbeitung von Holz und Faserpflanzen zu Holz⁷ und Zellstoff⁸ 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.

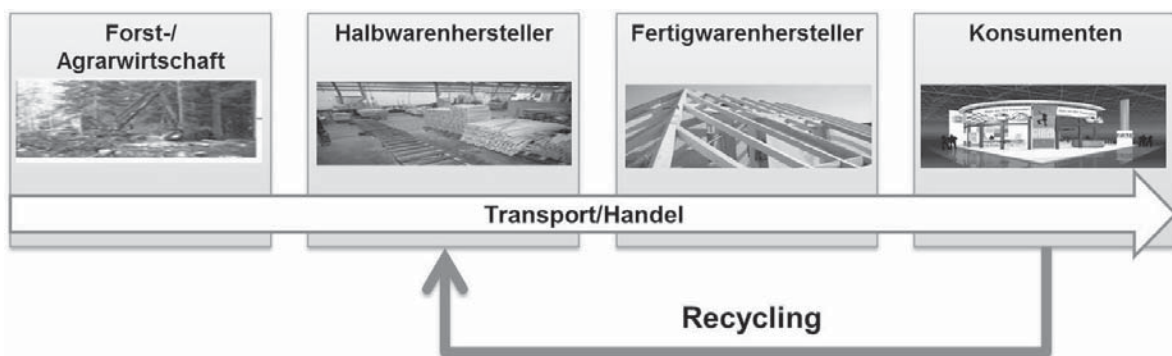


Abbildung 2-2: Lignocellulose-basierte Wertschöpfungskette

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, Forstbetrieben⁹ und Dienstleistungsunternehmen¹⁰ 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).