



Lars Kollenkark (Autor)
**Simulationsgestützte Gestaltung von
Kuppelproduktionsprozessen**

Schriften zum Supply Chain Management

Band 9

Herausgeber:
Thorsten Claus/ Bernd Lemser

Lars Kollenkark

**Simulationsgestützte Gestaltung
von Kuppelproduktionsprozessen**



Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6296>

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>



1. Einleitung

1.1. Problemstellung

In der modernen Gesellschaft ist es die Aufgabe von Unternehmen, produktive Funktionen zu erfüllen. Durch Erstellung und Distribution von Sachgütern sowie dem Anbieten von Dienstleistungen erbringen sie Leistungen, die der Befriedigung menschlicher Bedürfnisse dienen. Dabei erfordern sowohl ökologische und gesellschaftliche Entwicklungstendenzen im Allgemeinen, der technologische Fortschritt, der wirtschaftliche Strukturwandel und die Veränderung der menschlichen Arbeits- und Verbrauchsgewohnheiten ständige Anpassung der Unternehmen und des arbeitsteiligen Unternehmensgeschehens.¹ Aus diesem Grund müssen derzeit fast sämtliche Unternehmen durchgreifende Veränderungen hinsichtlich wesentlicher, bestimmender Merkmale vornehmen, um die eigene Zukunftsfähigkeit zu sichern. Historisch betrachtet ist dieser Umgestaltungsprozess eine natürliche Anpassung an sich verändernde Umfeldbedingungen, welche sich häufig auch über längere Zeiträume verfolgen lassen. Unternehmensstrategien werden in immer kürzer werdenden Zyklen revidiert, und die Reaktion auf äußere Einflüsse erfolgt eher sprunghaft denn langsam. Das rechtzeitige Ableiten von Handlungsbedarfen wird zu einem wichtigen Faktor der Erfolgssicherung und die Strategiegestaltung von Unternehmen des produzierenden Gewerbes hat die Aufgabe, Lösungen zu konzipieren, die mit den Rahmenbedingungen sowohl kurz- als auch langfristig im Einklang stehen.² Dabei spielen zum einen technische und ökonomische Entwicklungen eine wichtige Rolle, zum anderen aber auch das soziale Umfeld des Unternehmens sowie politische und ökologische Rahmenbedingungen.

Für Unternehmen des produzierenden Gewerbes ist dabei signifikant, dass auf der einen Seite das Produktionssystem als starr angesehen werden muss, da es mit einem hohen Kapitaleinsatz sowie Produktentwicklungsaufwand verbunden ist, auf der anderen Seite aber einer zunehmenden Dynamik des Umfeldes unterliegt. Die wesentliche Aufgabe des Produktionsmanagements besteht deshalb darin, eine zielführende Synthese zwischen Kontinuität und dem sich in ständiger Bewegung befindlichen Umfeld zu schaffen, welche marktorientierte Leistungen ermöglicht und stetige Wettbewerbsvorteile aufzubauen im Stande ist (vgl. Abb. 1).

¹ Vgl. Ulrich/Krieg (2001), S. 21.

² Vgl. Eversheim/Schuh (1999), S. 5-27 f.

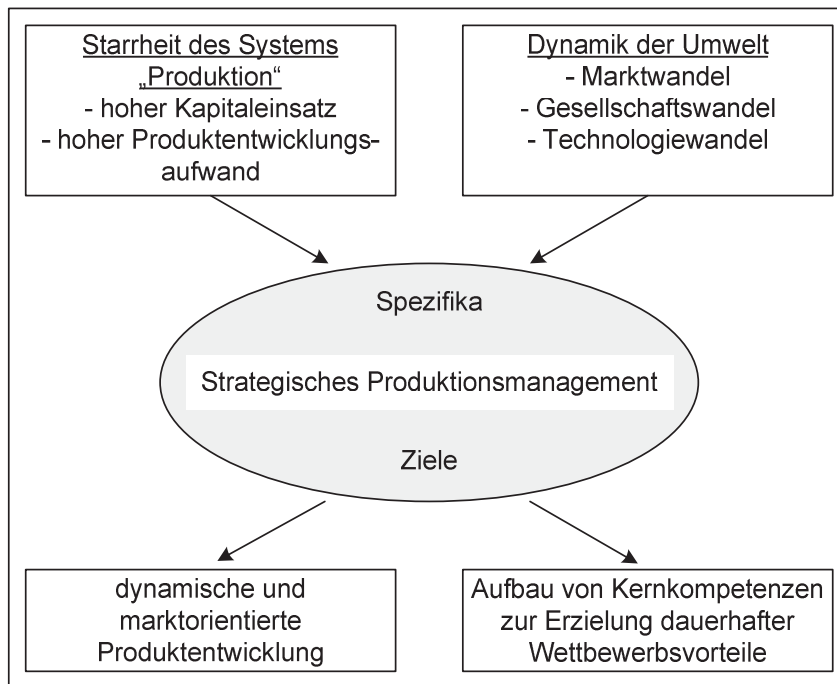


Abb. 1: Spezifika und Ziele des strategischen Produktionsmanagements

Quelle: In enger Anlehnung an Eversheim (1999), S. 5-35.

Dabei ist jede Unternehmung in ein individuelles, spezifisches Umfeld einbezogen, wobei vielfältige gegenseitige Austausch- und Einwirkungsprozesse stattfinden. Im Rahmen des „St.Galler Management-Modells“ wird dieses spezifische Umfeld auch als Umwelt definiert und zwischen der technologischen, ökonomischen und sozialen Umweltsphäre unterschieden, welche ihrerseits in die ökologische Umwelt, den Gesamthaushalt der Natur, einbezogen sind (vgl. Abb. 2).

Während die technologische Umwelt die materielle Basis des Wirtschaftens abbildet und sämtliche Wirkungsbereiche der Naturwissenschaften sowie Technik umfasst, erfasst die ökonomische Sphäre sämtliche volkswirtschaftliche Zusammenhänge. Untersuchungsgegenstände sind dabei Struktur und Funktionsweise der Wirtschaft, Wachstum und Konjunktur genauso wie außenwirtschaftliche Verflechtungen und langfristige Entwicklungsperspektiven mit deren Konsequenzen für das Unternehmen. Die soziale Umweltsphäre fokussiert auf die kulturellen, rechtlichen und politischen Aspekte der Gesellschaft, wobei der Mensch im Mittelpunkt steht.³

„Die damit verbundenen Probleme der Bevölkerungsentwicklung, der Nahrungsmittel- und Industriegüterproduktion, des Abbaus natürlicher Ressourcen sowie der Umweltverschmutzung rufen immer dringender nach Lösungen, die für die Gesamtwirtschaft wie für

³ Vgl. Ulrich/Krieg (2001), S. 23.

die einzelne Unternehmung zu grundlegend veränderten Bedingungskonstellationen technologischer, ökonomischer und sozialer Art führen können.“⁴

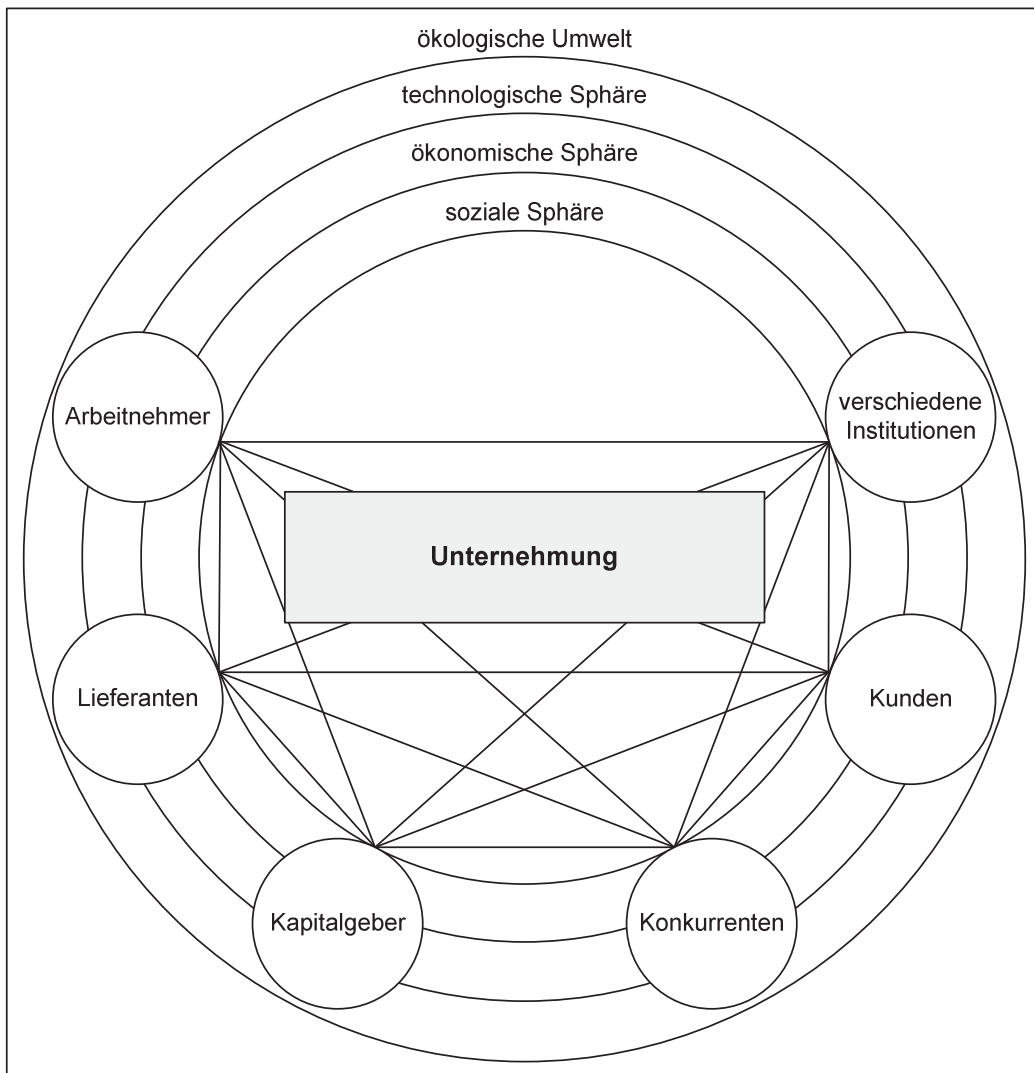


Abb. 2: Die Umwelt der Unternehmung

Quelle: In enger Anlehnung an Ulrich (2001), S. 24.

Dabei kam in den letzten Jahren vermehrt die Forderung nach einer nachhaltigen Entwicklung auf, die soziale, ökonomische und ökologische Notwendigkeiten integriert. Der Begriff „Nachhaltigkeit“ wurde erstmals von der Brundtland-Kommission⁵ benutzt und überträgt das englische „sustainable development“. „Sustainable development is devel-

⁴ Ulrich/Krieg (2001), S. 24.

⁵ Die Brundtland-Kommission war eine von der ehemaligen Norwegischen Ministerpräsidentin geleitete Weltkommission für Umwelt und Entwicklung, die von der UN-Vollversammlung beauftragt wurde, ein weltweites Programm des Wandels und anspruchsvolle Ziele für die Weltgemeinschaft zu formulieren, und die Ergebnisse 1987 in einem Bericht vorlegte.



opment that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.“⁶ Seitdem steht der Ausdruck im Mittelpunkt der Umweltdiskussionen und wurde vielfältig interpretiert sowie diskutiert⁷, wobei die Dreidimensionalität der Nachhaltigkeit (ökologische, ökonomische und soziale Dimension) grundsätzlich gleich ist.

Für Unternehmen des produzierenden Gewerbes bedeutet dies, das Wachstumsparadigmen auf Grundlage umweltfreundlicherer Produkte geschaffen werden müssen. Integrierte Produktpolitik, die das Ziel verfolgt, die Umweltauswirkungen von Produkten während ihres gesamten Lebenszyklus zu verringern, gewinnt immer mehr an Bedeutung. „Design for Recycling“ oder „Design for Environment“ sind keine Fremdwörter im betrieblichen Alltag, sondern Ausdruck des gestiegenen Bewusstseins für genau diese Fragestellungen. Angefangen beim Abtragen der Rohstoffe aus dem Naturverbund über die Transformation, den Vertrieb, die Verwendung bis hin zum Recycling sowie der Verwertung und endgültigen Entsorgung müssen die Konsequenzen für Ökonomie, Ökologie und Gesellschaft reflektiert werden. Politiker fordern, dass Unternehmen ihre Corporate Social Responsibility wahrnehmen und ihre Aktivitäten an den sogenannten Megatrends der Nachhaltigkeit ausrichten.⁸

Ein Megatrend, der von vielen Industrieunternehmen bereits als Risikofaktor wahrgenommen wird, ist die Ressourcenverknappung und die damit verbundene Endlichkeit der natürlichen Rohstoffvorkommenisse. „In den letzten zwei Jahren jagte eine Meldung über leergefegte Rohstoffmärkte die andere. Kaum ein Tag verging, ohne dass eine größere deutsche Tageszeitung die angespannte Situation auf dem Stahlmarkt, die historische Preis-Hausse bei Erdöl oder die steigenden Verbraucherpreise für Milchprodukte beklagt hätte.“⁹ Welche Relevanz das Thema für die Produzenten von Gütern hat, zeigt die nachfolgende Abbildung.

⁶ World Commission on Environment and Development (1987), S. 54.

⁷ Vgl. Munier (2005), S. 10.

⁸ Vgl. BMU (2008a), S. 3. Neben der Ressourcenverknappung zählen zu diesen Megatrends ökologisch betrachtet der Klimawandel, der globale Süßwassermangel, der Verlust an Biodiversität sowie die Entwaldung und Wüstenbildung. Demografischer Wandel, weltweites Bevölkerungswachstum und Zunahme von Armut sind Entwicklungen auf der sozialen Seite, die allgegenwärtig scheinen.

⁹ Reuscher et al. (2008), S. 13.

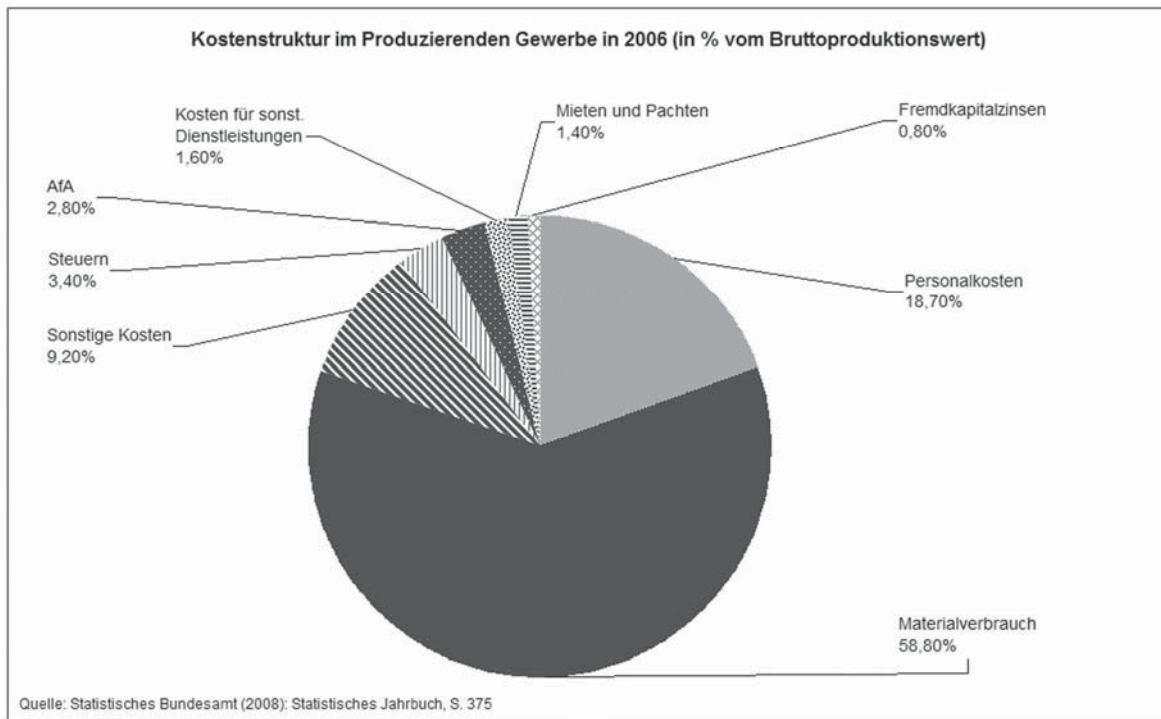


Abb. 3: Zusammensetzung der Herstellkosten im produzierenden Gewerbe

Quelle: Eigene, Datengrundlage: Statistisches Bundesamt (2008), S. 375.

Mit ca. 59 % sind die Aufwendungen für den Material- und Energieeinsatz der größte Block bei den auftretenden Kosten der Produktionsunternehmen. Zunehmende Rohstoffnachfragen aus Schwellenländern wie China oder Indien werden auch zukünftig zu Preisanstiegen bei wichtigen Schlüsselrohstoffen wie Stahl oder Kupfer führen und diese Situation noch verschärfen. 2003 begann eine Hausse der Preise, die dazu führte, dass 2006 gänzlich neue oder seit Jahrzehnten nicht erreichte Höchststände zu verzeichnen waren. Als wesentliche Ursache dafür gilt das globale Wirtschaftswachstum.¹⁰

Aber nicht nur die Knappheit der Rohstoffe allein ist das Problem, sondern auch die begrenzte Aufnahmefähigkeit des Ökosystems (in Abbildung 1 dargestellt als „ökologische Umwelt“). Die Umwelt hat auf der einen Seite zwar die Funktion als Inputlieferant, wird aber auf der anderen Seite auch als Aufnahmemedium für Produktions- und Konsumrückstände in Anspruch genommen, da bei Fertigungsprozessen neben den erwünschten Zielprodukten auch zwangsläufig immer unerwünschte Outputs materieller oder energetischer Art auftreten, die früher oder später in die ökologische Umwelt gelangen, welche sie aufnimmt.¹¹ Grundsätze der Umweltpolitik der Bundesrepublik Deutschland berücksichtigen deshalb neben der bedingten Regenerationsfähigkeit der erneuerbaren natürlichen

¹⁰ Vgl. Reuscher et al. (2008), S. 13.

¹¹ Vgl. Matschke (1996), S. 22 ff.



Ressourcen und der vorhandenen Substitutionsgrenzen auch die begrenzte Anpassungs- und Aufnahmefähigkeit der Ökosysteme.¹²

In den 80er- und 90er-Jahren kam es in Deutschland zu einer übergreifenden Gesetzgebung, die die ökologischen Zusammenhänge in besonderem Maß berücksichtigt und dabei zunehmend von internationalen und europarechtlichen Maßgaben bestimmt wird.¹³ Integrierte Ansätze berücksichtigen den gesellschaftlichen und ethischen Anspruch der Unternehmen¹⁴ und verfolgen damit die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung, gleichsam bedeuten sie aber auch eine intensive und zunehmende Auseinandersetzung mit genau diesen Fragestellungen. Neben der Verankerung des Umweltschutzes im Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland¹⁵ finden sich Prinzipien der Vorsorge, der Verursachung, der Kooperation und der Nachhaltigkeit sowie das Prinzip des integrierten Umweltschutzes in derzeit 259 Rechtsvorschriften wieder, die im Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit liegen.¹⁶ Neben dem Anstieg von Entsorgungskosten, der seit den 80er-Jahren latent wahrzunehmen ist, wird auch die Verfügbarkeit von Entsorgungsvarianten zu einer zunehmenden Herausforderung.

Für die Produktionsunternehmen bedeutet dies de facto, dass sie in ihrem täglichen Handeln mit einer Masse von Herausforderungen umzugehen haben, die durch eine Vielzahl verschiedener Stakeholder an sie gestellt werden. Auf Grund der Ressourcenverknappung und den damit verbundenen Folgen wie Preisanstieg für Rohstoffe und Entsorgung, Endlichkeit der Material- und Energievorkommen sowie der restriktiven Umweltgesetzgebung werden langfristige Handlungsfelder sowie strategische Ziele¹⁷ der Unternehmen betroffen und beeinflusst.

Verfügbarkeitsengpässe führen zu Restriktionen in den Expansionsplänen und begrenzen Flexibilität und Unabhängigkeit von Betrieben. Des Weiteren kommt es zu Verschiebungen in der Kostenstruktur, die auf der einen Seite die monetären Zielinhalte wie die Maximierung der Kapitalrendite bedingen, auf der anderen Seite auch starken Einfluss auf die Wettbewerbssituation haben. In der Konsequenz erfolgt die Bedrohung der Existenz durch Einschnitte in Handlungsoptionen und Kostenstrukturen. Aus diesem Grund unterliegen Industriezweige wie z. B. die Automobilindustrie signifikanten Umbrüchen und

¹² Vgl. Möller (2003), S. 254.

¹³ Vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt (2008), S. 2.

¹⁴ Vgl. Prammer (1998), S. 7.

¹⁵ Bundesrepublik Deutschland (2007), Art. 20a.

¹⁶ Vgl. BMU (2008b).

¹⁷ Zu typischen Unternehmenszielen vgl. Meffert et al. (2008), S. 242; Walker et al. (1992), S. 46; Thompson/Strickland (2004), S. 43.



Technologieveränderungen. Während bis dato mit Verbrennungsmotoren gut gefahren wurde, so werden derzeit eine Vielzahl von alternativen Antriebstechniken konzipiert und entwickelt, um Abhängigkeiten von Rohstoffen entgegenzuwirken und Maßnahmen gegen die Ressourcenverknappung zu ergreifen.¹⁸

1.2. Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Eine Option, den Rohstoffpreisanstiegen und Verknappungen entgegenzuwirken, ist die Steigerung der Material- und Energieeffizienz. Dabei wird das Ziel verfolgt, den Bedarf an Materialien und Energieträgern zu senken und den gleichen Output mit geringeren Mengen an Inputmaterialien zu erzielen.¹⁹ Darüber hinaus spielt die Reduzierung der entstehenden Abfallmengen eine entscheidende Rolle. Wer Abfälle vermeiden will, muss den Stoffumsatzgrad verbessern und dabei die wirtschaftlichen Ziele der Unternehmung beachten. Das bedeutet, dass Material- und Energieeinsatz, Transformationsprozess und die Entstehung von Haupt- und Nebenprodukten sowie Abfällen als im Zusammenhang stehend zu reflektieren und auch als Gesamtprozess vor dem Hintergrund definierter unternehmerischer Ziele zu planen, zu überwachen und zu steuern sind. Eine dementsprechende Planung und Steuerung von Produktionsprozessen bedarf Instrumenten zur Entscheidungsunterstützung, die den stoffwirtschaftlichen Zusammenhang abbilden und in einen betriebswirtschaftlichen Entscheidungsbezug setzen.²⁰

Die vorliegende Arbeit ist vor diesem Hintergrund einzuordnen. Das primäre Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung einer Methodik, die zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Outputobjekten aus Produktionsprozessen dient, die als Ausgangspunkt nachfolgender Optimierungsmaßnahmen gesehen werden kann. Die Bestimmung geeigneter Optimierungsoptionen erfolgt mittels Heuristiken. Dies bedeutet, dass Vorgehensregeln verfolgt werden, die für die Problemstruktur sinnvoll und erfolgversprechend scheinen, aber keine Garantie geboten werden kann, dass ein mathematisches Optimum gefunden wird bzw. als solches erkannt wird.²¹ Vielmehr soll die Optimierung in diesem Zusammenhang verstanden werden als eine Verbesserung gegenüber der Ausgangsposition.

Verbesserungen im Ressourcenverbrauch haben zum einen meist direkte positive Auswirkungen auf die Herstellkosten und zum anderen können anfallende Abfallstoffe reduziert und somit auch Einsparpotenziale bei den Entsorgungskosten realisiert werden. Global betrachtet, ist neben der Konservierung natürlicher Ressourcen insbesondere die Re-

¹⁸ Vgl. Spiegel Online (2008).

¹⁹ Vgl. Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2007), S. 17.

²⁰ Vgl. Lemser (2008), S. 343.

²¹ Vgl. Domschke/Drexel (2005), S. 127; Zimmermann (1999), S. 150 f.



duzierung ökologischer und sozialer Ausmaße die Folge einer effizienteren Material- und Energieverwendung. Wasser- und Luftverschmutzung werden vermindert und die Emission von Treibhausgasen reduziert.²² Die oben beschriebene Tatsache der Kuppelproduktentstehung kann nach Meinung des Autors dabei nicht außer Acht gelassen werden. Speziell die begrenzte Aufnahmefähigkeit der Ökosysteme, die Zunahme umweltpolitischer Regelungen und der stete Anstieg von Entsorgungskosten bedingen eine konsequente Auseinandersetzung mit allen anfallenden Outputobjekten. Während Optimierungsabsichten bisher eher partiellen Betrachtungen unterliegen, wie z. B. die technisch bedingte Reduzierung der Abfallmengen oder die Substitution von Einsatzmaterialien, hat die zu entwickelnde Methodik einen ganzheitlichen Anspruch. Dies bedeutet, dass die Konsequenzen möglicher Veränderungen für das Produktionssystem als Ganzes abgeleitet werden und eine Bewertung der (Kuppel-)Produktionsprozesse erfolgen soll.

Da eine ganzheitliche Bewertung von Produktionssystemen mit einem enormen Datenerhebungsaufwand verbunden ist, muss langfristig eine Realisierung durch eine Softwarelösung angestrebt werden. Die vorliegende Arbeit will insofern dazu einen Beitrag leisten, indem wesentliche Elemente eines EDV-technischen Instruments konzeptionell beschrieben werden, welche als Grundlage einer möglichen Realisierung dienen sollen. Solch eine Softwarelösung soll Entscheidungsträgern Unterstützung durch Identifikation möglicher Optimierungspotenziale liefern, indem die Zielbeiträge jeglicher Material- und Energieströme bestimmt werden.

Kapitel 2 beschäftigt sich daher mit der stoffwirtschaftlichen Beschreibung von Produktionssystemen und geht explizit auf die Theorie der Kuppelproduktion ein. Darüber hinaus werden material- und energiestrombezogene Herausforderungen vorgestellt und auf die Bewertungsproblematik bei Kuppelproduktionssystemen eingegangen. Dafür wird ein kurzer Überblick gegeben, wie das Thema in der Literatur behandelt wird. Auf die drei wichtigsten Epochen wird kurz eingegangen.

Darauf aufbauend wird in Kapitel 3 die Kuppelproduktionstheorie vor dem Hintergrund eines veränderten Erkenntnisinteresses diskutiert. Der Fokus wird dabei auf eine verwendungsorientierte Sichtweise gelegt und die Notwendigkeit der Bestimmung sämtlicher Zielbeiträge erörtert.

Kapitel 4 definiert Anforderungen an ein Bewertungsverfahren, die sich auf Grund der kundenorientierten Unternehmensführung und existierender Hemmnisse in den Unternehmen ergeben. Darauf aufbauend erfolgt die Analyse existierender Bewertungsverfahren. Die Entwicklung einer Bewertungssystematik zur ganzheitlichen Optimierung von

²² Vgl. Peck/Chipman (2007), S. 349 f.



Kuppelproduktionsprozessen und dessen konzeptionelle Umsetzung in einem IT-Instrument sind Gegenstand der Kapitel 6 und 7.

Das darauf folgende Kapitel beschreibt die Anwendung des Verfahrens an einem kleinen Fallbeispiel und vergleicht die Ergebnisse mit anderen Methoden, die zur wirtschaftlichen Optimierung von Produktionssystemen zum Einsatz kommen. Kapitel 9 beinhaltet die exemplarische Umsetzung an einem komplexen Fallbeispiel eines Praxispartners, ehe die Schlussbetrachtungen in Form der kritischen Würdigung der Methodik erfolgen.