

Regionale Wertschöpfungsketten im Kontext von Ökosystemleistungen und Biodiversität

Am Beispiel einer tschechisch-polnisch-sächsischen Projektkooperation



Abhängigkeiten von Ökosystemleistungen und Umwelteinwirkungen entlang der Wertschöpfungskette

Schlussfolgerungen für das betriebliche Management

Projektzwischenbericht

August 2016

Nicolai Heinz
Dr. Christoph Schröter-Schlaack
Umweltforschungszentrum Leipzig
Kontakt: nicolai.heinz@ufz.de

 **HELMHOLTZ**
ZENTRUM FÜR
UMWELTFORSCHUNG
UFZ

Abstract

Der vorliegende Zwischenbericht umfasst:

- die qualitative Analyse von Wechselwirkungen zwischen Projektunternehmen und Ökosystemleistungen mit Schwerpunkt auf den unternehmerischen Abhängigkeiten
- die Identifizierung der Hauptumwelteinwirkungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette für beispielhafte projektrelevante Produkte und Dienstleistungen (Brot, Bier, Nudeln, Holzprodukte/Möbel sowie touristische Dienstleistungen/ Beherbergung) mittels eines Reviews von Life Cycle Assessments (LCA)
- die Ableitung von unternehmerischen Handlungsfeldern und Formulierung beispielhafter Maßnahmen
- die Ableitung von entsprechenden Managementprioritäten für die untersuchten Produkte/Produktgruppen mit Fokus auf verarbeitende Unternehmen
- die Bewertung der LCA-Ergebnisse im Kontext von Biodiversität und Ökosystemleistungen
- grundsätzliche Schlussfolgerungen hinsichtlich der Auswahl von Indikatoren zur Erfassung der biodiversitäts- und ökosystemleistungsrelevanten Performance von Betrieben auf unterschiedlichen Stufen der Wertschöpfungskette
- die Skizze eines wertschöpfungskettenübergreifenden Indikatorensatzes mit beispielhafter Produktkennzeichnung

Abstract (English)

The interim report at hand includes:

- the qualitative analysis of the interplay between companies serving as case studies for the project and ecosystem services with a focus on business dependencies on such services
- the identification of the main environmental impacts along the entire value chain of exemplary products and services of these companies (bread, beer, pasta, wood products/furniture as well as touristic services/accommodation) via a review of life cycle assessments (LCA)
- the deduction of entrepreneurial fields of action and expression of exemplary measures
- the deduction of respective management priorities for different products/product groups with a focus on processing enterprises
- the evaluation of the LCA results within the context of biodiversity and ecosystem services
- general conclusions regarding the selection of indicators for capturing the biodiversity- and ecosystem service-relevant performance of enterprises operating at different stages of the value chain
- a sketch of an indicator set covering the whole value chain and the application of this indicator set for an exemplary product label

Inhalt

1. Projektunternehmen und Ökosystemleistungen	1
1.1. Projektunternehmen nach Branchen	1
1.2. Wechselwirkungen zwischen Projektunternehmen und Ökosystemleistungen	1
2. Review von Life Cycle Assessments für projektrelevante Produkte	4
2.1. Life Cycle Assessments – Vorgehen und Wirkungskategorien.....	4
2.2. Brot.....	6
2.3. Bier	9
2.4. Nudeln	13
2.5. Holzprodukte/Möbel	16
2.6. Tourismus/Beherbergung.....	20
3. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	23
3.1. Zusammenfassende Ergebnisse	23
3.2. Life Cycle Assessments und die Rolle von Biodiversität und Ökosystemleistungen.....	26
3.3. Schlussfolgerungen für das betriebliche Management.....	29
3.4. Schlussfolgerungen für wertschöpfungskettenübergreifende Indikatoren.....	36
4. Referenzen.....	38
Annex 1: Schnittstellen zwischen Unternehmen und Ökosystemleistungen.....	40
Annex 2: Schnittstellen zwischen Wertschöpfungskette und Ökosystemleistungen.....	43

Tabellenübersicht

Tabelle 1: Zusammenfassung der betrachteten LCA-Studien für Brot	7
Tabelle 2: Zusammenfassung der betrachteten LCA-Studien für Bier	11
Tabelle 3: Zusammenfassung der betrachteten LCA-Studien für Nudeln.....	14
Tabelle 4: Zusammenfassung der betrachteten LCA-Studien für Holzprodukte/Möbel.....	17
Tabelle 5: Zusammenfassung der betrachteten LCA-Studien für Tourismus/Beherbergung.....	21
Tabelle 6: Treiber des Biodiversitätsverlusts und korrespondierende LCA-Umweltkategorien	28
Tabelle 7: Umweltrelevante <i>hot spots</i> entlang der Wertschöpfungskette für projektrelevante Branchen.....	29
Tabelle 8: Zusammenfassende Ergebnisse aus der Sicht verarbeitender Unternehmen.....	33
Tabelle 9: ÖSL-Schnittstellen und Managementindikatoren (Bsp. Brot).....	35
Tabelle 10: Wertschöpfungskettenübergreifendes Indikatoren-Dashboard.....	37

Abbildungsübersicht

Abbildung 1: Prozesskette Brot.....	7
Abbildung 2: Prozesskette Bier	9
Abbildung 3: Prozesskette Nudeln.....	13
Abbildung 4: Prozesskette Holzprodukte/Möbel	16
Abbildung 5: Prozessmodule Tourismus/ Beherbergung	20
Abbildung 6: Produktkennzeichnung basierend auf einem Set wertschöpfungskettenübergreifender Indikatoren	37

1. Projektunternehmen und Ökosystemleistungen

1.1. Projektunternehmen nach Branchen

Die Modellunternehmen des Projektes sind in unterschiedlichen Sektoren tätig, wobei eine Vielzahl durch ihre vielfältigen Geschäftsfelder auch mehreren Branchen zugerechnet werden kann (im Folgenden werden sie daher teils doppelt oder mehrfach genannt). Die Buchstaben in Klammern entsprechen den Zuordnungen der Statistischen Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (NACE).

Im Primärsektor sind einige Unternehmen beschäftigt, davon die Mehrheit in der Landwirtschaft und der Rest in der Forstwirtschaft (A). Die landwirtschaftlichen Betriebe widmen sich der Tierhaltung (Geflügel, Pferde, Bienen) sowie der Bewirtschaftung von Streuobstwiesen.

Eine Vielzahl von Unternehmen ist dem verarbeitenden Gewerbe (C) zuzurechnen, wobei die Bandbreite der Produkte groß ist. Die meisten der Unternehmen stellen Nahrungsmittel (Pasta, Brot, Lebkuchen, Marmelade, Öle) oder Getränke (Bier, Spirituosen) her bzw. verarbeiten sie. Andere gefertigte Waren sind Textilien, Bekleidung und Möbel sowie sonstige Holzwaren.

Zusätzlich zur eigenen Fertigung von Waren handeln einige der Unternehmen auch in eigenen Verkaufsräumen oder auf Märkten damit (G). Eines der Unternehmen ist im Großhandel aktiv.

Eine ebenfalls große Gruppe der Modellunternehmen ist dem Gastgewerbe/Beherbergung und/oder der Gastronomie (I) zugehörig. Dazu zählen z.B. ein Freizeitpark inklusive Unterkunft und Verpflegung, ein Campingplatz, zwei Unternehmen im Bereich Agrotourismus sowie weitere Gasthöfe. Einige der Nahrungsmittel bzw. Getränke herstellenden Unternehmen bieten ebenfalls direkte gastronomische Dienstleistungen an.

Zusätzlich oder auch als Hauptbetätigung erbringen die Unternehmen noch einige Dienstleistungen im Bereich öffentliche Verwaltung (Ö), Unterricht (P), Erholung (R) bzw. sonstige Dienstleistungen (S). Dazu gehören die Verwaltung eines Nationalparks, Umweltbildung- sowie sonstige Freizeitangebote wie Kanufahren, Wandern etc.

Einen Sonderfall stellen die Regionalvermarktungsinitiativen „Die Lausitz schmeckt“ und „Gutes von hier“ sowie die lokale LEADER-Aktionsgruppe dar. LEADER ist ein Ansatz der EU zur integrierten Entwicklung ländlicher Räume. Alle drei Initiativen und Gruppen befördern vor allem die Vernetzung der unterschiedlichen Unternehmen und anderen Akteure.

1.2. Wechselwirkungen zwischen Projektunternehmen und Ökosystemleistungen

Alle Unternehmen sind in unterschiedlichem Ausmaß von Ökosystemleistungen (ÖSL) abhängig und wirken auf diese ein. Die Unternehmen der Land- und Forstwirtschaft spüren ihre Abhängigkeit unmittelbar, da sie die Versorgungsleistungen der Natur, die durch den zusätzlichen menschlichen Input zu Produkten werden, direkt am Markt verkaufen. Die gesamte Geschäftstätigkeit dieser Unternehmen basiert auf der Bereitstellung von Obst, Honig, Holz usw. und den zugrunde liegenden Regulierungs- und Basisleistungen wie Bestäubung, Klima- und

Schädlingsregulierung und dem Erhalt fruchtbarer Böden. Fallen diese weg oder verschlechtern sich, beispielsweise durch Überdüngung, Bodenerosion oder Bienensterben, so haben die Unternehmen zwar teilweise die Möglichkeit zur Substitution der ÖSL durch zumeist aufwendige und teure technische Maßnahmen, die zu höheren, womöglich prohibitiv hohen Produktionskosten führen. Allerdings sind nur einige Leistungen der Natur tatsächlich durch menschliches und finanzielles Engagement ersetzbar, sodass ausbleibende oder abnehmende ÖSL gerade für die Unternehmen des Primärsektors die gesamte Geschäftsgrundlage gefährden. Durch die direkte und flächige Landnutzung haben diese Unternehmen auch unmittelbare und direkt zurechenbare Auswirkungen auf die Habitate von Tieren und Pflanzen sowie das Funktionieren des lokalen Ökosystems. Weitere Umwelteffekte entstehen z.B. durch den Einsatz von Dünge- und Schädlingsbekämpfungsmitteln, die in ihrer Herstellung energieintensiv sind und über die Verschmutzung von Luft, Wasser und Böden die Biodiversität beeinträchtigen. Diese Verschmutzung wiederum wird bis zu einem gewissen Grad von der Natur bereinigt.

Die verarbeitenden Unternehmen profitieren durch den Bezug ihrer Vorprodukte von den Versorgungsleistungen der Natur, umso mehr da die Mehrheit in der Lebensmittel- oder Holzverarbeitung tätig ist. Auch die Getränkehersteller beziehen nicht nur Getreide und Früchte, sondern sind von der Trinkwasserbereitstellung und Gewässerfilterung der Ökosysteme als zentralem Input für ihre Produkte abhängig. Die Produzenten von Textilien und Bekleidung sind auf das Vorprodukt Baumwolle angewiesen, welches wiederum großer Mengen Wasser bedarf und einen proportional zur Nutzfläche extrem hohen Einsatz an Pestiziden und Insektiziden aufweist (Paulitsch et al. 2004, S.24f). Die Unternehmen selbst verzeichnen meist durch den Betrieb kleinerer Standorte und Geschäftsflächen kaum direkte Habitatveränderungen, wirken jedoch über ihre Vorprodukte signifikant auf große Flächen und die Qualität von Boden, Luft und Gewässern ein. Negative Effekte auf die Umwelt gehen vom Energieverbrauch der Produktionsprozesse aus, der über seine Emissionen das Klima schädigt und andere Umweltmedien verschmutzt. Auch in diesem Fall sind die Unternehmen auf die regulierenden Leistungen der Natur angewiesen, um diese Effekte zumindest partiell auszugleichen.

Die Unternehmen im Bereich Einzel- oder Großhandel verzeichnen kaum direkte Anknüpfungspunkte zu ÖSL, hängen allerdings ebenso von den Versorgungs- und Regulierungsleistungen ab, die die Produktion der zu handelnden Produkte überhaupt erst ermöglichen. Zudem ist der Verkauf von Waren meist nur eine zusätzliche Geschäftstätigkeit der Modellunternehmen. Durch den Betrieb der Geschäftsräume und die Logistik der Verkaufswaren wirkt die Geschäftstätigkeit dieser Unternehmen aber auch direkt über Habitatveränderungen und Emissionen auf die Umwelt ein.

In der Branche Beherbergung und Gastronomie tätige Unternehmen sind zum einen auf die in Getränken und Speisen mitgelieferten ÖSL angewiesen. Zum anderen besteht eine besondere Abhängigkeit auf intakte lokale Ökosysteme, die kulturelle ÖSL erbringen und damit überhaupt erst Gäste motivieren, Geld und Zeit in einen touristischen Aufenthalt zu investieren. Kulturelle ÖSL beziehen sich zum Beispiel auf den Erholungs- und Gesundheitswert von Wäldern und Gewässern, Landschaft und guter Luft oder die spirituelle und ästhetische Wertschätzung von Natur. Fallen diese kulturellen ÖSL weg, so wird oft auch die Grundlage des lokalen Gastgewerbes verringert. Die Unternehmen im Bereich Tourismus haben daher ein besonders hohes Interesse an intakten Ökosystemen. Sie selbst wirken über ihren Einkauf sowie den Betrieb von Herbergen und Gastronomie (Verbrauch von Energie, Reinigungsmitteln etc.) auf die Ökosysteme und ihr Dargebot von ÖSL ein. Im Falle des Freizeitparks kommt zudem die

Nutzung einer relativ großen Fläche als Eingriff in den Lebensraum von Tieren und Pflanzen hinzu.

Die meisten Unternehmen des Gastgewerbes bieten neben Beherbergung und Verpflegung verschiedene Möglichkeiten zur aktiven Freizeitgestaltung. Durch entsprechende Investitionen können kulturelle ÖSL noch besser erfahrbar bzw. überhaupt erst zugänglich gemacht werden (z.B. Boots- oder Fahrradverleih, Wegeinfrastruktur, Sitzgelegenheiten etc.). Zwar können einige naturbasierte Freizeitaktivitäten auch durch Installationen technischer Anlagen wie Schwimmbäder oder Fahrgeschäfte ersetzt werden; jedoch fehlt dann die Motivation überhaupt erst in eine bestimmte naturnahe Region zu fahren und nicht entsprechende Angebote in der Stadt bzw. wohnungsnah zu nutzen. Auch Umweltbildung baut essentiell auf der direkten Erfahrbarkeit von intakter Natur auf, sodass hier ebenso eine große direkte Abhängigkeit besteht. Negative Umwelteinwirkungen gehen vor allem von der touristischen (Über)Nutzung der Ökosysteme aus.

Zu erwähnen bleibt, dass auch Regionalinitiativen von intakten Ökosystemen und Landschaften profitieren, die den Einwohner_innen ein Gefühl von Heimat und Identität vermitteln. Diese ebenfalls zu den kulturellen ÖSL zählenden Leistungen der Natur sind Grundlage der Verbundenheit mit einer Region, welche erst ihre (positive) Vermarktung sowohl regional als auch überregional zulässt.

Eine schematische Darstellung der Schnittstellen zwischen den Unternehmen und ÖSL findet sich in Annex 1.

2. Review von Life Cycle Assessments für projektrelevante Produkte

Im Folgenden wird die Perspektive auf die Schnittstelle zwischen Unternehmen und ÖSL gewechselt: Das Hauptaugenmerk verschiebt sich von den unternehmerischen Abhängigkeiten von ÖSL auf die Umwelteinwirkungen durch die Produktherstellung bzw. Servicebereitstellung. Mittels eines Reviews von relevanten Life Cycle Assessments (LCA) für ausgewählte Produkte werden die Umwelteinwirkungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette in den Blick genommen. Damit sollen Anknüpfungspunkte für die bessere Berücksichtigung von Umweltwirkungen, einschließlich der Wirkungen auf die Biodiversität identifiziert werden, die innerhalb des betrieblichen Managements adressiert werden können. Die Phasen mit besonders signifikanter Umweltwirkung werden als ökologische *hot spots* bezeichnet. Die Produktauswahl begründet sich durch die drei Fokusbranchen des Projekts: Es werden die Produkte Brot, Bier und Nudeln stellvertretend für den Nahrungsmittelsektor, Möbel als Beispiel für den Holzsektor sowie einige touristische Dienstleistungen mit einem Fokus auf Beherbergung für den Tourismussektor untersucht.

Eingangs werden die Vorgehensweise von LCA und häufig verwendete Wirkungskategorien erläutert. Anschließend werden die Ergebnisse der LCA-Reviews vorgestellt. Für die jeweiligen Produkte oder Dienstleistungen werden die wichtigsten Prozesse als vereinfachte Prozesskette graphisch dargestellt. Die Prozesse, die in den unmittelbaren Kontrollbereich der verarbeitenden Projektpartnerunternehmen fallen sind farblich hervorgehoben. Zu beachten ist, dass die einzelnen Studien jeweils andere Systemgrenzen setzen bzw. für die einzelnen Prozessschritte oder -module eine andere Aufteilung wählen. In einer Tabelle werden die betrachteten Studien mit einem stichwortartigen Steckbrief zu Untersuchungsland, Systemgrenzen, berücksichtigten Umweltaspekten, identifizierten *hot spots* sowie ggfls. weiteren Kommentaren übersichtlich dargestellt. Schließlich werden die Hauptumwelteinwirkungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette (je nach Studie auch inklusive der Nutzungs- und Entsorgungsphase), die Ansatzpunkte für die ökologische Optimierung durch die Unternehmen sowie schließlich Managementprioritäten herausgearbeitet. Die Managementprioritäten und angegebenen Beispielindikatoren sind entsprechend der Aufgabenteilung zwischen den Projektpartnern im vorliegenden Bericht auf die verarbeitenden Unternehmen zugeschnitten.

2.1. Life Cycle Assessments – Vorgehen und Wirkungskategorien

In einem LCA wird die gesamte Produktions-, Konsum- und Entsorgungskette eines Produktes in ihre einzelnen Prozesse aufgeteilt. Den Prozessen sind jeweils bestimmte Input- und Outputgrößen (i.d.R. Rohstoffe, Landnutzung, Emissionen) zugeordnet. Diese wiederum werden einzelnen – je nach Art der Stoffströme auch mehreren – sogenannten Wirkungskategorien zugeordnet, z.B. Klimawandel, Versauerung oder Eutrophierung, und über etablierte Charakterisierungsfaktoren zugerechnet. Die ausgewählten Wirkungskategorien variieren in den verschiedenen Berechnungsmethoden; grundsätzlich jedoch werden ähnliche Aspekte beleuchtet. Je nach Methode werden diese Wirkungskategorien (*midpoint*) noch in Schadenskategorien (*endpoint*) umgerechnet, etwa Menschliche Gesundheit oder Qualität von Ökosystemen, wobei mit zunehmenden Umrechnungsstufen und höherem Aggregationslevel auch größere wissenschaftliche Unsicherheit einhergeht.

Alternative Maße wie der CO₂-Fußabdruck beschränken sich auf eine Wirkungskategorie (Klimawandel), funktionieren aber nach einem ähnlichen Prinzip. Der Wasserfußabdruck misst das zur Herstellung eines Produkts benötigte Wasser, wobei sowohl die direkte Einsatzmenge, die Verdunstung als auch die Verschmutzung eingerechnet werden. Der ökologische Fußabdruck ist ein Flächenmaß, welches die benötigte produktive Fläche für die Produktion, den Konsum und die Entsorgung eines Produktes oder Konsumbereichs angibt (inklusive der benötigten Fläche für die Energiebereitstellung und die Aufnahme von CO₂).¹

Im Folgenden werden die wichtigsten der Wirkungskategorien als allgemeine Phänomene kurz erläutert.²

- **Atembeschwerden/Humantoxizität:** Atembeschwerden sowie auch andere Gesundheitsbeeinträchtigungen werden durch Stoffe wie Feinstäube und flüchtige organische Verbindungen hervorgerufen. Diese entstehen besonders durch den Straßenverkehr (Abgase und Abrieb), industrielle oder private Verbrennung, Landwirtschaft und die Verwendung bestimmter Stoffe wie Lösungsmittel. Bestimmte Schadstoffe werden auch in Kunst-, Bau- und anderen Stoffen transportiert und wirken sich bei ihrer Freisetzung toxisch auf die menschliche Gesundheit aus.
- **Eutrophierung/Nährstoffanreicherung:** Eutrophierung meint eine Überanreicherung von Ökosystemen, insbesondere Gewässern, mit Nährstoffen wie Nitraten und Phosphaten. Dadurch wird das Wachstum bestimmter Pflanzen- oder Algenarten begünstigt, was besonders in stehenden Gewässern zu Sauerstoffentzug und im schlimmsten Fall zum Kippen des Gewässers führt. Ursache für die Überdüngung sind vor allem der Einsatz synthetischer Düngemittel in der Landwirtschaft oder der Eintrag von Nährstoffen über Abwässer. Nitratbelastung von Grundwasser und anderen Gewässern wirkt sich ab einer bestimmten Menge ferner schädlich auf menschliche und tierische Gesundheit aus.
- **Klimawandel/Globale Erwärmung:** Klimawandel bezeichnet die Erwärmung der Erde und die dadurch bedingten Auswirkungen auf Niederschlag, Meeresspiegelniveaus, Wetterereignisse und Zustand der Gletscher bzw. Permafrostböden. Der Klimawandel ist einer der fünf Treiber des weltweiten Biodiversitätsverlusts. Anthropogene Ursachen sind die stark angestiegenen Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre, die neben CO₂ auch andere teils viel wirksamere Gase wie Methan und Lachgas umfassen. CO₂ wird durch die Verbrennung fossiler Energieträger und dadurch von den meisten Industrien ausgestoßen. Methan und Lachgas gelangen v.a. durch die Viehhaltung und intensive Landwirtschaft, letzteres auch durch Verbrennungsprozesse, in die Luft.
- **Karzinogene/Krebserregung/Humantoxizität:** Karzinogene sind krebserregende Stoffe oder Strahlungen, etwa Asbest, Dieselabgase und bestimmte organische Verbindungen, welche sich bei unvollständiger Verbrennung bilden und auch in vielen (insbesondere gummihaltigen) Konsumgütern nachweisbar sind.
- **Landnutzung:** Die Transformation und Okkupation von Land ist ein erheblicher Eingriff in das Funktionieren der lokalen Ökosysteme. Habitatveränderungen gelten als einer der

¹ Die hier angeführten Maße werden oftmals in einem anderen Aggregationsmaßstab verwendet, nämlich zur Nachhaltigkeitsbeschreibung von Ländern oder Einzelpersonen. Sie lassen sich jedoch auch auf einzelne Produkte anwenden.

² Dabei ist zu beachten, dass in den zitierten LCA-Studien je nach Methode die Definitionen und Berechnungsmethoden der Umweltkategorien sowie der in Betracht gezogenen Quellen voneinander abweichen können. Aus diesen Gründen überschneiden sich die hier angeführten Umweltkategorien teilweise auch.

Haupttreiber des Biodiversitätsverlustes. Besonders schädlich auf die Bodenfunktion wirkt sich die Versiegelung aus, also die wasserdichte Bebauung mit Gebäuden und Verkehrswegen. Aber auch die Zerschneidung der Landschaft durch Straßen stellt eine Gefährdung der Fauna dar, besonders der auf Mobilität angewiesenen Arten. Die zunehmende Nachfrage nach (größerem) Wohnraum und Energiepflanzen erhöhen den Landnutzungsdruck und führen zur Intensivierung oder zum Umbruch oftmals artenreicherer Flächen.

- **Ökotoxizität:** Bestimmte Stoffe sind giftig für Ökosysteme und ihre Bestandteile. Dazu gehören z.B. Schwermetalle und Pestizide. Menschliche Ursachen sind u.a. die industrielle Gewinnung, Verarbeitung und Verbrennung von Rohstoffen, die Landwirtschaft inklusive der Herstellung von Düngemitteln, die Produktion von bestimmten Materialien wie Glas, der Verkehr sowie die Verbrennung von Abfällen und Klärschlamm.
- **Ozonabbau:** Wird die Ozonschicht ausgedünnt (Ozonloch), so verliert sie ihre Schutzwirkung vor schädlicher UV-Strahlung der Sonne. Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) waren die maßgeblich verantwortlichen Substanzen für den atmosphärischen Ozonabbau, sind heute allerdings größtenteils verboten. Andere Stoffe tragen weiterhin zum Ozonabbau bei, etwa das bei industrieller Verbrennung bzw. durch die Vieh- und Landwirtschaft freigesetzte Lachgas.
- **Sommersmog/Photosmog:** Das Phänomen des Sommersmogs bezeichnet die Anreicherung der bodennahen Luft mit Ozon und anderen Photooxidantien, was zu Atembeschwerden und andere Belastungen bei Menschen, Tieren und Pflanzen führt. Industrie, Verkehr (Abgase) und bestimmte lösungsmittelhaltige Produkte wie Lacke tragen über die Freisetzung von Stickoxiden sowie Kohlenwasserstoffen dazu bei, dass sich über chemische Prozesse das bodennahe Ozon aus diesen Emissionen bilden kann.
- **Versauerung:** Versauerung meint eine Minderung des pH-Wertes in Boden, Wasser oder Luft. Dabei wirkt etwa die Versauerung der Atmosphäre über den Niederschlag (Saurer Regen) auf den pH-Wert des Bodens. Dies hat negativen Einfluss auf die Ertragsleistung des Bodens bzw. das Pflanzenwachstum allgemein. Neben natürlichen Einflüssen sind menschliche Ursachen u.a. Abgase aus Industrie, Landwirtschaft und Verkehr (v.a. Schwefeldioxid, Stickoxide und Ammoniak) Die Versauerung der Meere ist vor allem bedingt durch anthropogene CO₂-Emissionen, die durch das Meerwasser aufgenommen werden und durch die Veränderung des pH-Wertes die Überlebensfähigkeit von Korallen und (Kleinst-)Tieren und damit auch ganzen Nahrungsketten beeinträchtigen.
- **Verbrauch fossiler oder mineralischer Ressourcen:** Das Angebot nicht-erneuerbarer Ressourcen ist endlich, sodass ihr Konsum zu ihrer Erschöpfung beiträgt. Gemessen wird dies auf unterschiedliche Art und Weise, z.B. als notwendige Zusatzenergie für zukünftige Ressourcengewinnung.

2.2. Brot

Die Prozesskette für Brot unterteilt sich vor allem in den Anbau des Getreides, die Verarbeitung zu Mehl in einer Mühle sowie den Backprozess in der Bäckerei. Hinzu kommen die jeweiligen Transportwege zwischen den einzelnen Betrieben. Gegebenenfalls spielt der Konsum durch Erwärmen des Produktes zuhause bzw. die Anfahrt zum Kauf eine Rolle. Die Prozesskette ist vereinfacht in Abbildung 1 dargestellt.

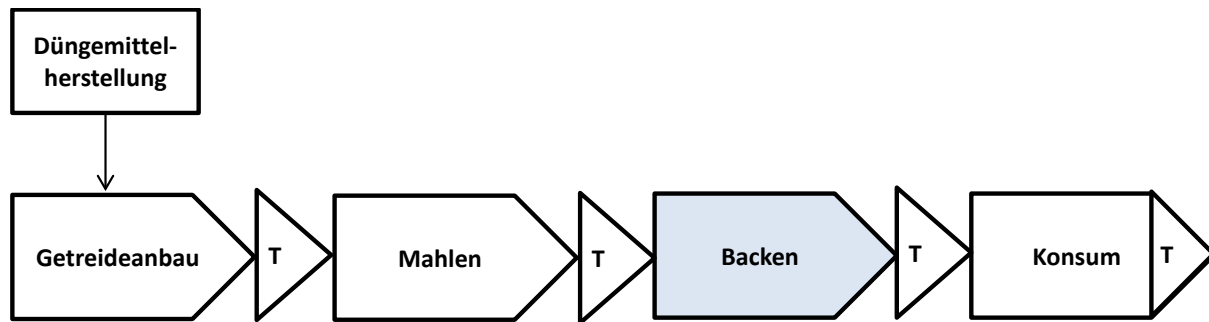


Abbildung 1: Prozesskette Brot

T= Transport

Studie	Land	System	Umweltaspekte	Hot spots	Anmerkung
Braschkat et al. 2003	Deutschland	Rohstoffanbau, Mühle, Bäckerei, Transport, zusätzl. Transport durch Endkund_innen (für Energieverbrauch und Versauerung)	Energieverbrauch, Treibhausgaseffekt, Ozonabbau, Versauerung, Eutrophierung, Smog, Landnutzung	Rohstoffanbau (Treibhausgaseffekt, Ozonabbau, Versauerung, Eutrophierung), Backen (Energieverbrauch, Treibhausgaseffekt), Transport durch Endkund_innen (Energieverbrauch, Versauerung)	Untersuchung verschiedener Szenarien (konventioneller vs. biologischer Anbau, unterschiedlicher Industrialisierungsgrad der Mühle/Bäckerei)
Rosing und Nielsen 2003 ³	Dänemark	Rohstoffanbau, Mühle, Bäckerei, Distribution, Toasten beim Verkauf	Globales Erwärmungspotential	Rohstoffanbau	Betrachtung von Hot Dog-Brot
Reinhardt et al. 2009	Deutschland	Rohstoffanbau, Mühle, Bäckerei, Verpackung, Transport, Einkauf	Energieverbrauch, THG-Emissionen	Backen, Rohstoffanbau, Einkauf mit Auto	Untersuchung verschiedener Szenarien (unterschiedlicher Industrialisierungsgrad der Bäckerei, Variation für Einkauf und Transporte), im worst case-Szenario dominiert der Einkauf mit Auto alle anderen Stufen
Van Holderbeke et al. 2003	Belgien	Rohstoffanbau, Mühle, Bäckerei, Distribution	Globale Erwärmung, Smog, Versauerung, Eutrophierung	Rohstoffanbau (alle Kategorien), Backen (Globale Erwärmung), Distribution (Smog)	

Tabelle 1: Zusammenfassung der betrachteten LCA-Studien für Brot

³ Zusammenfassung von Rosing et al. 2001 [Dänisch].

Hauptumwelteinwirkungen entlang der Wertschöpfungskette

In der Produktion von Brot sind die überwiegenden negativen Umwelteinwirkungen auf den Anbau von Getreide zurückzuführen, insbesondere durch die Nutzung (und vorherige Produktion) von Düngemitteln (Braschkat et al. 2003, Rosing und Nielsen 2003, van Holderbeke et al. 2003). In dieser Phase wird ein Großteil der Treibhausgase emittiert (beim ökologischen Anbau ist der Anteil geringer); noch dominanter ist diese Phase in Bezug auf Eutrophierung, Versauerung und Landnutzung (Ebd.).

Der Backprozess ist als Einzelprozess mit mehr als der Hälfte des Gesamtenergieverbrauchs am energieintensivsten und hat daher ebenso einen bedeutenden Anteil am globalen Erwärmungspotential sowie an der Versauerungswirkung von Brot und anderen Backwaren (Braschkat et al. 2003, Reinhardt et al. 2009, van Holderbeke et al. 2003).

Weiterhin ist zu beachten, dass die Konsument_innen durch das Erwärmen der Ware zuhause bzw. die (Auto)Fahrt zum Kauf deutlich mehr Energie verbrauchen können, als für die Herstellung des Produktes benötigt wird (Braschkat et al. 2003, Reinhardt et al. 2009, Rosing und Nielsen 2003). Entsprechend erhöht sich der Ausstoß von Treibhausgasen. Das Gleiche gilt auch für die Versauerungswirkung (Braschkat et al. 2003).

Ansatzpunkte für die ökologische Optimierung

Im Vergleich mehrerer Herstellungsszenarien schnitt der ökologische Anbau der Inputprodukte gekoppelt mit großskaliger industrieller Verarbeitung am besten ab (Braschkat et al. 2003).

- **Ökologische Optimierung des Rohstoffanbaus:** Beim ökologischen Anbau von Getreide wird weitgehend auf chemische Dünge- und Schädlingsbekämpfungsmittel verzichtet. Dadurch entsteht eine deutlich verbesserte Umweltbilanz in den Kategorien Eutrophierung, Versauerung und Ozonabbau; durch die geringere Produktivität wird jedoch mehr Land in Anspruch genommen, sodass direkte Habitatveränderungen und auch indirekte Landnutzungsänderungen zu berücksichtigen sind (Braschkat et al. 2003, LCA Food Database 2007).
- **Erhöhung der Energieeffizienz durch eigene Energieerzeugung:** Potentiell können in der Landwirtschaft bisher nicht genutzte Pflanzen, etwa Untersaaten oder Zwischenfrüchte (z.B. Klee gras), die vor allem im Ökolandbau anfallen, zur Gewinnung von Biogas eingesetzt werden und damit die Wertschöpfungskette von Brot energieeffizienter bis zu energieautark gestaltet werden (Prem et al. 2007).
- **Senkung des Energieverbrauchs und Nutzung erneuerbarer Energien:** Mehrere Studien haben gezeigt, dass die Energieintensität der Herstellung von Mehl/Brot und die Größe des Betriebes korrelieren und die Verarbeitung in (über)regionalen Großbetrieben am energieeffizientesten ist (Braschkat et al. 2003, Reinhardt et al. 2009). Diese kompensiert bei mittleren Distanzen auch die zusätzliche Energie, die für den Transport benötigt wird; bei großen Transportdistanzen wird die Energieeinsparung von überregionalen energieeffizienten Großbäckereien wieder aufgehoben (Reinhardt et al. 2009). Diese Betrachtung lässt jedoch andere sozio-ökologische Effekte längerer Transportwege außer Acht. Durch Nutzung von Rest- und Abwärme könnte einer Modellstudie zufolge der Energiebedarf um bis zu 25% gesenkt werden (Stadt

Heidelberg 2004). Ferner empfiehlt sich der Einsatz erneuerbarer Energien, um die Umwelteffekte des Energieverbrauchs zu reduzieren.

- **Reststoffverwertung:** Da in Bäckereien viel Überschussware anfällt, lohnt es sich über die Verwertungsmöglichkeiten nachzudenken. Neben der Weitergabe von nicht verkaufter Backware an Tafeln und ähnliche Einrichtungen können anfallende Reststoffe als Futtermittel oder zur Herstellung anderer Produkte wie Paniermehl verwendet werden und so andere Primärintputs ersetzen.

Managementprioritäten und Beispielindikatoren

Verarbeitende Betriebe wie Mühlen und Bäckereien sollten den Schwerpunkt ihrer Bemühungen auf die Optimierung ihres Einkaufs legen, da die Hauptumwelteinwirkungen in den Vorprodukten stecken. Basierend auf vorher definierten Beschaffungskriterien kann mit Indikatoren beispielsweise überwacht werden, wie hoch der Anteil der eingekauften Vorprodukte ist, die diese Kriterien erfüllen. Gerade in Bäckereien ist weiterhin die Abfallmenge bzw. -verwertungsquote von Interesse.

Weiterhin sind Maßnahmen und Indikatoren zur Verbesserung der Energieeffizienz der Verarbeitungsprozesse, insbesondere des Heizens, eine Möglichkeit, die direkten Umwelteinwirkungen der Betriebe der hinteren Kettenstufen zu reduzieren.

2.3. Bier

Die Prozesskette für Bier beinhaltet den Anbau von Gerste und Hopfen, die Verarbeitung des Getreides in einer Mälzerei sowie den Brau- und Verpackungsprozess in der Brauerei. Hier wird als zusätzlicher Input Glas bzw. Metall für die Flaschen oder Dosen benötigt. Transportschritte befinden sich zwischen den einzelnen Betrieben. Gegebenenfalls wird noch die Kaufanfahrt mit angerechnet sowie die Rückführung der Getränkeverpackungen innerhalb eines Mehrwegsystems. Eine vereinfachte Darstellung der Prozesskette für Bier findet sich in Abbildung 2.

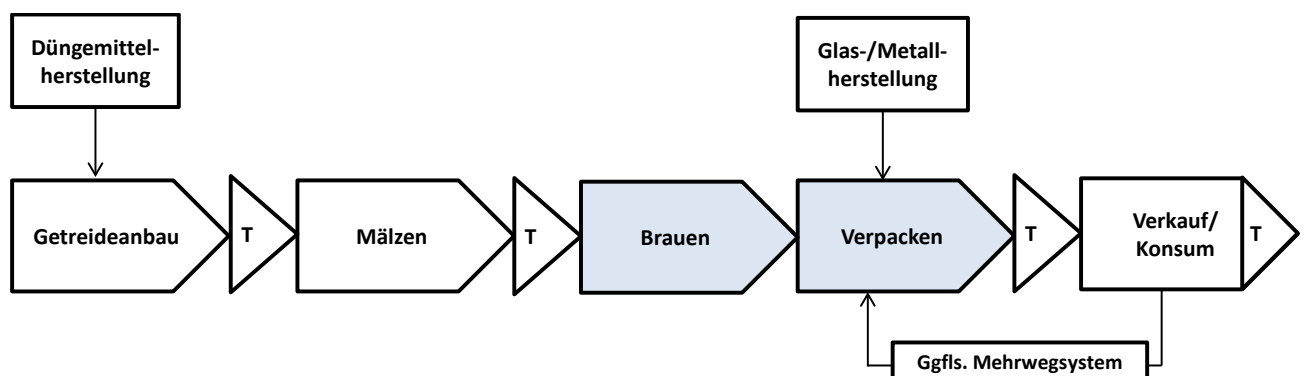


Abbildung 2: Prozesskette Bier

T= Transport

Studie	Land	System	Umweltaspekte	Hot spots	Anmerkung
Garnett 2007	Großbritannien	Rohstoffanbau, Mälzen, Brauen, Verpackung, Transport, Konsum	THG-Emissionen	Konsum, z.B. in Kneipen (THG-Emissionen), Transport (THG-Emissionen)	Einbezug von Konsumphase
Koroneos et al. 2003	Griechenland	Transport von Rohstoffen, Bierherstellung, Flaschenherstellung, Verpackung, Transport/Lagerung/Lieferung	Globale Erwärmungspotential, Eutrophierung, Smog, Ökotoxizität, Ozonabbau, Versauerung, Humantoxizität, fester Abfall	Flaschenherstellung (Energieverbrauch, Globales Erwärmungspotential, Versauerung, Ozonabbau, Toxizität, Eutrophierung) Verpackung (Smog, fester Abfall) Bierherstellung (fester Abfall, Eutrophierung)	Primärproduktion von Getreide nicht betrachtet, Flaschenherstellung mit Abstand am schädlichsten
Narayanaswamy et al. 2005	Australien	Rohstoffanbau, Lagerung und Verarbeitung, Verkauf und Konsum, Transport	Rohstoffenergie, Globale Erwärmung, Atmosphärische Versauerung, Humantoxizität, Ökotoxizität, Eutrophierung	Rohstoffanbau (Eutrophierung, Ökotoxizität) Verkauf und Konsum (Rohstoffenergie, Globale Erwärmung, Atmosphärische Versauerung, Humantoxizität)	
Reinhardt et al. 2009	Deutschland	Rohstoffanbau, Mälzen, Brauen, Kühlen, Transport, Verpackung	Energieverbrauch, THG-Emissionen	Mälzen und Brauen (Energieverbrauch, THG-Emissionen)	Vergleich von regionalem mit importiertem Bier
Talve 2001	Estland	Landwirtschaft (inkl. Düngemittelherstellung), Verarbeitung der Rohstoffe, Herstellung von Hilfsmaterialien, Bierherstellung, Verpackung, Transport von Rohstoffen/ Bier/ Abfällen, Transport von Hilfsmaterialien	Klimawandel, Versauerung, Eutrophierung, Sauerstoffzehrung, Smog	Rohstoffanbau (Eutrophierung, Klimawandel) Herstellung von Hilfsmaterialien, insb. Papier/Pappe (Sauerstoffentzug, Klimawandel) Transport (Sommersmog, Versauerung, Klimawandel)	Herstellung von Glasflaschen nicht beachtet
Usva et al. 2009	Finnland	Primärproduktion, industrielle Verarbeitung, Distribution (inkl. Verpackung, Entsorgung)	Globales Erwärmungspotential, Eutrophierung, Versauerung, Smog	Rohstoffproduktion (Eutrophierung) Produktherstellung (Versauerung, Globales Erwärmungspotential) Transport, Vertrieb, Nutzung & Entsorgung (Versauerung, Smog, Globales Erwärmungspotential)	
Williams und Mekonen 2014	England	Gerstenanbau, Hopfenanbau,	Energieverbrauch, THG-Emissionen,	Rohstoffanbau und -verarbeitung	Mikrobrauerei

		Sonstige Materialien und Wasser, Mälzen, Brauen, Transport, Entsorgung	Wasserverbrauch	(Energieverbrauch, THG-Emissionen) Brauen (Energie- und Wasserverbrauch) Transport (Energieverbrauch, THG-Emissionen) Entsorgung (THG- Emissionen)	
--	--	--	-----------------	---	--

Tabelle 2: Zusammenfassung der betrachteten LCA-Studien für Bier

Hauptumwelteinwirkungen entlang der Wertschöpfungskette

Einig sind sich die Studien beim hohen Eutrophierungspotential des Anbaus von (v.a.) Gerste und Hopfen als wesentliche Inputs für den Brauprozess.

Hinsichtlich des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen spielen die Rohstoffverarbeitung (Mälzen) und das Brauen eine wichtige Rolle. In der Brauerei selbst wird der Großteil des verbrauchten Stroms zur Regulierung der Temperatur verwendet (Talve 2001, Williams und Mekonen 2014). Für die Herstellung eines Liters Bier werden in Deutschland etwa 300l Wasser benötigt (Lippelt 2010), insbesondere für den Anbau von Gerste und Hopfen sowie den Brauprozess, wobei hier deutlich mehr Prozesswasser als Inputwasser benötigt wird (Williams und Mekonen 2014). In einer Untersuchung einer Mikrobrauerei waren die Anteile des Brauens an Energie- und Wasserverbrauch deutlich höher (Williams und Mekonen 2014), was auf Ineffizienzen im Betrieb kleinerer Brauanlagen hindeutet.

Insgesamt ist der Transport des Bieres hinsichtlich der Umweltwirkungen relevanter als bei anderen Produkten (z.B. Talve 2001, Reinhardt et al. 2009, Usva et al. 2009), da das Endprodukt im Verhältnis zu seinem Preis ein relativ hohes Gewicht (Eigengewicht und Verpackung) hat, vor allem wenn das Bier in Glasflaschen verkauft wird. Regionales Bier schneidet bezüglich seiner Energie- und Treibhausgasbilanz besonders günstig ab: Selbst unter der Annahme einer um 20% geringeren Energieeffizienz in der regionalen Herstellung führen die kürzeren Transportwege zu einem diesbezüglich besseren Ergebnis als überregional und weiträumig transportieren Erzeugnissen (Reinhardt et al. 2009).

Auch die Wahl und Herstellung der Verpackung ist von größerer Bedeutung als für andere Produkte, da sowohl die Glas- als auch die Aluminium-Stahlherstellung energieintensiv sind (lässt man den Rohstoffanbau außer Acht, dominiert die Glasherstellung sogar die meisten Umweltkategorien – Koroneos et al. 2005). Das Fass schneidet in Bezug auf den Energieaufwand am besten ab (Reinhardt et al. 2009), was vor allem auf die höhere Wiederbefüllungsrate und das verhältnismäßig geringe Gewicht zurückzuführen ist (60% des Gesamtgewichts bei Flaschenfüllung im Vergleich zu 2,5% bei Fassfüllung – Williams und Mekonen 2014, S. 1539). Ob Dose oder Glasflasche ökologisch vorteilhafter sind, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Prinzipiell jedoch ist das regionale Glas-Mehrwegsystem am günstigsten, wobei mit zunehmender Transportdistanz die verhältnismäßig leichtere Dose – je nach Distanz und Umlaufzahl – ähnlich oder sogar besser abschneidet (Detzel et al. 2010). Für die meisten Umweltkategorien bedeutet eine Mehrfachnutzung von Glasflaschen (im Vergleich zur Einmalnutzung) geringere Negativauswirkungen, wobei eine höhere Anzahl von Wiederverwendungszyklen zu einer besseren Umweltbilanz führt. Die Wiederverwendung

beinhaltet aber ebenso umweltschädliche Prozesse (z.B. hoher Energieaufwand und Abwasseremissionen durch die Reinigung), wobei das Gesamtergebnis zugunsten der Mehrfachverwendung ausfällt (Mata und Costa 2001, Reinhardt et al. 2009).

Ansatzpunkte für die ökologische Optimierung

Eine ökologisch sinnvolle Kombination ist regional produziertes und vor allem vertriebenes Bier in Fässern oder Mehrwegverpackungen, welches aus Rohstoffen mit gutem Nährstoffmanagement möglichst energieeffizient gemälzt und gebraut wird.

- **Ökologische Optimierung des Rohstoffanbaus:** Der hohe Energieaufwand sowie die negativen Eutrophierungsfolgen von synthetischen Düngern legen einen Verzicht derselben nahe. Ebenso gilt es, den Einsatz hochgiftiger Pflanzenschutzmittel zu minimieren. Ökologischer Landbau bietet hier eine Alternative, z.B. über angepasste Fruchtfolgen und den Einsatz möglichst wenig schädlicher Substanzen. Allerdings kann der ökologische Anbau auch zu höheren Treibhausgasemissionen führen, insb. wenn mehr Land und (wegen des weniger intensiven Geschmacks) mehr Rohstoffinput benötigt wird bzw. dieser über lange Strecken transportiert wird (Majcher 2009, zitiert nach Saxe 2010, S. 13).
- **Senkung des Energieverbrauchs und Nutzung erneuerbarer Energien:** Um den relativ hohen Anteil an Energie und insbesondere Elektrizität des Brauprozesses zu senken bzw. den Energieverbrauch generell umweltverträglicher zu gestalten, empfiehlt sich zum einen die quantitative Senkung des Energiebedarfs, z.B. durch Nutzung effizienter Geräte oder von im Betriebsprozess ohnehin anfallender Abwärme, und zum anderen der Einsatz umweltfreundlicherer Energieträger.
- **Verpackung:** Um die negativen Auswirkungen der Verpackungen zu senken, sollte die Wahl auf ein Mehrweg-System mit möglichst vielen Umlaufzyklen fallen (Fass, Glas, bei großen Distanzen Dose). Zudem können größere Mengen in eine Verpackung gefüllt werden (z.B. Fass statt Flasche, 0,5l statt 0,33l) und ggfls. das Gewicht der jeweiligen Verpackung reduziert werden (wobei hier u.U. ein Zielkonflikt mit der Robustheit und daher Wiederverwendbarkeit besteht).
- **Reststoffverwertung:** Die Gärreste (Trub, Hefe etc.) können als Futtermittel (Talve 2001, Williams und Mekonen 2014) bzw. als Energieträger (Garnett 2007, S.83) verwendet werden und damit die entsprechenden Primärrohstoffe ersetzen. Unter Umständen lässt sich auch das durch die Fermentierung produzierte CO₂ als Input für die eigene Bierherstellung nutzen (Williams und Mekonen 2014).
- **Regionalität:** Da für das Produkt Bier angesichts seines relativ hohen Gewichts der Transport eine wichtige Rolle spielt, macht hier der regionale Vertrieb besonders viel Sinn. Auch verstärkt die Regionalität die Wahrscheinlichkeit von funktionierender Mehrfachnutzung der Verpackung.

Managementprioritäten und Beispielindikatoren

Ähnlich wie bei anderen Lebensmittelherstellern macht es für Bierproduzenten Sinn, für den eigenen Betrieb vor allem Energieverbrauch und -träger über entsprechende Indikatoren (z.B. Gesamtenergieverbrauch, Anteil Erneuerbarer Energien) in den Blick zu nehmen sowie die vorgelagerten Effekte in der Wertschöpfungskette über den Einkauf zu adressieren (z.B. Beschaffungskriterien für Inputrohstoffe). Ferner können Maßnahmen und darauf ausgerichtete Indikatoren zur Abfallverwertung über die Substitution von Primärrohstoffen sinnvoll sein. Für Bierhersteller gilt es zudem sowohl die Art der Verpackung zu optimieren als auch die Transportweite des Produktes zu reduzieren, um ihre Umwelteinwirkungen möglichst gering zu halten. Indikatoren zur Art und Wiederverwertbarkeit der Verpackung bzw. zur Regionalität des Vertriebes können hier zum Einsatz kommen.

2.4. Nudeln

Für das Produkt Pasta setzt sich die Prozesskette aus dem Weizenanbau, der Verarbeitung in einer Grießmühle zu Weizengrieß, der Pastaherstellung und Verpackung inklusive seiner Inputs zusammen. Neben den Transportwegen zwischen den einzelnen Unternehmen kommt ggfls. noch die Distributions- und Konsumphase hinzu. Die Prozesskette ist vereinfacht in Abbildung 3 dargestellt.

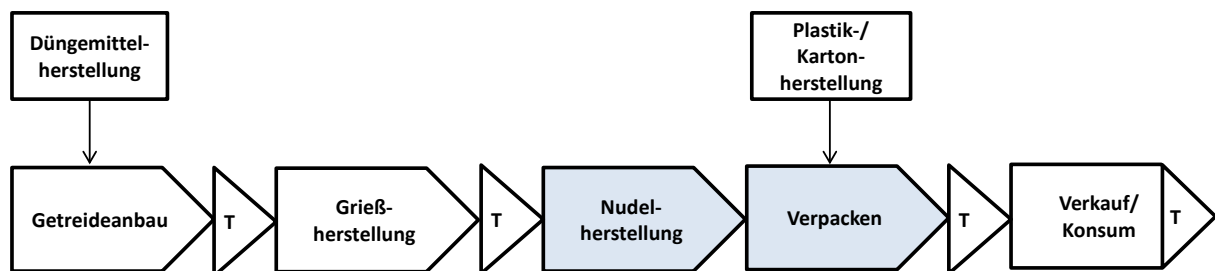


Abbildung 3: Prozesskette Nudeln

T= Transport

Studie	Land	System	Umweltaspekte	Hot spots	Anmerkung
Bevilacqua et al. 2007	Italien	Rohstoffanbau, Grießherstellung, Pastaherstellung und Verpackung, Transport, Nutzung, Entsorgung	Krebserregung, Atembeschwerden, Klimawandel, Strahlung, Ozonabbau, Ökotoxizität, Versauerung und Eutrophierung, Landnutzung, Zusatzenergie für zukünftige Ressourcengewinnung, Grundwasserschaden	Rohstoffanbau (Landnutzung), Grießherstellung (Verbrauch fossiler Energien, Klimawandel, Atembeschwerden), dann Verpackungsherstellung (Strahlung), Nutzung (Klimawandel, Verbrauch fossiler Energien, Atembeschwerden)	Nutzung definiert als Kochen+ Anfahrt mit dem Auto
Röös et al. 2011	Schweden	Rohstoffanbau, Verarbeitung, Verpackung, Transport	CO ₂ -Fußabdruck	Rohstoffanbau, Verarbeitung	
Ruini 2013, Ruini et al. 2013	Italien, USA	Rohstoffanbau, Grießherstellung, Pastaherstellung,	Ökologischer Fußabdruck, Wasserfußabdruck,	Rohstoffanbau (Ökologischer Fußabdruck,	Barilla

		Verpackung,, Distribution, Kochen	CO ₂ -Fußabdruck	Wasserfußabdruck, CO ₂ -Fußabdruck), Kochen (Ökologischer Fußabdruck, CO ₂ - Fußabdruck)	
--	--	---	-----------------------------	--	--

Tabelle 3: Zusammenfassung der betrachteten LCA-Studien für Nudeln

Hauptumwelteinwirkungen entlang der Wertschöpfungskette

Für die Herstellung von Pasta ist der Weizenanbau mit Abstand der wichtigste Verursacher von Treibhausgasen, insbesondere bedingt durch die Nutzung und vorgelagerte Produktion von mineralischem Dünger sowie die N₂O-Bodenemissionen (Röös et al. 2011, Ruini 2013). Innerhalb der Produktionskette hat diese Phase auch in Bezug auf den ökologischen Fußabdruck sowie den Wasserfußabdruck den größten Anteil. Der Wasserfußabdruck wird zudem stark durch die klimatischen Bedingungen und die Anbauweise des Weizens beeinflusst (Ruini 2013, Ruini et al. 2013).⁴

Die Verarbeitung des Getreides in Mühle und Nudelfabrik zu Hartweizengrieß und Pasta beansprucht vor allem Energie und trägt über die Emissionen von Treibhausgasen zum Klimawandel bei, wobei Heizenergie vor allem für das Trocknen der geformten Hartweizengrieß-Mischung aufgewendet wird (70% der Gesamtenergie der Produktion – Bevilacqua et al. 2007, S. 940).

Bei der Betrachtung der Konsumphase des Produktes fällt auf, dass das Kochen der Nudeln durch die Verbraucher_innen einen noch größeren CO₂-Fußabdruck hat als der Rohstoffanbau sowie einen erheblichen ökologischen Fußabdruck verzeichnet (für beide Maße hat das Kochen der Nudeln deutlich mehr Auswirkungen als die Verarbeitung in der Mühle, die Verpackung, die Verarbeitung zu Pasta und der Transport – Ruini 2013). Rechnet man die Anfahrt mit dem Auto zum Kauf (anteilig) noch mit ein, kommt der Nutzungsphase eine noch größere Bedeutung für die Gesamtumweltwirkung zu (Bevilacqua et al. 2007).

Ansatzpunkte für die ökologische Optimierung

Zur möglichst umweltfreundlichen Herstellung von Nudeln empfiehlt sich die Kombination aus ökologisch und bestenfalls regional produziertem Weizen mit Energieeffizienz- und -konsistenzmaßnahmen⁵ in der Verarbeitung sowie ggfls. einer optimierten Materialauswahl.

- **Ökologische Optimierung des Rohstoffanbaus:** An dieser Stelle lassen sich die meisten Treibhausgase und das meiste Wasser einsparen (Ruini 2013, S.24) sowie die Eutrophierungs- und Ökotoxizitätswirkungen vermindern (Bevilacqua et al. 2007). Die klimatischen Bedingungen am Anbauort, die Fruchtfolge sowie der Einsatz von Dünge- und Schädlingsbekämpfungsmitteln spielen hier eine wichtige Rolle und werden teilweise durch ökologischen Landbau erheblich adressiert.

⁴ Bei den LCA-Studien handelt es sich um Nudeln aus Hartweizengrieß. Für die Herstellung von Eiernudeln ist davon auszugehen, dass der Input tierischer Rohstoffe die Umwelteinwirkungen erhöht, vor allem über den Flächenverbrauch für Futter, die Emission von Treibhausgasen sowie von anderen Schadstoffen wie z.B. Nitraten und Arzneimitteln (vgl. Nette et al. 2016).

⁵ Bei Konsistenzmaßnahmen geht es um die Schließung von stofflichen und energetischen Kreisläufen.

- **Regionalität:** Da Weizen in der Projektregion gut angebaut werden kann, macht ein regionaler Bezug hier Sinn und verringert dadurch auch die Transportdistanzen und entsprechenden Umwelteinwirkungen.
- **Senkung des Energieverbrauchs und Nutzung erneuerbarer Energien:** In der Mühle oder Pastafabrik lassen sich über verschiedene Energiesparmaßnahmen sowie den Einsatz erneuerbarer Energien die klimaschädliche Wirkung sowie der Verbrauch fossiler Ressourcen reduzieren.
- **Verpackung:** Die Verwendung von Kartons hat nicht unbedingt eine bessere Umweltbilanz als der Einsatz von Plastiktüten aus Polypropylen (z.B. mehr Müllaufkommen - Dolci et al. 2016). Um Primärressourcen zu sparen, lassen sich Recyclingmaterialien einsetzen (Ruini 2013, Bevilacqua et al. 2007). Anders als für Müsli beispielsweise lohnt sich ein unverpackter Verkauf aus Umweltsicht kaum bis gar nicht (Dolci et al. 2016).
- **Ersatz tierischer durch pflanzliche Inputstoffe:** Werden tierische Inputs wie Eier in den Nudeln verarbeitet, so lässt sich in Erwägung ziehen, diese durch pflanzliche zu ersetzen. Eine Untersuchung (Nette et al. 2016) kam zu dem Schluss, dass die Substitution von Eiern mit pflanzlichen Proteinen (z.B. aus Erbsen) den Treibhausgasausstoß um ein Drittel senken könnte, allerdings zu 10% höheren Produktionskosten und womöglich höheren Kochzeiten und -verlusten (Linsberger et al. 2006), welche nicht in die Berechnung mit eingingen. Aufgrund der relativen Bedeutung der Konsumphase für die gesamten Umweltwirkungen der Pasta lassen sich daher keine eindeutigen Schlüsse ziehen.
- **Verbraucherinformationen zur Senkung der Nutzungseffekte:** Da Anfahrt und Kochen erheblich zu den Umweltwirkungen beitragen, wäre auch hier ein guter Ansatzpunkt, der jedoch außerhalb des direkten Einflussbereichs der produzierenden Unternehmen liegt. Die Weitergabe von Verbraucherinformation über die minimal benötigte Wassermenge und Kochzeit ist hier eine mögliche Maßnahme (Ruini 2013, S.24).

Managementprioritäten und Beispielindikatoren

Besonderes Augenmerk im betrieblichen Management ist auf die Beschaffung von Rohstoffen zu legen. Hier empfehlen sich zur Überwachung mengenbezogene Indikatoren sowie die Darstellung der Anteile ökologisch vorteilhafter Vorprodukte (z.B. Anteil des bezogenen Weizens aus ökologischem Anbau/im Einklang mit bestimmten Beschaffungskriterien). Auch Maßnahmen und Indikatoren zur Einsparung des Primärrohstoffs setzen hier an.

Im unmittelbaren Kontrollbereich des verarbeitenden Unternehmens selbst sollten Menge und Art des Energieverbrauchs im Vordergrund der Bemühungen stehen. Die Beschreibung kann über Indikatoren wie Gesamtenergieverbrauch oder Energieverbrauch pro Einheit hergestellter Ware sowie Anteil erneuerbarer Energien erfolgen.

2.5. Holzprodukte/Möbel

Die Herstellung von Möbeln unterteilt sich in den Holzanbau, die Herstellung von Halbwaren wie Holzbrettern in Sägewerken und schließlich die Manufaktur und Verpackung von Möbeln. Für Holzwaren und Möbel sind neben den Verpackungsmaterialien noch weitere umweltrelevante Inputs zu beachten wie Chemikalien (Lacke, Klebstoffe, Farben) sowie Plastik- und Metallteile. Hinzu kommen die notwendigen Transportprozesse sowie ggfls. der Verkauf und die Anfahrt der Kund_innen sowie die Entsorgung des Produkts. Die Prozesskette wird vereinfacht in Abbildung 4 dargestellt.

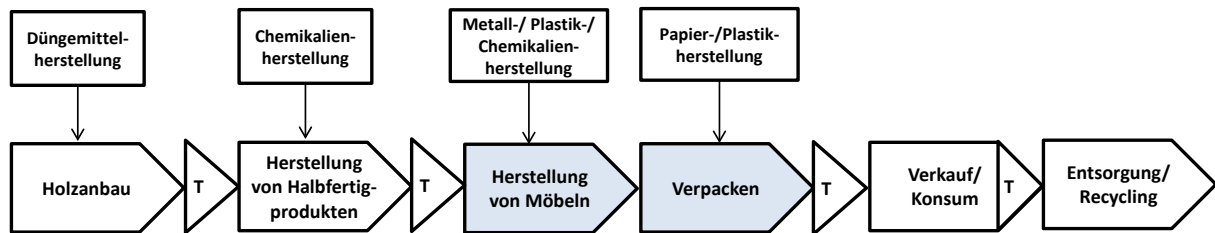


Abbildung 4: Prozesskette Holzprodukte/Möbel

T= Transport

Studie	Land	System	Umweltaspekte	Hot spots	Anmerkung
González-García et al. 2011	Spanien	Holz, Metall, Plastik, Chemikalien, Faser, Brennstoff, Elektrizität, Verpackung, Transport (zur Verarbeitung)	Globales Erwärmungspotential	Holz(halbwaren), Metall, Elektrizität, bei einigen Produkten Transport	Verschiedene Indoor- und Outdoor-Holzmöbel
González-García et al. 2012	Spanien	Holz(halbwaren), Metall, Plastik, Chemikalien, Verpackungsmaterialien, Heizen, Materialtransport, Abfalltransport, Elektrizität, Lieferung, Abfallbehandlung	Verknappung abiotischer Ressourcen, Versauerung, Eutrophierung, Globale Erwärmung, Ozonabbau, Humantoxizität, Ökotoxizität, Photosmog	Herstellung von Spanplatten (alle Kategorien), Elektrizität (alle Kategorien), teilweise Lieferung	Kinderholzmöbel
Iritani et al. 2015	Brasilien	Rohstoffproduktion (hier inkl. Spanplattenherstellung), Herstellung der Garderobe, Vertrieb	Globale Erwärmung, Ozonabbau, Photosmog, Versauerung, Ökotoxizität, Humantoxizität, Nährstoffanreicherung	Rohstoffproduktion (v.a. Globale Erwärmung, Versauerung, Humantoxizität) Vertrieb (v.a. Globale Erwärmung, Versauerung, Humantoxizität-Boden)	Garderobe, Phase der Rohstoffproduktion enthält Herstellung von Spanplatten, Transportdistanzen vermutlich deutlich höher als in europäischen Ländern
Mirabella et al. 2014b	Italien	Herstellung von Vollholzplatten (inkl. Holzproduktion), Holzbearbeitung, Bearbeitung von	Klimawandel, Ozonabbau, Humantoxizität, Photosmog, Feinstaub,	Herstellung von Vollholzplatten, Bearbeitung von Metallteilen	Untersuchung eines ökologisch optimierten Schreibtisches

		Metallteilen (inkl. Extraktion), Lackierung (inkl. Lack-/und Farbherstellung)	ionisierende Strahlung, Versauerung, Eutrophierung, Ökotoxizität, Landnutzung und -transformation, Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen		
Puettmann et al. 2010	U.S.A.	Holzanbau und -ernte, Holzverarbeitung, Transport	Energieverbrauch	Holzverarbeitung	Herstellung von Halbfertigwaren
Wenker und Rüter 2015	Deutschland	Bereitstellung von Rohstoffen und Halbwaren, Transport von Halbwaren zur Möbelfabrik, Möbelherstellung, Transport zur Abfallbewirtschaftung, Abfallbewirtschaftung, Recycling	Globales Erwärmungspotential, Ozonabbau, Versauerung, Eutrophierung, Photosmog, Verknappung abiotischer Ressourcen	Bereitstellung von Rohstoffen und Halbwaren (alle Kategorien)	Verschiedene Möbelgruppen inkl. Durchschnittswerte

Tabelle 4: Zusammenfassung der betrachteten LCA-Studien für Holzprodukte/Möbel

Hauptumwelteinwirkungen entlang der Wertschöpfungskette

Beim Anbau und bei der Ernte von Holz entstehen die größten Effekte durch den Treibstoffverbrauch der eingesetzten Maschinerie und den entsprechenden Emissionen (Verweis auf eine Reihe von Studien in Mirabella et al. 2014a, S.1525), die je nach eingesetzter Technologie in Menge und Art stark variieren können. Insgesamt hat diese Phase aber nur einen geringen Anteil am Gesamtenergieverbrauch (Puettmann et al. 2010). Sie ist allerdings über die Flächennutzung sowie das Waldmanagement von großer Umweltrelevanz, was sich in LCA üblicherweise nicht oder nur geringfügig abbilden lässt. Der Einsatz welcher Bewirtschaftungstechnologie am umweltfreundlichsten ist, hängt von der lokalen Beschaffenheit des Geländes ab (Mirabella et al. 2014a).

Die Verarbeitung des Holzes zu Halbfertigprodukten wie Holzplatten (z.B. aus Vollholz, Span, Faser) gehört zu den Produktionsprozessen mit den stärksten Gesamtbilanzeffekten, u.a. durch den hohen Energieverbrauch (z.B. zum Zuschneiden und Trocknen – Puettmann et al. 2010) sowie den Einsatz von Kleb- und Farbstoffen. Hier werden flüchtige organische Verbindungen (VOH) sowie Formaldehyde emittiert, die auch während der Nutzungsphase noch austreten können (Mirabella et al. 2014b, S.1543). Die Herstellung von Vollholzplatten benötigt weniger Klebstoff/Harz und ist daher weniger toxisch als die Produktion von Span- oder Faserplatten, allerdings kann weniger Baumaterial dafür verwendet werden und insbesondere Spanplatten bieten sich an, um Holzreste zu verwerten; hinsichtlich der Frage welcher Bretttypus energieaufwendiger bei der Verarbeitung ist, sind sich die Studien uneinig (Mirabella et al. 2014b, Werner und Richter 2007). Wird Harnstoffharz (UF) als Klebstoff mit Melaminharz (MF) ersetzt, verringern sich die toxischen Formaldehyde-Emissionen erheblich, allerdings verschlechtert sich die Performance in Bezug auf andere Umweltaspekte geringfügig, z.B. steigt der Energiekonsum bei der Verarbeitung um 5-10% (Bovea und Vidal 2013, S. 113, Silva et al. 2015). Der Energieverbrauch bei der Verarbeitung steigt ebenfalls bei höherer Dichte des Holzes (Bovea und Vidal 2013) und ist daher bei Laubholz deutlich größer als bei Nadelholz

(Puettmann et al. 2010). Bovea und Vidal (2013) empfehlen aus Umweltsicht insgesamt Spanplatten mit einem geringen Gehalt an Formaldehyden (vor Standard-Spanplatten, vor Faserplatten). Laut Rüter und Diederichs (2012, S. 103ff) sind die wichtigsten Umwelteinwirkungen in der Bereitstellung von Vollholz oder Holzwerkstoffen der Ausstoß von Treibhausgasen sowie der Beitrag zur Versauerung sowie zur bodennahen Ozonbildung (Photosmog).

Das Zusammenbauen der Holzteile selbst verursacht nur geringe Auswirkungen (Iritani et al. 2015, Mirabella et al. 2014b). Der stärkste Umwelteffekt liegt im Verbrauch von Elektrizität und den damit verbunden Treibhausgasemissionen (Ebd., Wenker und Rüter 2015), wobei der meiste Strom für die Fertigung sowie die Absaugung verwendet wird (Wenker und Rüter 2015, S.73). Zusätzliche Inputstoffe zur Möbelfertigung, allen voran Metallbeschläge, können ferner deutlich mehr zum Globalen Erwärmungspotential beitragen als die hölzernen Vorprodukte selbst (Wenker und Rüter 2015, S.51ff) und verursachen Schwermetallemissionen bei der Herstellung (Iritani et al. 2015).

Der Transport kann im Holzsektor aufgrund des hohen Gewichts von Holz(produkten) je nach Distanz eine wichtige Rolle spielen. Verschiedene Studien kommen hier zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen, von der Verursachung eines Großteils aller Umwelteffekte bei großen Distanzen (>1000km – Iritani et al. 2015, Mirabella et al. 2014a) zur Geringfügigkeit von transportbedingten Umwelteffekten bei geringen Distanzen (hier zw. 70km und 283km im Durchschnitt – Mirabella et al. 2014b, Puettmann et al. 2010, Wenker und Rüter 2015).

Ansatzpunkte für die ökologische Optimierung

Insgesamt lassen sich bei Holzprodukten wie Möbeln vor allem der Materialinput (Recycling, Umweltverträglichkeit, Menge), der Energieverbrauch (Umweltverträglichkeit, Menge) sowie der Transport (Distanzen) optimieren.

- **Ökologische Optimierung des Rohstoffanbaus:** Der Einsatz energieeffizienter Maschinen zusammen mit kurzen Transportwegen können die Umwelteinwirkungen erheblich verringern (Michelsen et al. 2008). Die Auswirkungen auf die Biodiversität durch unterschiedliches Waldmanagement (z.B. Monokulturen, Belassung von Totholz etc.) werden in den LCA nicht erfasst, sind aber ebenfalls zu berücksichtigen, etwa über die Einhaltung von Standards und best practices.
- **Regionalität:** Da Holz(produkte) ein hohes Gewicht haben, wirken verkürzte Transportwege als Hebel für die ökologische Optimierung in allen Umweltkategorien (Iritani et al. 2015, Mirabella et al. 2014a,b)
- **Einsatz von recyceltem Material/Reststoffverwertung:** Soweit dies möglich ist, kann Primärmaterial (Holz, Metall) durch recyceltes Material aus eigenen Reststoffen bzw. von externen Anbietern ersetzt werden und damit die Umweltpformance des Gesamtprodukts teils erheblich verbessern (Review für Holz in Iritani et al. 2015, S. 314ff, zu recyceltem Metall in González-García 2011). Sofern sich die Holzabfälle nicht materiell nutzen lassen, lässt sich die energetische Nutzbarkeit prüfen, u.a. für die Energie- und Wärmeerzeugung bei der Holzverarbeitung (Puettmann et al. 2010).

- **Ersatz bzw. Reduktion von besonders umweltschädlichen Materialien:** Inputmaterialien können aufgrund ihrer Menge (z.B. Holz) oder der Intensität der Umwelteinwirkungen (z.B. Metall) als besonders schädlich betrachtet werden. Sofern etwa dünnere Holzplatten oder weniger Metallbestandteile die Qualität und Lebensdauer des Produkts nicht beeinträchtigen, kann dies eine umweltfreundlichere Alternative sein. Auch die Substitution von Materialien, z.B. Stahl statt Aluminium, kann je nach Menge des verwendeten Materials den Treibhausgasausstoß des Gesamtprodukts erheblich senken (González-García et al. 2011).
- **Einsatz von umweltfreundlichen Harzen/Klebe- und Farbstoffen:** Die Substitution von Polyurethan- mit Polyvinyl-Kleber bzw. der Einsatz von wasserbasierten Farbstoffen/Lacken verringert die VOH-/Formaldehyde-Emissionen erheblich und wirkt sich in fast allen Umweltkategorien positiv aus, vor allem wird die Toxizität der Produkte (auch während der Nutzung) verringert (Mirabella et al. 2014b). Die (partielle) Verwendung von Melaminharzen anstelle von Harnstoffharzen führt zu einer geringeren Toxizität, allerdings auch zu höheren Energieverbräuchen, sodass keine eindeutige Empfehlung gegeben werden kann (Bovea und Vidal 2004, Silva et al. 2015).
- **Senkung des Energieverbrauchs und Nutzung erneuerbarer Energien:** In der Verarbeitungs- und Möbelherstellungsphase geht ein Großteil der Umwelteffekte auf die Nutzung von Energie zurück, sodass Energiesparmaßnahmen sowie die Verwendung erneuerbarer Energien, etwa holzbasierter Energie aus Abfallprodukten, hier Ansatzpunkte sind (vgl. González-García et al. 2011, 2012, Puettmann et al. 2010).

Managementprioritäten und Beispielindikatoren

Für die Herstellung von Möbeln liegen die ökologischen Optimierungspotentiale vor allem in den Vorketten, d.h. das Hersteller diese über Materialauswahl und -menge im Rahmen ihres Einkaufs adressieren können (z.B. Anteil recycelten Metalls oder Holzes, mengenbezogene Indikatoren insbesondere in Bezug auf besonders umweltschädliche Materialien wie Aluminium). Auch Maßnahmen und Indikatoren in Bezug auf die eigene Abfallverwertung bzw. Ausschussmenge können zur Verbesserung der Betriebsbilanz hilfreich sein. Anzumerken ist, dass je nach Produkt nicht unbedingt der Hauptrohstoff Holz die größten Auswirkungen aufweist, sondern Chemikalien und Metalle, sodass das Management hier prioritär ansetzen sollte.

Die transportbezogenen Auswirkungen lassen sich etwa über Indikatoren wie den Anteil des regional bezogenen Holzes überwachen.

Hinsichtlich der direkten Auswirkungen der Holzverarbeitung sind vor allem um die Menge und Art der eingesetzten Energie Ansatzpunkte für die Steuerung und Überwachung mittels Indikatoren (z.B. Gesamtenergieverbrauch, Anteil erneuerbarer Energien).

2.6. Tourismus/Beherbergung

Für den Bereich Tourismus/Beherbergung lässt sich keine Prozesskette im eigentlichen Sinne darstellen, da es sich um angebotene Dienstleistungen und nicht um ein Produkt handelt. Daher bietet sich die Darstellung der einzelnen Betriebsprozesse und -aspekte als Module an. Dazu gehören die Nutzung von Wasser und Elektrizität, der Betrieb des Restaurants, die Elemente Reinigen und Waschen sowie die Entsorgung des anfallenden Abfalls. Hierfür werden Essen sowie Putz- und Reinigungsmittel benötigt. Hinzu kommen ggfls. noch die An- und Abreise durch die Gäste, der Transport der Belegschaft sowie die lokale Mobilität der Besucher_innen. Abbildung 5 stellt die relevanten Module vereinfacht dar.

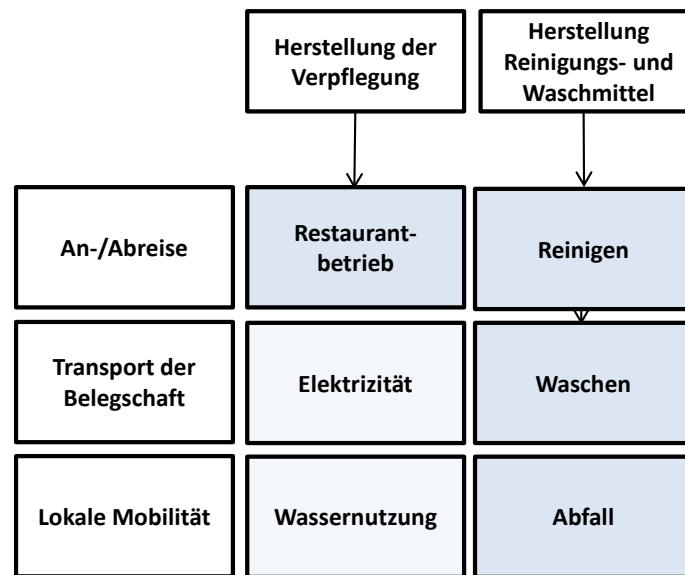


Abbildung 5: Prozessmodule Tourismus/ Beherbergung⁶

Studie	Land	System	Umweltaspekte	Hot spots	Anmerkung
Castellani und Sala 2012	Italien	An-/Abreise, Restaurant, Wäscherei, Wassernutzung (sanitär), Wassernutzung (thermisch), Elektrizität, Exkursionen	Karzinogene, organische und inorganische Atembeschwerden, Klimawandel, Strahlung, Ozonabbau, Ökotoxizität, Versauerung/Überdüngung, Landnutzung, Verbrauch von Mineralien, Verbrauch von fossilen Brennstoffen	An-/Abreise mit dem Auto (mit großem Abstand) (Klimawandel, inorganische Atembeschwerden, Verbrauch fossiler Brennstoffe), Elektrizität (Klimawandel, Verbrauch fossiler Brennstoffe)	Einwöchiger Aufenthalt in einem Spa-Hotel, drei An-/Abreisevarianten (Auto, Bahn, Flugzeug), Restaurant ohne Essen; für eine Übernachtung (ohne An-/Abreise, Exkursionen) ist der Verbrauch von Elektrizität in fast jeder Umweltkategorie dominant
De Camillis 2011	Italien	Transport, Übernachtung	Versauerung, abiotische Ressourcennutzung, Eutrophierung, Ökotoxizität,	Anreise mit Auto/Flugzeug, Energie-verbrauch (Strom, Heizung), Entsorgung	Zusammenfassung der Ergebnisse, daher keine genauen Angaben möglich

⁶ Da der beherbergende Betrieb nur bedingt Einfluss auf die Elektrizitäts- und Wassernutzung durch die Gäste hat, sind diese Module etwas heller dargestellt.

			Humantoxizität, Klimawandel, Ozonabbau, Photosmog, Strahlung		
Castellani und Sala 2012	Italien	Essen, Gebäude, Mobilität, Güter und Dienstleistungen, Abfall	Ökologischer Fußabdruck	Mobilität, Essen	An-/Abreise (Mobilität) als Mittelwert verschiedener Distanzen/ Verkehrsmittel (auf empirischen Daten basierend)
Filmonau 2015	90 Länder	Energiekonsum, Klimaanlage, Abfall, externe Wäscherei, Gastronomie, Gebäude und Sanierung, Mobiliar, Haushaltsprodukte, Büromaterialien, Transport der Belegschaft	CO ₂ -Fußabdruck	Energiekonsum, Gastronomie, Transport der Belegschaft	Accor Hotel- Fallstudie (Durchschnitt)
Filmonau et al. 2011	Groß- britannien	Elektrizität, Warmwasser, Gebäude (berechnet als 15% des Betriebswerts), optional Frühstück und Wäscherei	CO ₂ -Fußabdruck	Elektrizität (mit Abstand), Frühstück	

Tabelle 5: Zusammenfassung der betrachteten LCA-Studien für Tourismus/Beherbergung

Hauptumwelteinwirkungen entlang der Wertschöpfungskette

Auch wenn in der Literatur umstritten ist, inwieweit der Transport / Anreise der Gäste in die Betrachtung einfließen sollte, stellt dieser Aspekt mit Abstand den wichtigsten Faktor der Umweltwirkung von Tourismus und Beherbergung dar: Sowohl in einer LCA-Studie (Reise mit dem Auto) als auch in der Berechnung des Ökologischen Fußabdrucks (Reise mit Auto, Zug oder Flugzeug⁷) schlug die An- und Abreise mit über zwei Dritteln der Gesamtauswirkungen (insb. Klimawandel, anorganische Emissionen, Verbrauch fossiler Ressourcen) zu Buche (Castellani und Sala 2012). In der LCA-Studie folgen die Module Stromverbrauch (7,8% der Gesamtauswirkungen), Restaurant (4,5% – ohne Essen), Exkursionen/lokale Mobilität (2,3%) und Wäscherei (0,8%) (Ebd., S.143).

Werden Anreise und lokale Mobilität aus der Betrachtung ausgelassen, ist der Stromverbrauch in fast allen Wirkungskategorien dominant, insb. in Bezug auf die Aspekte Klimawandel, anorganische Emissionen sowie Verbrauch fossiler Ressourcen (Ebd.; Filmonau et al. 2011, S.1925). In Bezug auf den Klimawandel bzw. hinsichtlich des Verbrauchs fossiler Ressourcen sind der Transport des Essens vom Verkaufsort ins Hotel bzw. der Betrieb eines Gasherdes im Restaurant mit einigem Abstand ebenfalls signifikant (Castellani und Sala 2012, S.144ff). Als weitere CO₂-intensive Prozesse sind Heizen und Kühlen sowie Waschen zu nennen (Ebd.; Filmonau et al. 2011).

⁷ Die (unausgelastete) Fahrt mit dem Auto hatte dabei ähnlich hohe Auswirkungen pro Person wie die Flugreise.

Die Wirkungen der Beschaffung und Erzeugung der in der Herberge angebotenen Verpflegung wurde zwar in der zitierten LCA-Studie nicht beachtet, die Analyse des Ökologischen Fußabdrucks kommt aber zu dem Schluss, dass diese nach der An- und Abreise die zweitwichtigste Quelle des Umweltverbrauchs (hier: Beanspruchung produktiven Lands) ist und damit noch vor den Betriebsprozessen des Hotels liegt (Castellani und Sala 2012, S.143). Auch in Bezug auf den Carbon Footprint sind Essen und Trinken von prioritärer Bedeutung (Filmonau 2015, S. 217).

Ansatzpunkte für die ökologische Optimierung

- **Energieeffizienzmaßnahmen:** Da der Energie- und vor allem Stromverbrauch eine der Hauptquellen von Treibhausgasen und anderen negativen Umwelteinwirkungen eines Hotels darstellt, macht es Sinn hier prioritär anzusetzen. Der Energieverbrauch lässt sich z.B. durch den Einsatz effizienterer Geräte, besserer Dämmung, der Nutzung von Warmwasser aus der Heizungsanlage zum Waschen oder einen sparsameren Umgang reduzieren.
- **Einsatz Erneuerbarer Energien:** Neben der Effizienzsteigerung verspricht der Einsatz alternativer Energieträger großes Verbesserungspotential in Hinblick auf die Treibhausgasbilanz einer Unterkunft (vgl. Filmonau 2011, S. 19).
- **Beschaffung von Lebensmitteln und Getränken:** Neben den energiebezogenen Maßnahmen in der Küche ist der Einkauf inklusive des Transports von Essen und Getränken ein wichtiger Hebel, um die Auswirkungen der Verpflegung zu senken. Der Bezug regionaler und/oder ökologisch angebauter Lebensmittel bietet eine Möglichkeit zur ökologischen Optimierung. Zusätzlich spielt auch die Auswahl der Produkte eine Rolle, wobei insbesondere Fleisch und andere tierische Produkte sowie Öle die Umwelt belasten.
- **Umweltfreundliche An- und Abreise:** Zwar liegt die Entscheidung mit welchem Verkehrsmittel die Gäste anreisen außerhalb des direkten Managementeinflusses; angesichts ihrer prioritären Bedeutung ist jedoch zu erwägen, diese beispielsweise über die Bereitstellung von Informationen oder Kollaborationen mit Anbietern öffentlicher Verkehrsmittel zu adressieren.

Managementprioritäten und Beispielindikatoren

Bei der Bereitstellung von Dienstleistungen fällt vor allem der Energieverbrauch für den Betrieb ins Gewicht, sodass Maßnahmen und Indikatoren zu dessen Quantität und Qualität eine wichtige Rolle spielen. Weiterhin sind Indikatoren im Einkauf relevant, etwa der Anteil zertifizierter Lebensmittel. Nicht durch die LCA-Betrachtung abgedeckt ist der Bereich Liegenschaft, der allerdings je nach Größe und Außenanlage der Herberge ebenso interessant ist. Die An- und Abreise der Gäste als Ursache der Hauptumwelteinwirkungen ließe sich eventuell über geeignete Marketingmaßnahmen im Management berücksichtigen. Anzumerken ist noch, dass die untersuchten LCA einen Schwerpunkt auf Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen hatten, sodass andere Umwelteffekte unterberücksichtigt blieben.

3. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Basierend auf der vorangegangenen Produktanalyse werden nunmehr die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt und in Hinblick auf Biodiversität/Ökosystemleistungen sowie das Management auf Betriebsebene diskutiert.

3.1. Zusammenfassende Ergebnisse

Die LCA-Reviews zu Lebensmitteln (beispielhaft Brot, Bier und Nudeln), Holzprodukten (Möbel) sowie im Tourismusbereich weisen einige Gemeinsamkeiten in Bezug auf die Umwelteinwirkungen innerhalb der verschiedenen Lebensphasen auf, aus denen sich verallgemeinernde Aussagen ableiten lassen. Der Bereich Tourismus stellt dabei jedoch einen Sonderfall dar, da es sich hierbei um angebotene Dienstleistungen als um die Herstellung (und ggfls. Entsorgung) eines bestimmten Produktes handelt. Da ein LCA eine produktbezogene Methode ist und nur wenig Anwendung auf Dienstleistungen findet, liegen hier entsprechend weniger Studien mit einer Lebenszyklusperspektive vor, wenn doch zumeist als Abwandlung im Sinne einer modularen Betrachtung der verschiedenen Teilbereiche.

Vorab sollte jedoch zur Einordnung der Ergebnisse noch Folgendes betont werden: Grundsätzlich ist der unmittelbare Vergleich verschiedener LCA-Studien einigen Schwierigkeiten und Grenzen unterworfen, da zum einen der Betrachtungsgegenstand teils stark variiert (Systemgrenzen, funktionelle Einheit, Umweltkategorien, Kalkulationsmethoden etc.) und zum anderen oftmals die getätigten Annahmen und methodischen Details nicht offengelegt werden. Die Vielzahl der Studien, die zumindest in der Tendenz zu sehr ähnlichen Ergebnissen gekommen sind, mindert das Risiko kontroverser Annahmen bzw. methodologischer Mängel, und trägt zu einer möglichst umfassenden Betrachtung bei, da Aspekte außerhalb der Systemgrenzen bestimmter Studien in anderen Berücksichtigung finden.

Herstellung von Rohstoffen und Vorprodukten

- **Rohstoffanbau für Lebensmittel als wichtigste Phase:** Für alle Lebensmittel (Brot, Bier, Nudeln) liegen die Hauptumwelteinwirkungen in der Anbauphase von Weizen, Gerste, Hopfen etc. Dies ist vor allem auf den Einsatz (und die vorangehende energieintensive Produktion) von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie der direkten großflächigen Landnutzung zurückzuführen, die negativ in den Bereichen Eutrophierung, Versauerung, Globales Erwärmungspotential und Toxizität wirken. Da in den LCA oftmals die konkrete Landnutzung nicht berücksichtigt werden kann, etwa in Bezug auf die Existenz von Kleinstrukturen, die Fruchtfolgenwahl oder die Ausbringungsart der Düngung, werden die Folgen für die Biodiversität nur unzureichend abgebildet. Betrachtet man unter diesem Fokus die Herstellung von Lebensmitteln, so kommt dem landwirtschaftlichen Anbau von Rohstoffen als Haupteingriff auf die Habitate von Fauna und Flora eine noch größere Bedeutung in der Wertschöpfungskettenbetrachtung zu.
- **Rohstoffanbau bei Holz weniger dominant:** Für Holzprodukte ist der Anbau des Primärrohstoffs weniger dominant als im Lebensmittelbereich. Allerdings gilt hier

ebenso, dass die Biodiversitätswirkungen des direkten Flächeneingriffs stärker sind als in den LCA abgebildet werden kann: Variationen im Waldmanagement, hinsichtlich der Belassung von Totholz etwa, finden keine Berücksichtigung in den LCA-Ergebnissen. Werden weitere Materialien zur Herstellung von Holzprodukten benötigt, etwa Metallteile, Kleb- oder Farbstoffe, so wird deutlich, dass auch hier die größten Umwelteinwirkungen in den Vorketten, sprich in der Herstellung der Inputstoffe, liegen.

- **Verpackungsherstellung:** Werden besonders energieintensive bzw. umweltschädliche Materialien als Verpackung verwendet, z.B. Glas oder Metall (Bier), so fällt auch die Rohstoffgewinnung in Bezug auf die Verpackungsmaterialien deutlich ins Gewicht.
- **Tourismus/Beherbergung:** Die Betrachtung des ökologischen und CO₂-Fußabdrucks für die Module der touristischen Dienstleistungen, insb. Beherbergung, legt nahe, dass auch hier ein Großteil der negativen Umwelteffekte in den Vorprodukten, hier vor allem der angebotenen Verpflegung, liegen. Lässt man die An- und Abreise der Gäste als wichtigsten Aspekt außer Acht, so liegt hier – noch vor den eigentlichen Betriebsprozessen – der stärkste Hebel zur ökologischen Optimierung der Wertschöpfungskette. Bezieht man nicht-konsumtive Güter wie Mobiliar und Handtücher noch mit ein, vergrößert sich die Bedeutung der Vorkette an den Gesamtumweltwirkungen nochmals deutlich.

Verarbeitung

- **Energieverbrauch als Hauptumweltaspekt:** Sowohl in der Primärverarbeitung der Rohstoffe, z.B. zu Mehl oder Holzbrettern, als auch in der Fertigung von Endprodukten wie Brot oder Möbel sind die Hauptumwelteinwirkungen auf den Verbrauch von Energie und der damit einhergehende Ausstoß von Treibhausgasen zurückzuführen. Die Energie wird dabei zu unterschiedlichen Zwecken verwendet, u.a. zur Regulierung der Temperatur, zum Trocknen, zum Beleuchten und zum Betrieb der Verarbeitungs- und Fertigungsmaschinen. Die Verarbeitungsprozesse gehören auch innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette der untersuchten Produkte zu den energieintensivsten Einzelprozessen. Für die Beherbergung ist der Verbrauch von Energie, insbesondere Elektrizität, ebenso die größte Ursache von Umwelteinwirkungen, die unter direkter Kontrolle des Unternehmens steht.
- **Schadstoffausstoß in der Verarbeitung/Reinigung:** Ferner kommen bei der Verarbeitung von Rohstoffen und Halbwaren teilweise Stoffe zum Einsatz, insbesondere Chemikalien wie Löse- und Bindemittel, Farbstoffe oder Reinigungsmittel, die schädliche Substanzen emittieren wie etwa Formaldehyde, flüchtige organische Verbindungen, etc.. Diese Problematik tritt hinsichtlich der Produktherstellung eher bei den holz- als den lebensmittelverarbeitenden Unternehmen auf, kann aber auch in Bezug auf die Fertigung von Verpackungsmaterialien zum Tragen kommen. Für den Betrieb eines Hotels sind vor allem Reinigungs- und Waschmittel eine Quelle von Schadstoffen.

Transport

- **Transport bei schweren Materialien relevant:** Der Transport war bei den unterschiedlichen Produkten auch unterschiedlich relevant. Zu beachten ist hier, dass gerade für die Abschätzung der Transportwirkungen oftmals viele Annahmen, z.B.

hinsichtlich der Transportdistanz und des eingesetzten Fahrzeugs, gemacht werden und die Ergebnisse stark von diesen Annahmen abhängen. Bei einigen Produkten wie Nudeln und Brot waren die transportbedingten Effekte gering. Bei verhältnismäßig schweren Materialien und Produkten – aufgrund des Eigen- und/oder Verpackungsgewichts (z.B. Holz und Holzprodukte, Bier in Glasflaschen) – fällt der Transport jedoch ins Gewicht und trägt vor allem zu den Kategorien Globale Erwärmung, zur Versauerung und zur Smogbildung bei. Bei geringen Transportdistanzen, wie dies in regionalen Wertschöpfungsketten der Fall ist, sind allerdings auch diese Effekte oftmals gering.

- **Kompensation längerer Transportwege möglich:** Unter Umständen sind längere Transportwege sinnvoll und können die daraus resultierenden Umwelteffekte kompensieren, z.B. wenn die klimatischen Bedingungen andernorts günstiger sind oder die Energieeffizienz in überregionalen Großbetrieben deutlich besser ist.

Rolle der Konsument_innen

- **Konsumauswirkungen u.U. relevanter als Herstellungsauswirkungen:** Interessant ist, dass die Handlungen in der Konsumphase bzw. zum Erwerb eines Produkts oftmals größere Umwelteffekte haben als der gesamte Herstellungsprozess zusammengenommen. Diejenigen Studien, die auch die Konsumphase in die Betrachtung miteinfließen lassen, kommen alle zu derartigen Ergebnissen: Die Anfahrt beim Brot- oder Nudelkauf oder das Aufwärmen bzw. Kochen der Lebensmittel zuhause bestimmten maßgeblich den Wasser- und Energieverbrauch und den entsprechenden Treibhausgasausstoß in Bezug auf das Produkt (Bevilacqua et al. 2007, Reinhardt et al. 2009, Ruini 2013). Am ungünstigsten ist das Szenario einer Autofahrt ausschließlich zum Kauf eines einzelnen Nahrungsmittels.
- **An- und Abreise im Tourismus wichtiger Ansatzpunkt:** Die An- und Abreise ins Hotel kann – je nach getätigten Annahmen – sogar für zwei Drittel der negativen Umwelteinwirkungen verantwortlich sein (Castellani und Sala 2012). Auch die Entscheidungen der Gäste hinsichtlich der Nutzung von Energie und Wasser im Hotelzimmer bestimmen den Gesamtverbrauch stark mit. Da der Verbrauch vom Preis entkoppelt sowie im Kontext genussorientierter Urlaubszeit stattfindet, wird er tendenziell höher als in Privathaushalten sein.

Ein ähnliches Bild hinsichtlich der ökologischen *hot spots* lässt sich auch für andere in den Prozessketten vergleichbaren Produkten erwarten, etwa bei der Herstellung von Lebkuchen, Öl und Spirituosen, um einige andere Produkte des Projektportfolios zu nennen. Es ist davon auszugehen, dass der Anbau von Rohstoffen auch hier maßgeblich die Gesamtumweltperformance beeinflusst und die verarbeitenden Prozesse vor allem durch den Energieverbrauch beitragen. Werden Öl und Spirituosen in Glasflaschen abgefüllt, so ergibt sich ähnlich wie für Bier eine stärkere Relevanz der Verpackungsherstellung und des Transports der Produkte.

Die LCA-Betrachtung der verschiedenen Produkte weist auch auf Zielkonflikte bei der ökologischen Optimierung einer Wertschöpfungskette hin, wenn etwa die Verbesserung eines Umweltaspekts mit der Verschlechterung eines anderen einhergeht oder sich die Effekte entlang des Lebenszyklus verschieben. Ersteres ist beispielsweise der Fall beim ökologischen Landbau,

der eine deutlich positivere Bilanz hinsichtlich Toxizität, Eutrophierung und Versauerung verzeichnet, jedoch durch die geringeren Erträge auch mehr Fläche in Anspruch nimmt und damit den Landnutzungsdruck verschärft. Auch bei der Herstellung von möglichst umweltverträglichen Holzplatten liegt ein Zielkonflikt vor zwischen der Verringerung von Primärrohstoffen durch Resteverwertung (Span- und Faserplatten) und der Vermeidung toxischer Stoffe, die jedoch als Klebstoffe zur Verwertung der Reste notwendig sind. Ein Beispiel für eine Verschiebung entlang der Wertschöpfungskette ist die Verwendung von Einweg- vs. Mehrwegverpackungen: Werden Mehrwegverpackungen genutzt, so verringern sich die Umwelteinwirkungen der Verpackungsherstellung; allerdings kommen an anderer Stelle zusätzlich schädliche Effekte durch die Reinigung der Verpackung (Einsatz von Thermalenergie und Chemikalien) hinzu. Die Systematik der LCA-Betrachtung erlaubt in den Grenzen der gewählten Methode einen umfassenden Blick hinsichtlich der verschiedenen Lebensphasen und Umweltkategorien und weist auf solche Zielkonflikte hin. Die Abwägung der einzelnen Umweltaspekte gegeneinander allerdings ist eine subjektive Entscheidung, die sich in aggregierten LCA-Indikatoren durch expertengestützte Gewichtungen implizit wiederfindet. Ein objektives Ranking zwischen verschiedenen Umweltproblemen und ihren Ursachen kann es nicht geben.

3.2. Life Cycle Assessments und die Rolle von Biodiversität und Ökosystemleistungen

Die LCA-Ergebnisse leiten sich von den Inputs (Rohstoffe, Energie, Land) und Outputs (Emissionen in Luft, Wasser und Boden) der einzelnen Prozesse ab. Wie schon angedeutet, spielt die Biodiversität oder die Bereitstellung von ÖSL dabei meist eine untergeordnete bis gar keine Rolle⁸ – zumindest explizit. Neuere Ansätze streben einen stärkeren Einbezug dieser beiden Aspekte an (Biodiversität – Lindner 2014, ÖSL – Koellner et al. 2013), sind jedoch noch wenig getestet bzw. noch in der Entwicklung (z.B. fehlen noch Charakterisierungsfaktoren für die Berechnung). Auch GIS-gekoppelte Methoden wurden erarbeitet um der Standortspezifität von Biodiversität gerecht zu werden (Urban et al. 2008), allerdings nicht auf projektrelevante Produkte angewendet.

Die analysierten In- und Outputs der in den ausgewerteten Studien betrachteten Produkte weisen aber durchaus einen relevanten Bezug (Abhängigkeiten, Einwirkungen) zu Biodiversität und ÖSL auf. Dies wird im Folgenden systematisch dargestellt, um die LCA-Ergebnisse entsprechend einzuordnen und Fehlstellen in Hinblick auf die Managementaktivitäten der Unternehmen ableiten zu können. Eine graphische Darstellung der Schnittstellen zwischen Produktlebenszyklus und ÖSL bzw. Unternehmen und ÖSL – jeweils für die projektrelevanten Branchen – findet sich im Anhang (Annex 1 und 2).

Die *Abhängigkeiten* von Versorgungsleistungen spiegeln sich in den Inputstoffen (Material, Energie, fruchtbarer Boden) wieder. Die Abhängigkeiten der Regulierungsleistungen werden deutlich, wenn die Nicht-Produkt-Outputs entlang der Produktkette betrachtet werden.

⁸ Der Einfluss auf die Biodiversität wird beispielweise im Eco-Indicator 99, eine der bekanntesten Kalkulationsmethoden, in der Schadenskategorie Ökosystemqualität (als *endpoint*-Kategorie im Vergleich zu den *midpoint*-Kategorien wie Klimawandel, Versauerung etc.) als *potentially disappeared fraction* bewertet. Dabei sind die Ergebnisse aber nicht standortspezifisch, was bei Biodiversität im Sinne einer lokalen Vielfalt von Leben jedoch wichtig wäre.

Insbesondere die Senkenleistung der Atmosphäre und anderer Umweltmedien in Hinblick auf den Ausstoß von Treibhausgasen und anderen Schadstoffen ist hier zu nennen (vgl. Unterkapitel 1.2).

Konkreter ist der Zusammenhang zwischen LCA-Betrachtung und *Einwirkungen* auf Biodiversität und ÖSL. Das liegt in der Natur des LCA, das über Stoffströme und Landnutzung Umweltbeeinträchtigungen errechnet. Betrachtet werden ausschließlich die negativen Effekte, nicht beispielsweise auch den positiven und letztlich notwendigen Beitrag eines Prozesses oder Unternehmens bei der Bereitstellung einer ÖSL wie dies bei vielen Versorgungsleistungen oder auch kulturellen Leistungen der Fall ist. Um einschätzen zu können, inwieweit LCA-Ergebnisse Aufschluss über die negativen Biodiversitäts-/ÖSL-Wirkungen geben können, ist eine Bezugnahme auf die fünf Haupttreiber des Biodiversitätsverlustes hilfreich. Diese sind Habitatveränderung, Klimawandel, Verschmutzung, Übernutzung und invasive Arten. Wie an anderer Stelle (s. Abschlussbericht der ersten Projektphase) schon erläutert, ist dabei zu beachten, dass diese Treiber zwar teilweise synonym als Treiber von ÖSL-Verlusten behandelt werden (z.B. WRI 2011), dies allerdings wissenschaftlich betrachtet eine unzulässige Ungenauigkeit darstellt: Verschiedene ÖSL können sich auch in entgegengesetzte Richtungen entwickeln, wie dies global in den letzten Jahren der Fall war (ein steigendes Angebot von Versorgungsleistungen einhergehend mit einem abnehmenden Angebot von Regulierungsleistungen), und einzelne ÖSL können lokal auch von den Treibern profitieren (etwa bessere klimatische Bedingungen beim Anbau von Nutzpflanzen aufgrund steigender Temperaturen). Da allerdings nicht der Erhalt einer isolierten ÖSL das Ziel politischer oder unternehmerischer Bemühungen sein kann, es also gilt ein ausgewogenes Bündel an ÖSL zu schützen, können die Treiber des Biodiversitätsverlustes für die Zwecke dieser Untersuchung näherungsweise auch als Treiber eines abnehmenden Gesamtpakets an ÖSL verstanden werden.

- **Habitatveränderungen:** Habitatveränderungen werden teilweise über die Landnutzung abgebildet, die sowohl die Transformation als auch Okkupation von Land zum Gegenstand hat. Allerdings wird bei der Umweltbewertung grundsätzlich auf grobe Landnutzungstypen abgestellt (z.B. Weizenanbau), sodass weder eine Unterscheidung zwischen konventionellem und biologischem Anbau bzw. konventionellen und zertifizierten Wäldern noch eine Differenzierung nach dem tatsächlichen Landmanagement (z.B. in Hinblick auf den Strukturreichtum der Landschaft) möglich ist. An dieser Stelle sind auch Effekte zu nennen wie etwa die Bodenverdichtung, die durch den Einsatz von Maschinen bei der Kultivierung und Ernte der Rohstoffe entsteht und je nach eingesetzter Technik stark variieren kann (Mirabella et al. 2014b, S.1529). Ebenso wenig bieten die LCA-Ergebnisse Aufschluss über die Effekte auf die Biodiversität durch zerschnittene Landschaften (Michelsen et al. 2008, S.78) und Versiegelung durch Verkehrsinfrastruktur⁹. Letztlich ist noch zu erwähnen, dass auch der Standort der verarbeitenden Unternehmen, wenn auch in deutlich geringerem Ausmaß als die Unternehmen des Primärsektors, ebenso eine Habitatveränderung darstellt, jedoch nicht in die LCA-Ergebnisse einfließt.

⁹ In einer der wenigen Fallstudien (Margarine), die mit dem Koellner-Ansatz durchgeführt wurden, weisen die Autor_innen darauf hin, dass die Versiegelung durch Verkehrsinfrastruktur besonders hohe negative Einwirkungen auf das Wasserreinigungspotential sowie das Biomasseproduktionspotential der Ökosysteme hat (Mila i Canals et al. 2014, S.1270).

- **Klimawandel:** Das Globale Erwärmungspotential gehört zu den am meisten verwendeten Kategorien über die verschiedenen LCA hinweg – ob in einer Betrachtung mehrerer Umweltaspekte oder der singulären Betrachtung von Treibhausgasemissionen bzw. des Carbon Footprints. Dieser Treiber kann also als von den LCA-Ergebnissen abgedeckt betrachtet werden.
- **Verschmutzung:** Die Verschmutzung der Umwelt mit Schad- und Nährstoffen wird in den LCA über die Emissionen in Luft, Land und Wasser ausführlich abgebildet. Dazu gehören je nach Kalkulationsmethode Emissionen von Stick- und Schwefeloxiden, Ammoniak, Phosphor, Pestiziden, Schwermetallen, Kohlenstoffdioxid usw., die sich in den Kategorien Eutrophierung, Versauerung, Ökotoxizität, Smog und Ozonabbau niederschlagen. Teilweise werden die Schmutzstoffe jedoch nicht allen Umweltkategorien zugeordnet, die sie tatsächlich beeinträchtigen, sodass die Effekte hier tendenziell unterschätzt werden.
- **Übernutzung:** Die (Über)Nutzung von Ressourcen findet in den LCA meist nur in Bezug auf abiotische Ressourcen Berücksichtigung wie fossile Energieträger. Zwar geht es bei diesem Treiber vor allem um Phänomene wie Überfischung, allerdings ist auch die Übernutzung nachwachsender oder grundsätzlich regenerierfähiger Ressourcen wie Wälder oder Böden zu nennen. Hier kommt es wieder stark auf das spezifische Landmanagement an, das innerhalb der LCA-Betrachtungen unterbelichtet bleibt.
- **Invasive Arten:** Die Einführung von Neobiota findet keine Berücksichtigung in den LCA. Die Brücke zur unternehmerischen Tätigkeit lässt sich hier über die Transportwege (v.a. Frachtschiffe, Luftfahrt) sowie der Wahl der Zier- und Nutzpflanzen in den frühen Wertschöpfungskettenstufen bzw. auf dem Standort schlagen. Allerdings wirken sich nicht alle Neobiota schädlich auf die lokale Biodiversität aus.

Tabelle 6 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen den fünf Treibern des Biodiversitätsverlustes sowie den in LCA häufig beachteten Umweltkategorien.

Verlusttreiber	Korrespondierende LCA-Umweltkategorien
Habitatveränderungen	Landnutzung (allerdings ohne Spezifizierung der konkreten Nutzung)
Klimawandel	Globales Erwärmungspotential/Klimawandel (meistens werden CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ in CO ₂ -Äqu. betrachtet)
Verschmutzung	Versauerung Eutrophierung Ökotoxizität Smog (Bodennahes Ozon) Ozonabbau
Übernutzung	Nicht beachtet
Invasive Arten	Nicht beachtet

Tabelle 6: Treiber des Biodiversitätsverlusts und korrespondierende LCA-Umweltkategorien

Schlussfolgernd lässt sich feststellen, dass die LCA-Betrachtung einen klaren Bezug zum Verlust der Biodiversität aufweist, jedoch unvollständig oder zu ungenau in der Bewertung ist, insbesondere in Bezug auf die (standort)spezifische Landnutzung (Rohstoffanbau, Firmengelände) und die Zerschneidung von Lebensräumen. Die Treiber Übernutzung und invasive Arten finden fast keine Berücksichtigung. Diese Aspekte sollten in der Bewertung der Biodiversitätsperformance eines Produkts zusätzlich betrachtet werden.

3.3. Schlussfolgerungen für das betriebliche Management

Grundsätzlich lassen sich aus der Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette verschiedene Ansatzpunkte zur Verbesserung der Umweltbilanz ableiten:

- Ökologische Optimierung des Rohstoffanbaus (z.B. Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, Erosionsvermeidung, Fruchtfolgenmanagement, Kleinstrukturen),
- Steigerung der Materialeffizienz sowie Reststoffverwertung zur Senkung des Primärbedarfs,
- Substitution oder Filterung von besonders schädlichen Stoffen,
- Energieeffizienz und Einsatz erneuerbarer Energien,
- Regionalisierung zur Verkürzung von Transportwegen, und
- Naturnahe Gestaltung des Firmengeländes.

Dabei hat die LCA-Betrachtung gezeigt, wo innerhalb der Wertschöpfungskette die umweltrelevanten *hot spots* liegen sowie welche Umweltaspekte für die jeweiligen Stufen besonders relevant sind (Tabelle 7).

	Unternehmen des Primärsektors	Verarbeitendes/bereitstellendes Unternehmen
Lebensmittel	Eutrophierung (V), Versauerung (V), Energieverbrauch (K, V), Ausstoß von Treibhausgasen (K), Landnutzung (H, Ü)	Energieverbrauch (K, V), Ausstoß von Treibhausgasen (K)
Holzprodukte	Energieverbrauch (K,V), Ausstoß von Treibhausgasen (K)	Energieverbrauch (K,V), Ausstoß von Treibhausgasen (K) Ausstoß von Schadstoffen (z.B. über die Verwendung von Klebstoffen, Lacken etc.) (V)
Tourismus/ Beherbergung	Eutrophierung (V), Versauerung (V), Energieverbrauch (K, V), Ausstoß von Treibhausgasen (K), Landnutzung (H,Ü)*	Energieverbrauch (K, V), Ausstoß von Treibhausgasen (K) Ausstoß von Schadstoffen (z.B. über Wasch- und Reinigungsmittel)(V)

Tabelle 7: Umweltrelevante *hot spots* entlang der Wertschöpfungskette für projektrelevante Branchen

H=Habitatveränderung, K=Klimawandel, V=Verschmutzung, Ü=Übernutzung, I=Invasive Arten *für Lebensmittel

Die Identifizierung der *hot spots* lässt Rückschlüsse hinsichtlich der prioritären Handlungsbedarfe auf der Ebene des einzelnen Unternehmens sowie hinsichtlich eines wertschöpfungskettenübergreifenden Biodiversitäts-/ÖSL-Managements zu.

- **Unternehmen des Primärsektors** können auf Indikatoren hinsichtlich ihrer eigenen Betriebstätigkeit (z.B. Nährstoffbilanzen, Existenz von Kleinstrukturen, Energieintensität, Fruchtfolgenmanagement), aufgrund ihrer direkten Flächenbewirtschaftung ggfs. auch Umweltzustandsindikatoren (z.B. zum Biotopwert) zur Erfassung ihrer Umweltperformance zurückgreifen.
- Für **Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes** sind Indikatoren zu Menge und Art des Energieverbrauchs von besonderer Relevanz (z.B. Gesamtenergieverbrauch,

Energieverbrauch pro produzierter Einheit Ware, Anteil erneuerbarer Energien).¹⁰ Je nach Art des Produkts kann auch der Ausstoß bestimmter Schadstoffe bei der Verarbeitung – durch Verwendung von Lacken, Klebstoffen, Farben, Wasch- und Reinigungsmitteln etc. – einen wichtigen direkten Verschmutzungseffekt haben und lässt sich über mengenbezogene Indikatoren bzw. Indikatoren zur Erfassung von Managementbemühungen, etwa zur Substitution oder technischen Filterung schädlicher Substanzen, überwachen. Dies deckt allerdings aus der Perspektive der gesamten Wertschöpfungskette nur einen begrenzten Teil der Umwelteffekte ab. Die Menge und Umweltperformance der Inputmaterialien trägt erheblich zur Gesamtbelastung bei. Daher ist ein besonderes Augenmerk der Unternehmen im zweiten oder dritten Glied der Wertschöpfungskette bei ihrem Biodiversitätsmanagement auf die Beschaffung zu legen. Indikatoren zum Anteil der zertifizierten Vorprodukte bzw. zur Existenz und Anwendung von Beschaffungskriterien können hier zum Einsatz kommen. Auch mengenbezogene Indikatoren bzw. Indikatoren zur Reststoffverwertung können Aufschluss über eine Verringerung des Primärrohstoffbedarfs und der entsprechend eingekauften Umwelteffekte geben.

- Für **Unternehmen des Dienstleistungssektors** wie Hotels gilt analog zu den verarbeitenden Unternehmen, den Fokus zum einen über ihren Einkauf auf die Vorprodukte, insbesondere Nahrungsmittel, zu legen und zum anderen ihren direkten Einfluss über die Steuerung ihres Energieverbrauchs inklusive der Art der bezogenen Energie zu minimieren. Je nach Größe der Liegenschaft ist bei Unterkünften und anderen touristischen Unternehmen ferner noch von einem in den LCA- und Fußabdruck-Studien unbeachteten Standorteffekt auszugehen, der über Maßnahmen und Indikatoren etwa zum Anteil der versiegelten Fläche oder der naturnahen Pflege reduziert werden kann.

Mit Blick auf den ganzen Lebenszyklus des Produktes und im Sinne eines umfassenden Biodiversitäts-/ÖSL-Managements lässt sich ferner schlussfolgern, dass sich Unternehmen den Bereichen Transport und unter Umständen auch der Konsumphase via Kommunikation/Marketing widmen sollten. Hier sind vor allem die verarbeitenden oder bereitstellenden Unternehmen gefragt, die einen direkten Kontakt zu den Kund_innen haben.

- Je nach Produkt (z.B. in Abhängigkeit des Gewichts bzw. der klimatischen Anbaubedingungen) kann die Wertschöpfungskette auch durch die Verringerung der Auswirkungen des **Transports**, durch Verringerung der Transportdistanzen (sprich einer regionalen Wertschöpfungskette) oder Verminderung der schädlichen Auswirkungen (z.B. über eine umweltverträgliche Fahrzeugflotte), optimiert werden. Ersteres lässt sich beispielsweise in Indikatoren zum Anteil regionaler Vorprodukte (aus Sicht der verarbeitenden Unternehmen) oder auch als Anteil regional vertriebener Produkte (aus Sicht sowohl der Unternehmen des Primärsektors als auch des verarbeitenden Gewerbes) ausdrücken, letzteres etwa über CO₂-Intensität des Fuhrparks.
- Wie die Analyse der LCA gezeigt hat, können **verbraucherseitige Handlungen** (Autofahrt zum Kauf bzw. Anreise zum Übernachtungsort, Erwärmen/Kochen von Lebensmitteln) den Bärenanteil der Umwelteinwirkungen ausmachen. Dies dürfte den

¹⁰ Der empfohlene Fokus auf Energie wird auch gestützt durch die Tatsache, dass verarbeitende Unternehmen als Gesamtbranche den größten Anteil aller Branchen am Primärenergieverbrauch der wirtschaftlichen Aktivitäten in Deutschland haben (UBA 2012).

meisten Verbraucher_innen nicht bewusst sein und unter Umständen sogar ihre umweltfreundlichen Intention unterlaufen: Wer einzig zum Erwerb eines regionalen und/oder ökologischen Produktes einen Umweg fährt, etwa zu einem Hofladen, schadet der Umwelt dadurch womöglich noch mehr. Zum einen können Unternehmen selbst möglichst zentral ihre Ware anbieten, z.B. auf lokalen Wochenmärkten. Zum anderen besteht für die Unternehmen die Chance, die Kund_innen über geeignete Informationen wie die Anreisemöglichkeiten mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu sensibilisieren und den Zeitaufwand für die Informationsbeschaffung zu reduzieren. Im besten Fall können Anreize gesetzt werden, etwa über das Angebot eines attraktiven Gesamtpakets von Übernachtung und Anreise durch Kooperationen mit Verkehrsbetrieben.

Die LCA-gestützte Identifizierung von *hot spots* und die drauf aufbauende Ableitung von Handlungsprioritäten lässt zwei Perspektiven un- bzw. unterberücksichtigt, die in der Auswahl der Managementindikatoren jedoch zusätzlich Beachtung finden sollten:

- Aus Sicht der **Biodiversität** gilt es besonders standortspezifische Faktoren zu berücksichtigen, etwa die konkrete Art und Weise der Bewirtschaftung oder auch in Hinblick auf die weniger landintensiven Unternehmen in nachgelagerten Wertschöpfungskettenstufen die konkrete Ausgestaltung des Firmenareals. Die reine LCA-Betrachtung unterschätzt den Landnutzungseffekt auf die Biodiversität, u.a. weil keine Differenzierung hinsichtlich der Bewirtschaftungsart möglich ist, sodass die bereits postulierte besondere Wichtigkeit der ersten Kettenstufe mit dem Fokus Biodiversität nochmals unterstrichen wird. Ferner wird der Effekt von Bodenverdichtung und -versiegelung in herkömmlichen LCA nicht berücksichtigt, sodass davon auszugehen ist, dass die Umweltauswirkungen der Lebensphase Transport und Distribution systematisch unterschätzt werden (vgl. auch Mila i Canals et al. 2014).
- Aus den LCA lassen sich insbesondere Indikatoren aus dem Bereich Prozessoptimierung für die verschiedenen Wertschöpfungsstufen ableiten. Dabei bleibt festzuhalten, dass auf der Ebene des Einzelunternehmens auch **strategie- sowie personal- und standortbezogene Indikatoren** von Bedeutung sind, insbesondere vor dem Hintergrund einer langfristigen Steuerung der Unternehmensperformance.

Die festgestellten Handlungsprioritäten für die einzelnen Unternehmen sind gemäß den tatsächlichen Umwelteinwirkungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette abgeleitet worden. Für die tatsächliche Implementierung von Indikatoren und Maßnahmen sind ferner auch Prioritäten zu berücksichtigen, die sich aus den tatsächlichen Kontrollmöglichkeiten bzw. Restriktionen in der Praxis, insbesondere für KMU, ergeben. Dabei sind die durch die Vorprodukte eingekauften Umweltwirkungen für die verarbeitenden Unternehmen zwar über den Einkauf adressierbar, allerdings liegt die Verringerung der Umweltwirkungen durch den Lieferanten außerhalb der direkten Einflussosphäre des beschaffenden Unternehmens. Da allerdings nur sie im direkten Kontakt zu den Verbraucher_innen stehen, kommt ihnen eine besondere Verantwortung hinsichtlich der Kommunikation der ökologischen Nachhaltigkeit des Endprodukts zu, die diesen Begriff nur verdient, sofern das Gesamtprodukt einschließlich seiner Lieferkette auf seine Umweltverträglichkeit hin optimiert wird. Tabelle 8 veranschaulicht die Ergebnisse aus Sicht der verarbeitenden Unternehmen. Tabelle 9 stellt die Ableitung von Managementindikatoren auf Betriebsebene (nach Geschäftsbereichen) über ÖSL-Abhängigkeiten sowie Umwelteinwirkungen dar und ergänzt Indikatoren aus fehlenden Geschäftsbereichen wie Personal und Standort.

Treiber	Aspekte	Ansatzpunkte	Maßnahmen (Bsp.)	Indikatoren (Bsp.)
Habitat-veränderung	Landnutzung	Beschaffung	Erarbeitung von Beschaffungskriterien Einkauf zertifizierter Vorprodukte	Anzahl der Lieferanten/DL, die zu ihren Leistungen im Bereich Biodiversität befragt wurden Anteil zertifizierter Vorprodukte
		Produktion	Materialeffizienz Reststoffverwertung	Mengenbezogene Indikatoren (eingesetztes Material, Ausschuss, ggfls. pro Outputeinheit) Anteil recycelter Materialien
		Liegenschaften	Naturnahe Gestaltung Entsiegelung	Anzahl an Naturschutzmaßnahmen auf dem Standort pro Jahr (z.B. Nistkästen)
	Zerschneidung	Transport/Logistik	Reduzierung der Transportwege	Anteil regional bezogener bzw. vertriebener Produkte
Klimawandel	Düngung	Beschaffung, Materialauswahl	Beschaffungskriterien hinsichtlich Art/Ausbringung des Düngers Ersatz von tierischen Rohstoffen	Prozentualer Anteil der Zulieferer, die ein zertifiziertes Umweltmanagementsystem haben und/oder deren Produkte mit einem Ökolabel ausgezeichnet sind
		Produktion	Materialeffizienz Reststoffverwertung	Mengenbezogene Indikatoren (eingesetztes Material, Ausschuss, ggfls. pro Outputeinheit) Anteil wiederverwerteten Abfalls
	Energieverbrauch	Produktion (Energie)	Reduzierung des Energieverbrauchs Bezug erneuerbarer Energiequellen Abwärmenutzung	Gesamtenergieverbrauch, ggfls. Umrechnung in Ausstoß von THG Energieverbrauch pro Outputeinheit Anteil der erneuerbaren Energien bzw. Grüner Strom ja/nein
	Transport	Transport/Logistik	Reduzierung der Transportwege Umweltfreundliche Transportmittel	Anteil regional bezogener bzw. vertriebener Produkte, Transportunternehmen mit Umweltmanagementsystem
Verschmutzung	Düngung, Pflanzenschutz	Beschaffung	Erarbeitung von Beschaffungskriterien Einkauf zertifizierter Vorprodukte	Anteil von eingekauften Inputmaterialien, für die Beschaffungskriterien vorliegen Anteil zertifizierter Vorprodukte
		Produktion	Materialeffizienz Reststoffverwertung	Mengenbezogene Indikatoren (eingesetztes Material, Ausschuss, ggfls. pro Outputeinheit) Menge Überproduktion/ Produktionsausschuss

	Emissionen und Abfälle der Produktion	Produktion (Emissionen, Abfälle)	Ersatz/Reduzierung von schädlichen Substanzen Filterung	Mengenbezogene Indikatoren (ggfls. pro Outputeinheit)
	Transport	Transport/Logistik	Reduzierung der Transportwege Umweltfreundliche Transportmittel	Anteil regional bezogener bzw. vertriebener Produkte, Transportunternehmen mit Umweltmanagementsystem
Übernutzung	Landnutzung (Boden)	Beschaffung	Beschaffungskriterien hinsichtlich Erosionsvermeidung, Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit Einkauf zertifizierter Vorprodukte	Anteil von eingekauften Inputmaterialien, für die Beschaffungskriterien vorliegen/die Beschaffungskriterien erfüllen Anteil zertifizierter Vorprodukte
		Produktion	Materialeffizienz Reststoffverwertung	Mengenbezogene Indikatoren (eingesetztes Material, Ausschuss, ggfls. pro Outputeinheit) Anteil recycelter Materialien
	Überfischung	Beschaffung	Einkauf zertifizierter Vorprodukte	Anteil zertifizierter Vorprodukte
Invasive Arten	Landnutzung,	Beschaffung	Anbau lokaler (alter) Sorten	Anteil alter Sorten
		Liegenschaften	Standortgerechte Bepflanzung	Anteil des naturnah gestalteten Firmengeländes bzw. naturnah gestaltet ja/nein
	Transport	Transport/Logistik	Reduzierung der Transportwege (insb. in Bezug auf Frachtschiffe)	Anteil regional bezogener bzw. vertriebener Produkte

Tabelle 8: Zusammenfassende Ergebnisse aus der Sicht verarbeitender Unternehmen

ÖSL-Abhängigkeiten und Hauptumwelteinwirkungen entlang der Wertschöpfungskette (Bsp. Brot)

Phase mit
Hauptumwelteinwirkung

	LW (Primärproduktion)	Verarbeitende Unternehmen (Mühle, Bäckerei)	Transport	Konsum
(Direkte) ÖSL- Abhängigkeiten	Schädlings- bekämpfung (R) Erhalt der Bodenfunktion (R) Bestäubung (R) Wasserbereitstellung (V) Biomasseproduktion (V) Regulierung von Emissionen (R)	Wasserbereit- stellung (V) Regulierung von Emissionen (R)	Regulierung von Emissionen (R) ggfls. Biomasse- produktion (V)	Regulierung von Emissionen (R)
Hauptumwelt- einwirkungen	Eutrophierung (V) Klimawandel (K) Landnutzung (H) Versauerung (V)	Klimawandel (K) Versauerung (V)	Klimawandel (K)	Klimawandel (K) Versauerung (V)
Ansatzpunkte	Düngemittel Pestizide Landnutzungsart	Energieverbrauch Beschaffung Materialeffizienz	Energieverbrauch	Energie- verbrauch

R Regulierungsleistung
V Versorgungsleistung
K Kulturelle Leistung

H Habitatveränderung
K Klimawandel
Ü Übernutzung
V Verschmutzung
I Invasive Arten



Managementindikatoren für verarbeitende Unternehmen (Bsp. Brot)

	Lieferkette	Produktion und Verarbeitung	Transport und Logistik	Vertrieb und Marketing	Standort und Immobilien	Personal	Produkt
Management-indikatoren	Prozentualer Anteil der Zulieferer, die ein zertifiziertes Umweltmanagementsystem haben und/oder deren Produkte mit einem Ökolabel ausgezeichnet sind Anzahl der Lieferanten/DL, die zu ihren Leistungen im Bereich Biodiversität befragt wurden (Prozentualer Anteil an der Gesamtzahl) Anzahl der Produkte/Dienstleistungen, für die Beschaffungsvorgaben mit Kriterien zur biologischen Vielfalt vorliegen	Jährlicher Gesamtenergieverbrauch (in MWh oder GJ) Anteil an erneuerbaren Energien Abwärmenutzung Jährlicher Wasserverbrauch (in m³) Wasserverbrauch (in m³) pro Einheit produzierter Ware Menge Überproduktion/Produktionsausschuss Anteil wiederverwerteten Abfalls	Prozentualer Anteil der Dienstleister, die ein zertifiziertes Umweltmanagementsystem haben und/oder deren Produkte mit einem Ökolabel ausgezeichnet sind Anteil an regionalen Produkten/Lieferanten	Anteil der verkauften Produkte auf gemeinschaftlichen Vertriebswegen (z.B. Wochenmärkte)	Anzahl an Naturschutzmaßnahmen auf dem Standort pro Jahr (z.B. Nistkästen)	Fortbildungen zum Thema Biodiversität: Anzahl/Anteil der fortgebildeten Mitarbeiter Freiwilliges Naturschutz-Engagement der Mitarbeiter: Anzahl/Anteil der Mitarbeiter, die an Projekten zum Natur- und Biodiversitätsschutz teilnehmen	Prozentanteil des Umsatzes mit Bio-Produkten am Gesamtumsatz

Tabelle 9: ÖSL-Schnittstellen und Managementindikatoren (Bsp. Brot)

3.4. Schlussfolgerungen für wertschöpfungskettenübergreifende Indikatoren

Will man die Wertschöpfungskette als ganze beurteilen, so gibt es hinsichtlich der Indikatorenauswahl zwei Möglichkeiten:

- Eine Möglichkeit besteht darin, **einen für alle Stufen der Wertschöpfungskette relevanten Aspekt** (oder ggfls. auch mehrere) auszuwählen, z.B. der Energie- oder Wasserverbrauch, und diesen für das Endprodukt zu einem Indikator zu **aggregieren** – analog zur LCA-Methodik. Dies ermöglicht Aussagen über die Erfolge des Umweltmanagements bzw. den ökologischen Mehrwert des Produkts gegenüber Wettbewerbsprodukten aufzuzeigen, zum Beispiel über Aussagen zur Reduzierung des Energieverbrauchs bzw. den entsprechenden Treibhausgasemissionen gegenüber Referenzstandards. Positiv ist auch die Kommunizierbarkeit eines solchen aggregierten Indikators gegenüber Kund_innen und anderen Stakeholdern hervorzuheben. Allerdings erfordert ein solches Herangehen einen hohen Organisationsaufwand für die Kooperation und den Datenaustausch (mit entsprechenden Datenschutzbedenken) sowie den Fokus auf eher generische Aspekte, die für alle Wertschöpfungskettenstufen relevant sind.
- Eine zweite Möglichkeit ist die **spezifische Auswahl von Managementindikatoren** – ob operative Leistungsindikatoren oder Managementindikatoren i.e.S. – **für jede Wertschöpfungsstufe**. Dies kann gemäß der vorher identifizierten *hot spots* geschehen. Die Indikatoren können schließlich als Set (auch Dashboard genannt) Aufschluss über die ökologische Nachhaltigkeit der Wertschöpfungskette geben. Alternativ können die Einzelindikatoren mit einem vorher gesetzten Benchmark (Branchendurchschnitt, selbst definierter Zielwert) abgeglichen und quantitativ (z.B. als prozentuale Abweichung vom Zielwert) oder qualitativ (z.B. mittels eines Ampel- oder Sternesystems) bewertet werden. Sofern dadurch die Einheiten der einzelnen Indikatoren wegfallen, können sie auch zu einem Gesamtergebnis aggregiert werden. Das vereinfacht die Kommunizierbarkeit, reduziert aber die Nachvollziehbarkeit des Indikators und wirft Fragen der Gewichtung der einzelnen Aspekte auf. Auch für diese Möglichkeit gilt, dass bei der Zusammenführung der Indikatoren (als Set oder als Aggregat) der Organisationsaufwand für die Unternehmen, vor allem für KMU, hoch ist und vermutlich eher von einem externen Anbieter, etwa einer Regionalmarke, unternommen werden müsste.

Abschließend wird in Tabelle 10 die Möglichkeit eines solchen Sets an Indikatoren für die verschiedenen Wertschöpfungskettenstufen skizziert. Die Indikatoren sind hier als Ja-Nein-Indikatoren angelegt, sodass eine Aggregation auf Produktebene möglich ist, etwa indem für jedes Ja ein Punkt oder Stern vergeben wird. Vorteilhaft sind ferner der geringe Erhebungsaufwand und die dadurch hohe Praxistauglichkeit, gerade in Hinblick auf die begrenzten Kapazitäten von KMU. Prinzipiell sollte sich die Auswahl der Indikatoren pro Wertschöpfungskettenstufe an den jeweils identifizierten *hot spots* orientieren.¹¹ Ob eine Gewichtung vorgenommen wird, bleibt offen. Generell bringt jede Gewichtung (auch eine gleiche Gewichtung aller Indikatoren) ein subjektives Element ein. Auch die Anzahl der Indikatoren pro Wertschöpfungskettenstufe ist Ausdruck einer Einschätzung von Wichtigkeit.

¹¹ Bei der Auswahl der Indikatoren für die Anbauphase ist insbesondere auf die Expertise des IUP zurückzugreifen.

WSK-Stufe	Indikator	H	K	V	Ü	I
Anbau	Verzicht auf Pestizide Verzicht auf synthetische Düngemittel Einhaltung von Gewässerrandstreifen Anteil von Kleinstrukturen > x Fruchtfolgenmanagement Biotopwert > x	x	x	x	x	
Verarbeitung	Energieverbrauch < Branchendurchschnitt Bezug erneuerbarer Energien		x			
Transport	Transportdistanz zwischen Anbau- und Verkaufsort <50km		x	x		x

Tabelle 10: Wertschöpfungskettenübergreifendes Indikatoren-set

H=Habitatveränderung, K=Klimawandel, V=Verschmutzung, Ü=Übernutzung, I=Invasive Arten

Die Indikatoren können dabei verschiedenen Zielen dienlich sein: Sie generieren Informationen über einige der umweltrelevantesten Produktionsparameter pro Wertschöpfungskettenstufe; sie können für das interne Management eingesetzt werden, etwa indem über entsprechende Maßnahmen die Anzahl der bejahten Indikatoren erhöht wird; und schließlich auch externen kommuniziert werden. Hier kann auch der Mehrwert eines Produktes in Hinblick auf die Bewahrung von Biodiversität und ÖSL ausgewiesen und unter Umständen eine Preisprämie gerechtfertigt werden. Das unternehmerische Engagement wird so in Wert gesetzt.

Abbildung 6 zeigt beispielhaft, wie eine Produktkennzeichnung aussehen könnte, die auf dem skizzierten Set an wertschöpfungsketten übergreifenden Indikatoren basiert. In diesem Fall sind für das gezeigte Brot sieben von zehn der Indikatoren mit Ja beantwortet worden – für jedes Ja wird ein Biodiversitätspunkt vergeben.



Fotos: Brot – Maja Dumat, Schmetterling – Uschi Dreucker (pixelio.de)

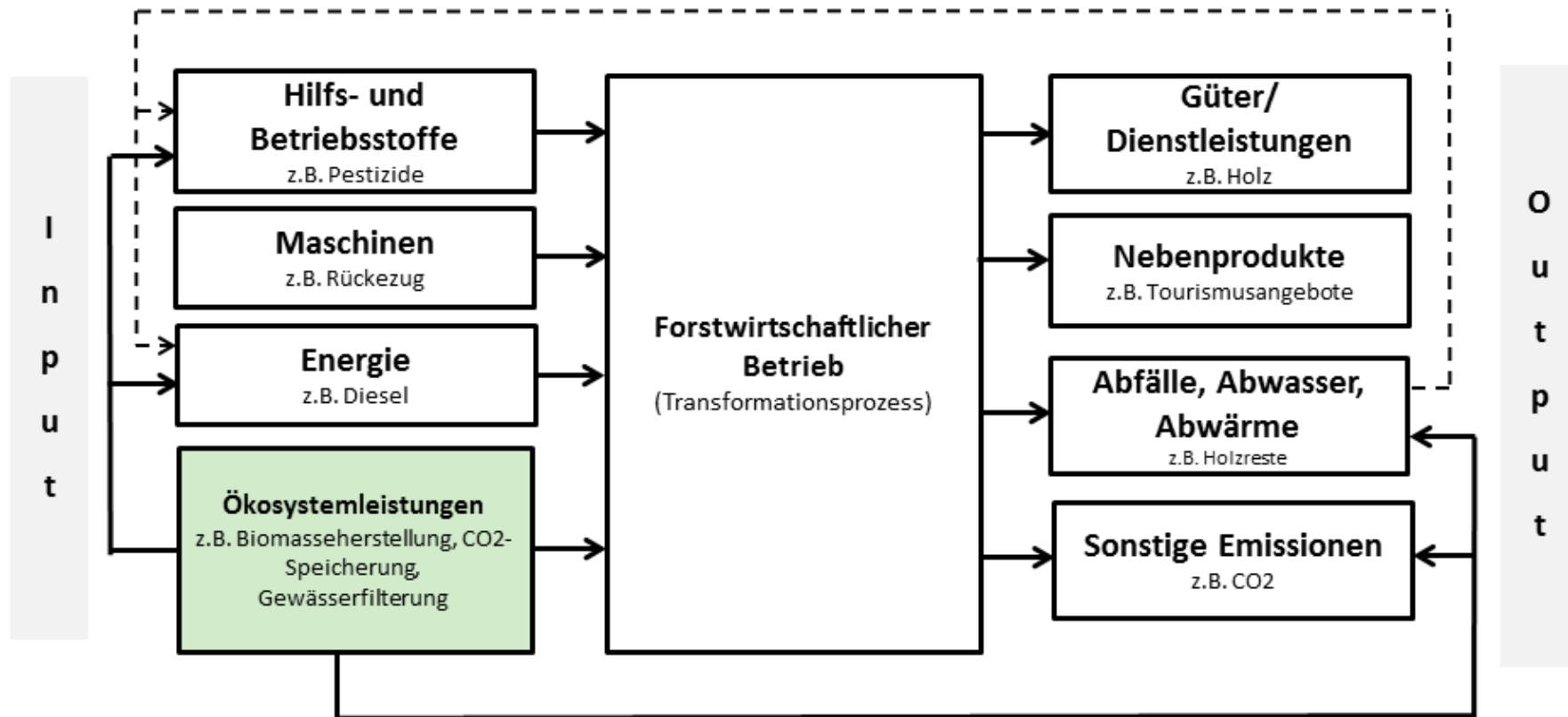
Abbildung 6: Produktkennzeichnung basierend auf einem Set wertschöpfungskettenübergreifender Indikatoren

4. Referenzen

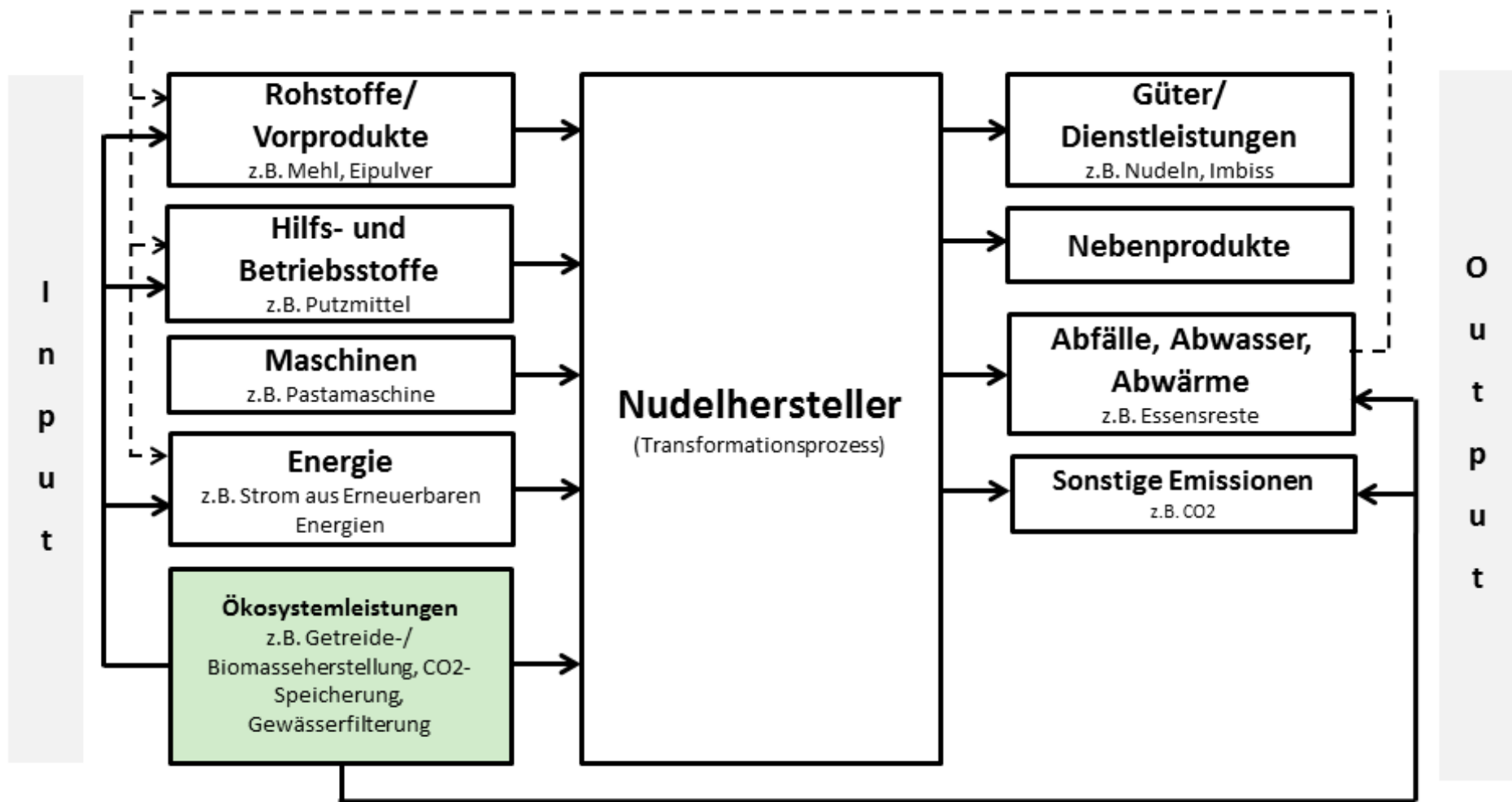
- Bevilacqua, M., Braglia, M., Carmignani, G., Zammori, F. (2007): Life cycle assessment of pasta production in Italy, in: *Journal of Food Quality* 30(6), 932 – 952.
- Bovea, M., Vidal, R. (2004): Materials selection for sustainable product design: a case study of wood based furniture eco-design, in: *Materials and Design*, 25, 11-116.
- Braschkat, J., Patyk, A., Quirin, M.I., Reinhardt, G.A. (2003): Life cycle assessment of bread production – a comparison of eight different scenarios, in: Halberg, N. (Hrsg.)(2003): *Life Cycle Assessment in the Agri-food sector*, DIAS report, Proceedings from the 4th International Conference, 9-21.
- Castellani, V., Sala, S. (2012): Ecological Footprint and Life Cycle Assessment in the sustainability assessment of tourism activities, in: *Ecological Indicators* 16, 135-147.
- De Camillis, C. (2011): Sustainable consumption and production in the travel and tourism industry: Proposal of a life cycle thinking toolbox, Presentation, 8. Juni 2011, Rom. Verfügbar unter: <http://www.enea.it/it/comunicare-la-ricerca/events/lca-8giu2011/DeCamillis.pdf> (09.08.2016).
- De Camillis, C., Raggi, A., Petti, L. (2010): Tourism LCA: state-of-the-art and perspectives, in: *International Journal of Life Cycle Assessment* 15, 148-155.
- Detzler, A., Krüger, M., Kauertz, B., Giegrich, J., Schmidt, A.(2010). GmbH) (2010): *Einweg und Mehrweg – Aktuelle Ökobilanzen im Blickpunkt*. Handreichung des IFEU, IFEU (Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg), Heidelberg.
- Dolci, G., Nessi, S., Rigamonti, L., Grosso, M. (2016): Life Cycle Assessment of Waste Prevention in the Delivery of Pasta, Breakfast Cereals, and Rice, in: *Integrated Environmental Assessment and Management*, 12(3), 445-458.
- Filmonau, V. (2015): Life cycle assessment, in: Hall, C.M., Gossling, S., Scott, D. (2015) (Hrsg.), *The Routledge Handbook of Tourism and Sustainability*, Routledge, London, New York, 209 -220.
- Filmonau, V., Dickinson, J., Robbins, D., Huijbregts, M. (2011): Reviewing the carbon footprint analysis of hotels: Life Cycle Energy Analysis (LCEA) as a holistic method for carbon impact appraisal of tourist accommodation, in: *Journal of Cleaner Production* 19, 1917-1930.
- González-García, S., García Lozano, R., Moreira, T., Gabarrell, X., Rieradevall I Pons, J., Feijoo, G., Murphy, R. (2012): Eco-innovation of a wooden childhood furniture set: An example of environmental solution in the wood sector, in: *Science of the Total Environment*, 426, 318-326.
- González-García, S., Gasol, C., García Lozano, R., Moreira, T., Gabarrell, X., Rieradevall I Pons, J., Feijoo, G. (2011): Assessing the global warming potential of wooden products from the furniture sector to improve their eco-design, in: *Science of the Total Environment*, 410-411, 16-25.
- Iritani, D., Silva, D., Saavedra, Y., Graef, P., Ometto, A. (2015): Sustainable strategies analysis through Life Cycle Assessment: a case study in a furniture industry, in: *Journal of Cleaner Production*, 96, 308-318.
- Koellner, T., de Baan, L., Beck, Z., Branão, M., Civit, B., Margni, M., Milà i Canals, L., Saad, R., de Souza, D., Müller-Wenk, R. (2013): UNEP-SETAC guideline on global land use impact assessment on biodiversity and ecosystem services in LCA, in: *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 1188-1202.
- Koroneos, C., Roumbas, G., Gabari, Z., Papagiannidou, E., Moussiopoulos, N. (2005): Life cycle assessment of beer production in Greece; in: *Journal of Cleaner Production*, 13, 433-439.
- LCA Food Database (2007): Food products, Crops and crop based products, Grains. Verfügbar unter: <http://lcafood.dk/> (04.05.2016).
- Lindner, J.P. (2014): Biologische Vielfalt in Ökobilanzen verankern. Biodiversity Impact Assessment, in: *Ökologisches Wirtschaften*, 29, 8-9.
- Linsberger, G., Schönlechner, R., Berghofer, E. (2006): Herstellung von Keksen, Snackprodukten und Teigwaren aus Getreide und einheimischen Leguminosen, in: *Ernährung/Nutrition*, 30(12), 505-514.
- Lippelt, J. (2010): Kurz zum Klima: Bier – mehr drin, als man denkt, in: *ifo-Schnelldienst*, 63. Jg., 18/2010.
- Majcher, J. (2008): Livscyklusvurdering af energiforbruget i ølproduktion, Institute of Geography, University of Copenhagen. Auf Dänisch.
- Mata, T. M., Costa C. A. V. (2001): Life Cycle Assessment of Different Reuse Percentages for Glass Beer Bottles, in: *International Journal of Life Cycle Assessment*, 6(5), 307-319.
- Michelsen, O., Solli, C., Hammer Stømman, A. (2008): Environmental Impact and Added Value in Forestry Operations in Norway, in: *Journal of Industrial Ecology*, 12(1), 69-81.
- Milà I Canals, L., Rigarlsford, G., Sim, S. (2013): Land use impact assessment of margarine, in: *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(6), 1265-1277.
- Mirabella, N., Castellani, V., Sala, S. (2014a): Forestry operations in the alpine context. Life cycle assessment to support the integrated assessment of forest wood short supply chain, in: *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 1524-1535.
- Mirabella, N., Castellani, V., Sala, S. (2014b): LCA for assessing environmental benefit of eco-design strategies and forest wood short supply chain: a furniture case study, in: *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 1536-1550.

- Nette, A., Wolf, P., Schlüter, O., Meyer-Aurich-A. (2016): A Comparison of Carbon Footprint and Production cost of Different Pasta Products Based on Whole Egg and Pea Flour, in: *Foods*, 5(17).
- Paulitsch, K., Baedeker, C., Burdick, B. (2004): Am Beispiel Baumwolle: Flächennutzungskonkurrenz durch exportorientierte Landwirtschaft, *Wuppertal Papers*, Nr.148.
- Prem, W., Hechenbichler, J., Lörcher, M., Manhart, H., Hülsbergen, K.-J. (2007): Energieeffizienz im ökologischen Landbau – am Beispiel der Wertschöpfungskette „Brot“, 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Verfügbar unter: http://orgprints.org/9591/1/9591_Prem_Vortrag.pdf (04.05.2016).
- Puettmann, M., Bergman, R., Hubbard, S., Johnson, L., Lippke, B., Oneil, E., Wagner, F. (2010): Cradle-to-gate life cycle inventory of US wood products production: CORRIM phase I and phase II products, in: *Wood and Fibre Science*, 42 (CORRIM Special Issue), 15-28.
- Rosing, L., Feldvoss, C., Kann, M., Leth, K. D., Mundt, P., Pedersen, H., Skovsby, K., Christensen, L. M. (2001): LCA of a roll (Dänisch). Working report in the project LCAfood.
- Rosing, L., Nielsen, A.M. (2003): When a hole matters – the story of the hole in a bread for French hotdog, in: Halberg, N. (Hrsg.)(2003): *Life Cycle Assessment in the Agri-food sector*, DIAS report, Proceedings from the 4th International Conference, 17-22.
- Reinhardt, G., Gärtner, S., Münch, J., Häfele, S. (2009). *Ökologische Optimierung regional erzeugter Lebensmittel: Energie- und Klimabilanzen*, ifeu- Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg. Verfügbar unter: https://ifeu.de/landwirtschaft/pdf/Langfassung_Lebensmittel_IFEU_2009.pdf (14.04.2016).
- Ruini, L. (2013): *Pasta & Sustainability*, Presentation, Istanbul, October 25th 2013.
- Ruini, L., Marino, M., Pignatelli, S., Laio, F., Ridolfi, L. (2013): Water footprint of a large-sized food company: The case of Barilla pasta production, in: *Water Resources and Industry*, 1(2), 7-24.
- Rüter, S., Diederichs, S. (2012): *Ökobilanz-Basisdaten für Bauprodukte aus Holz*, Arbeitsbericht aus dem Institut für Holztechnologie und Holzbiologie, Thünen-Institut.
- Saxe, H. (2010): LCA-based comparison of the climate footprint of beer vs. wine & spirits, institute of Food and Resource Economics, Report No. 207, online: http://curis.ku.dk/ws/files/44663043/FOI_report_207.pdf.
- Silva, D., Lahr, F., Varanda L., Christoforo, A., Ometto, A. (2015): Environmental performance assessment of the melamine-urea-formaldehyde (MUF) resin manufacture: A case study in Brazil, in: *Journal of Cleaner Production*, 96, 299-307.
- Stadt Heidelberg (Hrsg.) (2003): *Umweltmanagement bei Bäckern und Konditoren*. Heidelberger Modellprojekt im Handwerk. Verfügbar unter: http://www.kliba-heidelberg.de/images/web_b_cker-modell_brosch_re.pdf (04.05.2016).
- Talve, S. (2001): Life Cycle Assessment of a Basic Lager Beer, in: *International Journal of Life Cycle Assessment*, 6(5), 293-298.
- UBA – Umweltbundesamt (2012): Anteil wirtschaftlicher Aktivitäten am Primärenergieverbrauch. Verfügbar unter: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_abb_anteil-wirt-aktivitaeten-pev_2013-11-18.pdf (03.08.2016).
- Urban, B., von Haaren, C., Kanning, H., Krah, J., Munack, A. (2008): Biologische Vielfalt in Ökobilanzen – Konzept für eine methodische Integration am Beispiel biogener Kraftstoffe, in: *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 40 (12), 409-414.
- Usva, K., Saarinen, M., Katajajuuri, J., Kurppa, S. (2009): Supply chain integrated LCA approach to assess environmental impact of food production in Finland, in *Agricultural and food science*, 18, 460-476.
- Van Holderbeke, M., Sanjuán, N., Geerken, T., De Vooght, D. (2003): The History Of Bread Production: Using LCA In The Past, in: Halberg, N. (Hrsg.)(2003): *Life Cycle Assessment in the Agri-food sector*, DIAS report, Proceedings from the 4th International Conference, 9-21.
- Wenker, J., Rüter, S. (2015): *Ökobilanz-Daten für holzbasierte Möbel*, Thünen Report, No. 31. Verfügbar unter: http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/dn055528.pdf (20.07.2016).
- Werner, F., Richter, K. (2007): Wooden Building Products in Comparative LCA - A Literature Review, in: *International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(7), 470-479.
- Williams, A. G.; Mekonen, S. (2014): Environmental performance of traditional beer production in a micro-brewery, Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, 1535-1540.
- WRI – World Resources Institute (Hrsg.) (2011): *Nature in performance – Initial Recommendations for Integrating Ecosystem Services into Business Performance Systems*, WRI report.

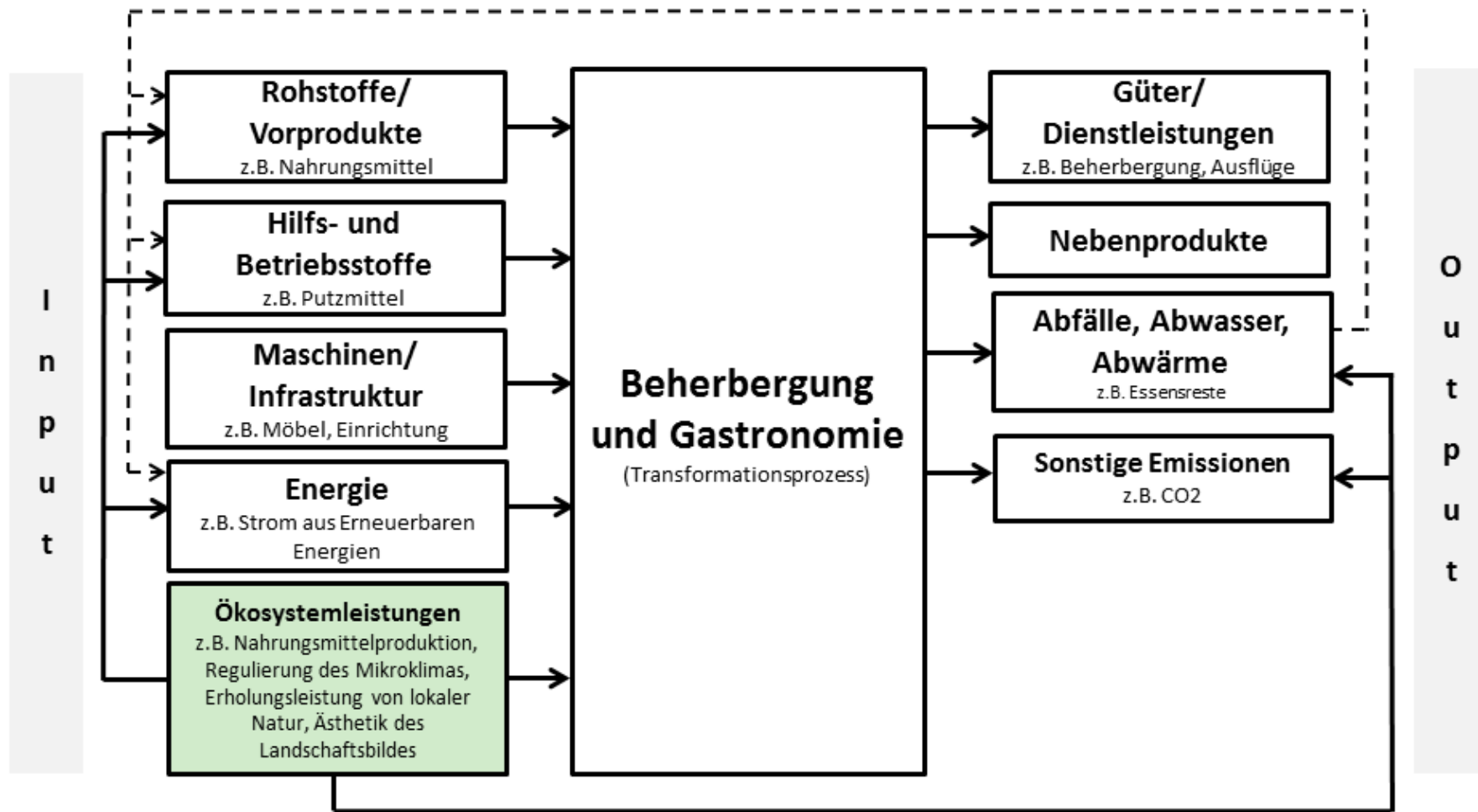
Annex 1: Schnittstellen zwischen Unternehmen und Ökosystemleistungen



Beispielhafte Input-Output-Darstellung Primärsektor



Beispielhafte Input-Output-Darstellung verarbeitendes Gewerbe



Beispielhafte Input-Output-Darstellung Beherbergung/Gastronomie

Annex 2: Schnittstellen zwischen Wertschöpfungskette und Ökosystemleistungen

