

Circular Economy – Innovationsökosystem Studie (CirQuality OWL)



Autoren:
Fabian Schoden,
Dörthe Knepfelkamp,
Beate Kolkmann und
Eva Schwenzfeier-Hellkamp

Gefördert aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)



EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Inhalt

Vorwort	3
Zusammenfassung.....	4
Projekt.....	6
1. Einleitung	8
2. Innovationsökosystem Circular Economy — Sensitivitätsanalyse	10
2.1 Phase A: Systembeschreibung	12
2.2 Phase B: Analyse der Systemzusammenhänge.....	17
2.3 Phase C: Systemprüfung und Bewertung.....	28
3. Ökosystem — Lebensmittelverarbeitung in OWL	35
3.1 Zertifizierung	38
3.2 Politik	38
3.3 Hochschulen	39
3.4 Branchennetzwerke	40
3.5 Energieversorger	40
3.6 Zulieferer	41
3.7 Endkunde.....	41
3.8 Entsorger	41
3.9 Biogasbetreiber	41
4. Beispiele im Vergleich – Lebensmittelindustrie	42
5. Ausblick	46
Referenzen	48

Vorwort

Die vorliegende Studie zur Kreislaufwirtschaft in der Region OWL (Ostwestfalen-Lippe) beleuchtet sowohl die Herausforderungen als auch die Potenziale eines ökologisch und ökonomisch nachhaltigen Systems. Die Untersuchungen zeigen, dass trotz bestehender Hürden ein enormes Transformationspotenzial in OWL vorhanden ist, das durch gezielte Maßnahmen aktiviert werden kann.

Die Ergebnisse der Studie verdeutlichen, dass ein instabiles System nicht zwangsläufig negativ zu bewerten ist. Vielmehr bietet es die Chance, durch gezielte Eingriffe und regulatorische Rahmenbedingungen, stabile und selbstverstärkende Kreisläufe zu schaffen. Insbesondere neue Märkte für Recyclingmaterialien, wie Kunststoffe und Aluminium, können als starke Treiber fungieren, wenn sie wirtschaftlich attraktiv gestaltet werden.

Ein zentrales Anliegen dieser Studie ist es, das Zusammenspiel verschiedener Akteur*innen – von Forschungseinrichtungen über Netzwerke bis hin zur Wirtschaft – zu fördern. Eine erfolgreiche Implementierung der Kreislaufwirtschaft erfordert eine enge Zusammenarbeit und Partnerschaften, die über den Wettbewerb hinausgehen und Synergien schaffen. OWL hat das Potenzial, sich hier als Leuchtturmregion zu positionieren, die durch Kooperation und Innovationskraft vorangeht und echte nachhaltige Prozesse etabliert.

Ich möchte allen Beteiligten und Unterstützer*innen, die diese Studie ermöglicht haben, unseren großen Dank aussprechen. Ihr Engagement und ihre Beiträge waren unerlässlich für den Erkenntnisgewinn dieses Projekts. Ein besonderer Dank gilt den Partner*innen des Forschungsprojekts CirQuality OWL und den damit verbundenen Institutionen.

Zum Abschluss möchte ich einen Appell an alle Nachhaltigkeitsakteur*innen in und außerhalb von OWL richten: Lassen Sie uns gemeinsam den Stein ins Rollen bringen und die Transformation hin zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft aktiv vorantreiben. Jeder Schritt zählt und trägt dazu bei, ein zukunftsfähiges System zu schaffen.

Prof. Dr. Natalie Bartholomäus,
Vizepräsidentin für Nachhaltigkeit und strategisches HRM

Zusammenfassung

Diese Studie beschreibt das Vorgehen einer Sensitivitätsanalyse nach Frederick Vester. Dabei wird das Innovationsökosystem Circular Economy (CE) analysiert. Im ersten Schritt wird das Innovationsökosystem beschrieben. Dazu werden die relevanten Systemvariablen definiert und bewertet. Im Anschluss werden die Systemzusammenhänge analysiert. Dabei wird untersucht, wie sich ein solches System entwickelt und welche Effekte die einzelnen Systemvariablen hervorrufen. Dazu wurde die Software „iModeler“ verwendet [1]. Im letzten Schritt wird das modellierte System bewertet und Szenarien durchgespielt, um die Systemzusammenhänge zu reduzieren und Aussagen abzuleiten.

Das System enthält viele positive Rückkopplungen. Dies deutet auf ein instabiles System hin [2]. Viele positive Verstärkungen sorgen dafür, dass eine aufwärtsspirale entsteht. Eine Studie des Umweltbundesamtes kommt zu dem Schluss, dass das Innovationsökosystem CE in Deutschland noch kaum Dynamik aufweist [3]. Nach den Ergebnissen der hier vorliegenden Sensitivitätsanalyse zeichnet sich aber ab, dass wenn die ersten Hürden genommen sind, eine sich selbst beschleunigende Transformation hin zu einer CE in Gang gesetzt werden kann. Kritische Hebel, die identifiziert wurden, sind: die Transformation von Unternehmen hin zu zirkulären Prozessen und Geschäftsmodellen, Wissensentwicklung und die Diffusion des Wissens in verschiedene Bereiche.

Da es sich um ein instabiles System handelt, muss irgendwann gegengesteuert werden, um zu verhindern, dass das System kollabiert. Daher sind Maßnahmen mit Fingerspitzengefühl umzusetzen.

Darüber hinaus muss beachtet werden, dass die Einflusswirkung der Systemvariablen eventuell angepasst werden muss und in diesem Ansatz zu positiv eingestellt wurde. Die Einstellung der Systemvariablen und die Begründung dafür sind im Anhang beigefügt und können Grundlage für weitere Studien sein.

Über die Studie hinaus wurden Beispielprojekte aus dem Forschungsprojekt CirQuality OWL aus der Lebensmittelbranche dargestellt. Die Herangehensweise nach Vester gleicht einem Herauszoomen aus dem System. Die Darstellung eines lokalen kleinen Innovationsökosystems soll veranschaulichen, wie Innovationen und Projekte im Kleinen wirken – das Ökosystem wird also auch durch die Lupe oder sogar das Mikroskop betrachtet, um kleine Ausschnitte aus dem Ökosystem genau zu untersuchen.

Dazu wurde ein systematischer Circular-First-Check durchgeführt, um Einblicke in das Ökosystem der lebensmittelverarbeitenden Industrie zu erhalten. Dazu haben die Food-Processing Initiative e. V. (FPI) und das Institut für Technische Energie-Systeme (ITES) einen Fragebogen für die Lebensmittelverarbeitende Industrie entworfen, der als Gesprächsleitfaden diente. Die Experteninterviews sind mit Unternehmen aus den Bereichen Fleischverarbeitung, Gemüseverarbeitung und Lebensmittelherstellung geführt worden. Viele KMUs setzen die Ideen und Geschäftsmodelle einer CE noch nicht um. Alle beteiligten Unternehmen sind aber stark daran interessiert, die Nachhaltigkeit im Unternehmen zu verbessern. Aufbauend auf der Ist-Analyse wurden dann weitere Handlungsschritte definiert, die den beteiligten Unternehmen dabei helfen können, die Transformation hin zu einer CE zu starten oder fortzuführen.

In einer abschließenden Sammlung wurden Beispiele für zirkuläre und nachhaltige Ansätze aus der Lebensmittelindustrie gesammelt und beschrieben. Diese dienen zur Inspiration und Veranschaulichung von Lösungsansätzen.

Projekt

CirQuality OWL – Ein Produktionsstandort schließt Kreisläufe [4]

Mit dem Projekt CirQuality OWL realisieren die etablierten 5 Innovationsnetzwerke der Region Ostwestfalen-Lippe (OWL) zusammen mit dem VDI OWL und der Fachhochschule (FH) Bielefeld ein Capacity Building, um die Strategie des regionalen Handlungskonzeptes für Ostwestfalen-Lippe vom zukunftsfesten Produktionsstandort OWL umzusetzen.

Im Mittelpunkt des Projekts stehen die Potenziale der Circular Economy, d.h. Produkte, Bauwerke, Bauteile oder Materialien werden von Anfang an so konzipiert, dass sie in stetigem Kreislauf eingesetzt werden können, ohne am Ende auf Deponien oder im Downcycling zu landen.

Angesichts der zukünftigen Herausforderungen durch volatile Rohstoffpreise und der Rohstoffverknappung, die exponentiell ansteigende Verwendung von Mikro-Elektronik in Bauteilen zur Internetanbindung (Industrie 4.0, Internet of Things), Verbundmaterialien in Leichtbauprodukten und Verpackungen oder reduzierte Deponiemöglichkeiten für Baumaterialien, werden Lösungen erarbeitet, welche die Unternehmen des Produktionsstandortes OWL und das dafür notwendige Umfeld für die wachsenden Märkte der CE qualifizieren.

Das gesamte Innovationsökosystem OWL soll genutzt und optimiert werden, um CE-basierte Produktideen für die nächsten Produktgenerationen zu entwerfen und mit neuen Geschäftsmodellen am Markt zu platzieren.

Den Unternehmen in Ostwestfalen-Lippe soll damit erleichtert werden, unter Berücksichtigung aller betrieblich und gesellschaftlich hemmenden und fördernden Bedingungen CE-basierte Produktideen für die nächsten Produktgenerationen zu entwerfen. Dabei werden alle Prozessbausteine in den Blick genommen, die eine Integration der CE in die (Unternehmens-) Prozesse beeinflussen. Dazu zählen Technologien und Konstruktionsprozesse ebenso wie Mentalitäten der beteiligten Fachkräfte und Anwender:innen, Unternehmenskultur, Ökonomie und Geschäftsprozesse, Richtlinien und Ordnungspolitik. Im Projektverlauf werden Prozesse systematisch erarbeitet, die allen Beteiligten der Schöpfungskette eine stabile, (individuell) handlungsorientierte Prozess-Sicherheit bei der Integration der CE in ihren Gestaltungsbereichen verschaffen.

Die fünf Innovationsnetzwerke (Brancheninitiativen) sichern die gezielte Adaption in den spezifischen Wirtschaftsbereichen. Das Institut ITES der FH Bielefeld analysiert

und optimiert unternehmensinterne Prozesse und systematisiert unternehmensexterne Faktoren zwecks Integration in den jeweiligen CE-Entwicklungsprozess. Mit der Beteiligung des Vereins Deutscher Ingenieure Ostwestfalen-Lippe (VDI OWL) als die größte Ingenieurvereinigung Europas wird das gesamte Spektrum der Ingenieurwelt in die konstruktive Diskussion eingebunden und der Weg geebnet, wichtige Impulse in die zukünftigen Standards (z. B. VDI-Richtlinien) einzuarbeiten.

1. Einleitung

Angesichts der Klima- und Ressourcenkrise ist eine Transformation der Gesellschaft und Industrie hin zu einer CE ein wichtiger Schritt in Richtung Klimaschutz und Ressourcenschonung [5].

Dazu sind Innovationen auf verschiedenen Ebenen erforderlich. Die Umsetzung dieser Innovationen wird am besten mit einem Innovationsökosystem realisiert. Ein Innovationsökosystem beschreibt ein Umfeld, in dem viele Bereiche, wie Gesellschaft, Unternehmen, Politik, Bildungssektor usw. zusammentreffen und sich gegenseitig beeinflussen [6]. Es geht dabei darum, Erfindungen und Innovationen anzustoßen basierend auf Ko-Existenz (zusammenleben), Ko-Evolution (sich gemeinsam weiterentwickeln) und Ko-Spezialisierung (verschiedene Disziplinen ergänzen sich im System) [6].

In einem komplexen Innovationsökosystem sind Zusammenhänge nicht länger linear und das Identifizieren von wirksamen Hebeln für Innovationen nicht trivial. Als Beispiel soll das Ökosystem Wald kurz beschrieben werden. Jeder Baum und Strauch ist Teil des Ökosystems, auch wenn der einzelne Organismus davon nicht unbedingt etwas weiß. Wurzeln vernetzen das System unterirdisch, es gibt unsichtbare Symbiosen — beispielsweise schließen Mikroorganismen Stickstoff für die Pflanzen auf und werden dafür mit Nährstoffen von den Pflanzen versorgt. Es gibt Produzenten (Pflanzen), diese bauen Biomasse auf. Die Konsumenten (Tiere, Menschen) leben von den Pflanzen und nutzen die so aufgebaute Biomasse. Destruenten wie beispielsweise Pilze, Bakterien oder Mikroorganismen, räumen auf — abgefallene Blätter, tote Organismen usw. werden abgebaut und zu Nährstoffen für Pflanzen und andere Organismen aufgeschlossen.

Was aus der Metapher „Ökosysteme in der Natur“ für weitere Ökosysteme abzuleiten ist, ist die Tatsache, dass jeder Teilnehmer im Ökosystem eine Rolle einnimmt und auf seine Weise zum Ökosystem „beiträgt“, aber auch einen Nutzen daraus zieht.

Wird ein Ökosystem zur Generierung von Innovationen bzw. zu Umsetzung von radikalen Änderungen in Gesellschaft oder Wirtschaft (Innovationsökosystem) betrachtet, müssen weitere Aspekte betrachtet werden. Denn, im Gegensatz zu der Metapher aus der Natur muss das Innovationsökosystem aufgebaut werden. Am Anfang steht die Idee oder das Ziel, welches einer Zielgruppe einen „neuen“ Mehrwert bringen soll. Hier wird bereits deutlich, je konkreter die Idee, das Ziel und der Nutzen formuliert werden kann, desto einfacher lassen sich relevante Stakeholder als potentielle Teil-

nehmer am Innovationsökosystem identifizieren. Aus welchen Bereichen diese grundsätzlich kommen können, wird in Kapitel 2 erläutert. An dieser Stelle sei nochmals erwähnt, dass jeder Teilnehmer des Ökosystems für seinen Input auch einen Mehrwert erwartet. Dieser Mehrwert muss nicht zwangsläufig monetärer Art sein, sondern kann auch soziale, gesellschaftliche oder rechtlich geforderte Motive bedienen. Grundsätzlich ist eine hohe Diversität der Teilnehmer in dem Innovationsökosystem förderlich, um das Zielbild von verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten und kreativ weiterzuentwickeln.

Auch in Deutschland gibt es ein Innovationsökosystem im Kontext Circular Economy. Das Umweltbundesamt beschreibt die Dynamik dieses Ökosystems allerdings als sehr gering. In der Studie des Umweltbundesamtes wurde dabei eine Patentanalyse zu Recycling Technologien in Deutschland durchgeführt und die Anzahl der Unternehmensgründungen im Bereich Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz von 2006 bis 2016 betrachtet [3].

Diese Ergebnisse wurden aufgegriffen und mithilfe einer Sensitivitätsanalyse nach Frederic Vester weiter untersucht. In Kapitel 2 wird die Methode und die Durchführung der Sensitivitätsanalyse beschrieben und die Ergebnisse diskutiert. Nach dem in Kapitel 2 das große Ökosystem untersucht und simuliert wurde, wird in Kapitel 3 das Innovationsökosystem der Lebensmittelindustrie in OWL genauer untersucht. Dazu wurden Interviews mit Unternehmen aus der Region geführt, relevante Stakeholder dargestellt und mögliche Handlungsoptionen zur Verbesserung der Zirkularität dargestellt.

2. Innovationsökosystem Circular Economy — Sensitivitätsanalyse

Um das Innovationsökosystem CE in Deutschland genauer zu untersuchen und besser zu verstehen, wurde in dieser Studie eine Sensitivitätsanalyse nach Frederic Vester durchgeführt [2]. Nachfolgend wird die Methodik erläutert.

Die Sensitivitätsanalyse dient dem ganzheitlichen Systemverständnis, soll also die Mächtigkeit der einzelnen Systemvariablen und deren Auswirkungen auf das Gesamtsystem begreifbar machen. Angewendet wird die Methode bei komplexen Systemzusammenhängen, die nicht mit üblichen linearen Vorgehensweisen lösbar sind. Mit der Methode können relevante Einflussgrößen erfasst und die Zusammenhänge sichtbar gemacht werden. Zudem können Hebel identifiziert werden, mit denen das System effektiv beeinflusst werden kann. Abschließend können durch das Modell Szenarien durchgespielt werden, um die Wirkung potentieller Handlungen auf das System besser abzuschätzen [2].

Nach Vester muss ein System, Organismus, Unternehmen oder das Innovationsökosystem Circular Economy, um überlebensfähig zu sein, folgende Grundregeln erfüllen:

Tabelle 1: Grundregeln eines Innovationsökosystems nach Vester

Grundregel	Erläuterung
Negative Rückkopplung	Es müssen mehr negative Rückkopplungen im System existieren als positive.
Wachstumsunabhängigkeit	Die Systemfunktion muss unabhängig von einem quantitativen Wachstum sein.
Produktunabhängigkeit	Das System muss an seiner Funktion und nicht am Produkt ausgerichtet sein.
Jiu-Jitsu-Prinzip	Negative Einflüsse werden ins Gegenteil gewendet.
Mehrfachnutzung	Organisationsstrukturen, Produkte und Prozesse müssen mehrfach genutzt werden.
Recycling	Abfälle aus einer Prozessstufe werden für anschließende Prozessschritte genutzt. (Waste Equals Food)

Symbiose	Gegenseitige Bereicherung (Win-Win)
Biologisches Design	Produkte, Verfahren und Organisationsformen werden durch die Natur inspiriert.

Diese Grundregeln beschreiben die Überlebensfähigkeit eines Systems. Sind in einem System mehr positive als negative Rückkopplungen schaukelt sich das System auf – Beispiele sind die Inflation und eine Lohn-Preisspirale, ein eskalierender Streit oder militärisches Aufrüsten, um den Feind mit immer größeren und schwereren Waffen abzuschrecken. Negative Rückkopplungen hingegen sorgen dafür, dass das System sich stabilisiert. Beispielsweise werden Steuereinnahmen erhöht und Schulden abgebaut, um so langfristig weniger Zinsen zahlen zu müssen.

Weiter muss das System auch unabhängig von Wachstum funktionieren — bei dem derzeitigen Wirtschaftssystem ist das nicht der Fall. Darüber hinaus ist das lineare Wirtschaftssystem auf Produkte fokussiert und nicht auf die Performanz oder Funktion des Systems.

Das Jiu-Jitsu-Prinzip beschreibt, ähnlich wie bei dem gleichnamigen Kampfsport, die Kraft des Gegners gegen ihn selbst zu wenden. Sprich, negative Auswirkungen auf das System sollen nicht bekämpft werden, sondern ins Gegenteil gekehrt werden. Ein Beispiel aus der CE ist die Abfallwirtschaft. Ein Unternehmen sollte sich demnach überlegen, statt für die Entsorgung des Abfalls zu zahlen, den Abfall als Stoffstrom zu begreifen, der an ein anderes Unternehmen verkauft werden könnte — bspw. könnten organische Abfälle ein Stoffstrom für einen Biogasanlagenbetreiber sein.

Um möglichst effizient und effektiv zu sein, müssen Organisationsstrukturen, Produkte und Prozesse im System mehrfach genutzt werden. Wie bei einer CE sollen Stoffströme immer weiter genutzt werden. Das erste Cradle to Cradle Prinzip beschreibt: „waste equals food“ — „was für mich Abfall ist, kann für jemand anderes wieder Nahrung / Nährstoff sein“ [7].

In dem überlebensfähigen System gibt es Symbiosen also viele Win-Win-Beziehungen. Schließlich sind Produkte, Verfahren und Organisationsformen durch die Natur inspiriert – Bionik.

Auch auf Unternehmensebene lassen sich diese Grundregeln, die nach Vester aus einem biologischen / lebenden / kybernetischen Organismus abgeleitet sind, übertragen. Dabei stellt sich die Frage, ob das Handeln und Wirtschaften des Unternehmens systemverträglich, förderlich oder sogar schädlich ist.

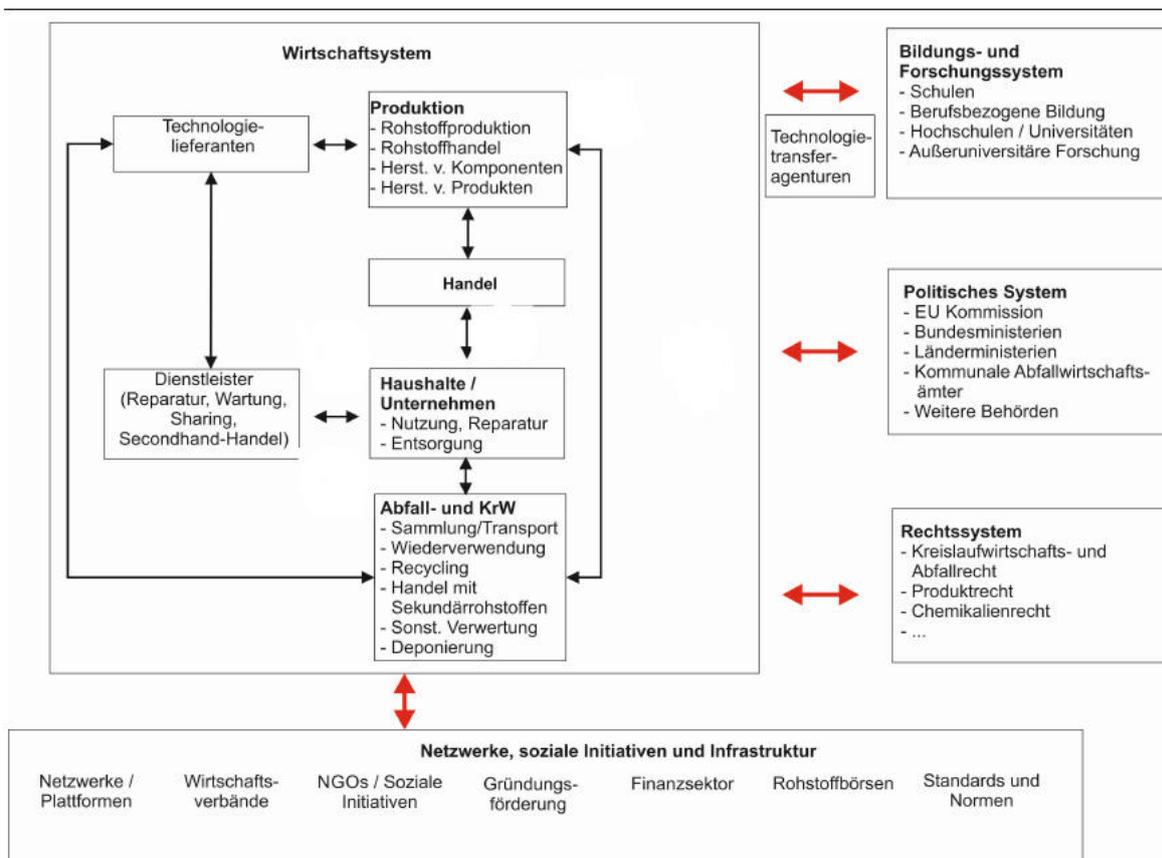
Die Sensitivitätsanalyse selbst lässt sich in drei Phasen unterteilen [2]:

- Phase A: Systembeschreibung
- Phase B: Analyse der Systemzusammenhänge
- Phase C: Systemprüfung und Bewertung

Im Folgenden wird dieses Vorgehen auf das Innovationsökosystem CE in Deutschland übertragen.

2.1 Phase A: Systembeschreibung

Zunächst muss das System beschrieben werden. Als Grundlage für die Systembeschreibung wird die Studie „Innovationen für die CE - Aktueller Stand und Perspektiven“, des Umweltbundesamtes verwendet. Dabei wird die Systemgrenze mit der nationalen Grenze von Deutschland klar definiert. Die Studie beschreibt, dass sich die CE in Deutschland noch in einer frühen Entwicklungsphase mit geringer Dynamik befindet. Es gibt nur eine geringe Zahl an Startups und Patentanmeldungen in dem Bereich. Zudem gibt es kaum Märkte für Sekundärrohstoffe [3].



Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Kuhlmann/Arnold (2001)

Abbildung 1: Innovationsökosystem Circular Economy des Umweltbundesamtes [3].

Abbildung 1 zeigt den Überblick über das Innovationsökosystem CE des Umweltbundesamtes in Deutschland, mit den wesentlichen Beteiligten und Subsystemen, wie Wirtschaft, Bildung, Politik, Rechtssystem und Netzwerke. KrW steht dabei für Kreislaufwirtschaft.

Als nächstes, immer noch in Phase A, wird ein Satz von 30-40 veränderlichen Einflussgrößen aus dem System abgeleitet — der im Rahmen dieser Studie erstellte Satz von Einflussgrößen und ein Kondensat aus der Studie sind im Anhang zu finden. Die als wesentlich identifizierten Einflussgrößen sind die Subsysteme aus Abbildung 1: Wirtschaft-, Bildungs-, Rechts- und politisches System sowie die Netzwerke, Verbände und NGOs.

Aufbauend auf der Studie des Umweltbundesamtes wurde die vorliegende Studie erstellt – **InnoÖko**. Über die genannten Systemvariablen hinaus wurden die folgenden wesentlichen Variablen ergänzt: Erzeugung neuen Wissens, Entstehung neuer Märkte, Gründung von Unternehmen, Einführung neuer Geschäftsmodelle, Wissensdiffusion und fortschreitende Digitalisierung.

Bei dem Satz von Systemvariablen ist darauf zu achten, dass ökologische, ökonomische und soziale Komponenten berücksichtigt werden, um das System aus möglichst vielen Perspektiven abzubilden.

Wenn die Systembeschreibung nicht wie hier von einer Studie vorgegeben ist, sind bspw. Workshops mit Expertengruppen möglich, um das System zu beschreiben. Nachfolgend sind die von den Autoren als relevant eingestuften Systemvariablen beschrieben und deren potenzielle Hebelwirkung auf das System:

- **Abfallwirtschaft:** Diese Systemvariable beinhaltet den gesamten Abfallkreislauf – von der Abfallvermeidung über die Weiterverwendung und Verwertung bis hin zur Beseitigung. Auch das Sammeln und der Transport von Abfällen, die Sortierung und die Behandlung gehören zu ihren Aufgaben. Die Abfallwirtschaft wird effizienter, besser und entwickelt sich zur Wertstoffwirtschaft.
- **Unternehmen:** Dies umfasst produzierende, verarbeitende Unternehmen sowie Teile- und Produkthersteller von Rohstoffgewinnung, über Herstellung von Komponenten und Produkten. Unter den Begriff des Unternehmens gehören alle Unternehmensformen sowie Mischformen dieser. Unternehmen werden zirkulärer und differenziertere Stoffströme werden verfügbar, die Zahl der product as a service Geschäftsmodelle steigt.

- Anzahl der Dienstleister: Diese Systemvariable beschreibt Unternehmen, die den Fokus auf Dienstleistungen gelegt haben und ist ein Indikator für die Transformation hin zur CE. Dies sind Unternehmen, durch die eine oder mehrere Dienstleistungen erbracht werden. Durch die Transformation der Geschäftsmodelle hin zu product as a service Geschäftsmodellen, steigt die Zahl der Dienstleister.
- Handel: Teil dieser Systemvariablen sind der Einzel- und Großhandel (branchenunabhängig), Präsenzhandel, Versandhandel, Fernabsatz und Online-Handel. Wenn der Handel zirkulärer wird, werden nachhaltige zirkuläre Produkte angeboten und somit Druck auf die Lieferkette ausgeübt.
- Energieversorger: Darunter fallen bspw. Stadtwerke, RWE AG, EnBW AG, E.ON SE, Vattenfall, etc. Energieversorger bringen den Ausbau der Erneuerbaren Energien voran und beteiligen sich am Aufbau von Smart Grids.
- Zivilgesellschaft: Bspw. Verbraucher / Konsumenten. Über Kaufentscheidungen hinaus nehmen die Konsumenten Einfluss auf Nutzungsintensität, Wartung, Reparatur, Wiederverwendung oder die Wahl des Entsorgungswegs.
- Bildungs- und Forschungssystem: Dies umfasst Schulen, Berufsbezogene Bildung, Hochschulen, Universitäten sowie außeruniversitäre Forschung. Nachhaltigkeit und Zirkularität werden wichtige Bestandteile des Unterrichts an Schulen und Hochschulen. Auf diese Weise werden Experten für zirkuläre Geschäftsmodelle, Designprinzipien und Finanzierungslösungen ausgebildet. Interdisziplinarität wird immer wichtiger, daher wird auch schon in Ausbildung und Lehre auf branchenübergreifende Kommunikation und Kooperation geachtet. CE wird fester Bestandteil des Lehrplans.
- Politische Rahmenbedingungen: Dies umfasst EU-Kommission, Bundesministerien, Länderministerien, Kommunale Abfallwirtschaft und weitere Behörden. Diese fördern zirkuläre Ideen und Gesetze, schaffen klimaschädliche Subventionen ab.
- Rechtliche Rahmenbedingungen: Diese Systemvariable beschreibt die Gesamtheit der für die Aktivitäten der Kreislaufwirtschaft relevanten Rechtsnormen sowie deren Auslegung. Von der Politik festgeschriebene Gesetze müssen beschrieben und durchgesetzt werden.
- Branchennetzwerke: Hierunter sind vor allem Vereine und Netzwerke zu verstehen. Unternehmensnetzwerke sind stark in Forschungsprojekten aktiv und

treiben die Zirkularität voran. Insbesondere der enge Kontakt zu Unternehmen ermöglicht ein lernendes Netzwerk.

- **Wirtschaftsverbände:** Der Wirtschaftsverband ist eine auf freiwilliger Grundlage geschlossene Vereinigung von Unternehmen eines Wirtschaftszweiges zum Schutze und zur Förderung ihrer gemeinschaftlichen Interessen. Er ist damit auch ein Interessenverband. Sie setzen sich mit den wichtigsten rechtlichen, steuerlichen und finanziellen Themen auseinander, die Unternehmen betreffen. Beispiele für Wirtschaftsverbände sind DIHK, BDA und Co. Wenn Wirtschaftsverbände zirkuläre und nachhaltige Ziele verfolgen, können sie über Lobby Arbeit auf diese Weise Einfluss auf Politik, Unternehmen und Gesellschaft haben.
- **NGOs / Soziale Initiativen:** Unter Nichtregierungsorganisationen sind unabhängige, nichtstaatliche und meist international ausgerichtete Organisationen, die keine Gewinnziele verfolgen, zu verstehen. Sie vertreten politische und gesellschaftliche Interessen. Wenn NGOs zirkuläre und nachhaltige Ziele verfolgen, hat das Einfluss auf Politik, Gesellschaft und Unternehmen.
- **Gründungsförderung:** Diese Systemvariable umfasst die staatlichen und privaten Aktivitäten zur finanziellen Förderung der Unternehmensgründung. Staatliche und öffentliche Fördermittel für Unternehmensgründungen werden insbesondere von folgenden Trägern vergeben: Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Landesbanken, Bundesagentur für Arbeit etc. Wenn die Gründungsförderung massiv nachhaltige und zirkuläre Vorhaben fördert, hat dies großen Einfluss auf die Ausrichtung und die Art von Unternehmen, die neu gegründet werden.
- **Rohstoffbörsen:** Darunter sind Umschlagplätze des weltweiten Rohstoffhandels zu verstehen. Der Handel mit Rohstoffen ist weltumspannend. Eine beeindruckende Fülle von Rohstoffen oder "commodities" wechselt sekundlich den Besitzer, sei es tatsächlich oder in Form von Finanzderivaten, denn Rohstoffe sind die Basis industrieller Produktion.
- **Standards und Normen:** Diese geben den Stand der Technik vor und sind oft in Ausschreibungen gefordert. Mit Standards und Normen für zirkuläre Prozesse und Produkte kann ein Stand der Technik für mehr Zirkularität und Nachhaltigkeit vorgegeben werden.

- Erzeugung neuen Wissens: Neues Wissen wird generiert, an Hochschulen, Forschungseinrichtungen und in Unternehmen. Dies ist eine Grundvoraussetzung für Innovationen und nachhaltige Entwicklung.
- Entstehung neuer Märkte: Die Bildung von Märkten kann zur Gründung neuer Unternehmen oder Unternehmenszweige führen. Ein Beispiel dafür ist die Entwicklung der Märkte für Sekundärrohstoffe.
- Gründung von neuen Unternehmen: Das Gründen von neuen Unternehmen im Bereich der CE ist wegweisend, da hier mit neuen zirkulären Ansätzen experimentiert werden kann.
- Einführung neuer Geschäftsmodelle: Zirkuläre Geschäftsmodelle basieren zu meist auf langlebigen, kreislauffähigen, reparierbaren und wiederaufbereitbaren Produkten. Darüber hinaus sind zirkuläre Geschäftsmodelle service-orientiert. Es wird also bspw. nicht länger eine Waschmaschine angeboten, sondern pro Waschgang abgerechnet oder eine Gebühr pro kg gereinigter Wäsche erhoben etc.
- Wissensentwicklung und Diffusion: Wissen um die CE wird verfügbar und verbreitet sich in der Gesellschaft. Diese Systemvariable beschreibt, wie sich der Wissensschatz entwickelt und wie das Wissen weitergegeben und geleitet wird — open innovation. Wissen wird dabei nicht nur an Hochschulen entwickelt, sondern auch in Unternehmen, Schulen und in der Gesellschaft.
- Fortschreitende Digitalisierung: Ideen wie ein digitaler Zwilling (digitaler Produktpass), Building Information Modeling oder nachhaltiger 3D-Druck könnten Enabler für eine CE werden.
- Nachhaltiger Umgang mit Ressourcen: Unternehmen und Menschen gehen nachhaltig mit den vorhandenen Ressourcen um.
- Technologische Innovationen: Bsp. Recyclingtechnologie wird weiterentwickelt oder neue effizientere Produktionsverfahren kommen auf den Markt.
- Institutionelle Innovationen: Dies sind Vorgaben oder Quoten die erfüllt werden müssen bspw. Recyclingquoten. Diese werden von der Politik vorgegeben.
- Soziale Innovationen: Darunter sind beispielsweise die Eröffnung von Repair-café's zu verstehen.
- Gesellschaftliche Akzeptanz: Die Systemvariable beschreibt, wie groß die Akzeptanz in der Bevölkerung für nachhaltige / zirkuläre Veränderungen ist. Für

gewisse Maßnahmen könnte es Widerstand geben, bspw. falls gefordert wird, den Hausmüll noch besser zu sortieren.

- Forschungsprojekte: Forschungsprojekte in dem Bereich CE können die gesellschaftliche Akzeptanz beeinflussen, für das Thema sensibilisieren und echte Lösungsansätze erarbeiten.

2.2 Phase B: Analyse der Systemzusammenhänge

In Phase B erfolgt dann, aufbauend auf der detaillierten Systembeschreibung, die Analyse der Relationen und Wechselwirkungen der einzelnen Systemvariablen. Dazu wird eine Einflussmatrix erstellt, ähnlich wie in Abbildung 2 zu sehen, welche die Systemvariablen gegenüberstellt und somit die Einschätzung der Einflussgrößen / Systemvariablen auf das System ermöglicht.

		4-stufige Bewertungsskala: 3: kleine Aktion der Einflussgröße in der Senkrechten (Spalte B) haben eine sehr große Wirkung bei den Einflussgrößen in der Waagerechten (Zeile 6) 2: Aktion der EG in Spalte B führt zu gleich starker Aktion der EG in Zeile 6 1: starke Aktion in Spalte B hat sehr kleine Wirkung in Zeile 6 0: keine, sehr schwache oder zeitverzögerte Wirkung														
		Wirtschaftssystem (Produktionssystem)	Bildungssystem	Politisches System	Rechtssystem	Netzwerke, soziale Initiativen und	Gründung von Unternehmen	Einführung neuer Geschäftsmodelle	Wissensentwicklung und Diffusion	fortschrittliche Digitalisierung	Angebote zur Verlängerung der	Bildung von Märkten (Entwicklung)	Technologische Innovationen	Organisatorische Innovationen	Institutionelle Innovationen (Repaircafés)	Soziale Innovationen (Repaircafés)
Variable X		Variable Y														
1	Produktionssystem	1	1	2	0	3	3	3	1	1	1	3	3	2	0	0
2	Bildungssystem	1	1	1	0	1	1	0	3	1	0	0	3	1	0	1
3	Politisches System	3	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	1	3	1	
4	Rechtssystem	3	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	Netzwerke, soziale Initiativen und	2	1	1	1	1	1	3	1	0	1	0	0	0	3	
6	Gründung von Unternehmen	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	2	2	0	
7	Einführung neuer Geschäftsmodelle	2	0	0	0	1	2	2	1	1	0	2	2	3	0	
8	Wissensentwicklung und Diffusion	2	2	1	0	1	2	2	2	2	0	1	2	2	1	
9	fortschrittliche Digitalisierung	2	1	0	0	1	2	2	2	2	1	3	2	0	2	
0	Angebote zur Verlängerung der	2	0	0	0	1	2	2	1	0	2	2	2	0	2	
1	Bildung von Märkten (Entwicklung)	2	0	0	0	1	2	2	1	0	0	2	2	0	0	
2	Technologische Innovationen	2	1	0	0	1	2	2	1	1	0	2	2	0	1	
3	Organisatorische Innovationen	3	1	0	0	1	1	2	1	0	1	1	2	0	1	
4	Institutionelle Innovationen	3	1	0	0	1	1	2	1	0	1	1	2	0	1	
5	Soziale Innovationen (Repaircafés)	1	1	0	0	2	1	1	3	0	0	1	1	2	0	

Abbildung 2: **InnoÖko** Ausschnitt der Einflussmatrix der Sensitivitätsanalyse nach Vester

Um eine Bewertung für das Systemvariablenpaar vorzunehmen, muss folgende Frage beantwortet werden. Wie stark verändert sich Systemvariable Y, wenn ich Systemvariable X verändere? [2]

Dabei bedeuten die Zahlen für die Bewertungsstufen:

- ± 3 : Kleine Aktionen der Systemvariable X haben eine sehr große Wirkung auf Systemvariable Y

- ± 2 : Aktionen der Systemvariable X haben gleich starke Aktionen der Systemvariable Y zur Folge
- ± 1 : Starke Aktionen der Systemvariable X haben sehr kleine Wirkung auf Systemvariable Y
- 0: Keine oder sehr schwache oder zeitverzögerte Wirkung von X auf Y

Die Einschätzung der Einflüsse der Systemvariablen, 0 bis ± 3 , auf das System sind abgeleitet aus der Studie des Bundesumweltministeriums und wurden durch einen Expertenkreis im Rahmen des Konsortiums des Forschungsprojektes CirQuality OWL evaluiert. Die vollständige Einflussmatrix der Innovationsökosystem Studie ist mit den Bewertungen und Begründungen den Anlagen beigefügt.

Auf diese Weise kann die Einflussstärke der einzelnen Systemvariablen ermittelt werden. Wird die Zeile einer Systemvariable X aufsummiert, ergibt sich daraus die Aktivsumme (AS) — wie aktiv wirkt eine Systemvariable auf das System. Wird die Spalte einer Systemvariable Y aufsummiert, ergibt sich daraus die Passivsumme (PS) — wie stark wird auf diese Systemvariable eingewirkt. Aus den AS und PS können dann mithilfe folgender Formeln die Aktivität (Q-Wert) und die Interaktion (P-Wert) einer Systemvariable ermittelt werden [2].

Aktivität: $Q = AS / PS$ (1)

Interaktion: $P = AS * PS$ (2)

Mit Hilfe dieser Berechnungen lassen sich die Systemvariablen dann nach Wirkung auf das System in aktive, reaktive, kritische oder puffernde Elemente einordnen.

- Aktives Element: Systemvariablen mit hohem Q-Wert haben eine große Wirkung auf die Systemvariablen, werden aber nicht stark beeinflusst. Somit eignen sich aktive Elemente dazu, dass System zu steuern.
- Reaktives Element: Systemvariablen mit niedrigem Q-Wert beeinflussen andere Systemvariablen nur schwach, werden aber stark von anderen beeinflusst. Reaktive Elemente eignen sich somit besonders gut als Indikatoren — an ihnen lässt sich also gut erkennen, wenn sich etwas im System verändert.
- Kritisches Element: Systemvariablen mit hohem P-Wert verändern sich stark, wenn auf sie eingewirkt wird, und haben auch starke Auswirkungen auf das

System. Wenn kritische Systemvariablen in einen positiven Regelkreis eingebunden werden, kann ein Motor für das System entstehen. Die Einflussnahme muss aber bedacht und sensibel erfolgen.

- Pufferndes Element: Systemvariablen mit niedrigem P-Wert haben nur sehr schwache Auswirkungen im System und können Zeitverzögerungen in der Dynamik von Veränderungen hervorrufen.

Die Liste stellt jeweils die Extremformen da. In Realität hat jede Systemvariable eine Ausprägung hin zu einem oder mehreren dieser Extremformen.

Aufbauend auf diesen Berechnungen kann dann die Rollenverteilung der Systemvariablen durchgeführt werden. Tabelle 2 zeigt die Systemvariablen und deren Rollenverteilung, zur besseren Übersicht.

Tabelle 2: InnoÖko Systemvariablen und deren Rollenverteilung

1	Abfallwirtschaft	kritisch
2	Unternehmen	kritisch
3	Anzahl Dienstleister wächst	aktiv
4	Handel	kritisch
5	Energieversorger	reaktiv
6	Zivilgesellschaft / Haushalte	kritisch
7	Bildungs- und Forschungssystem	aktiv
8	Politisches System	aktiv
9	Rechtssystem	aktiv
10	Branchennetzwerke	kritisch
11	Wirtschaftsverbände	aktiv
12	NGOs / Soziale Initiativen	puffernd
13	Gründungsförderung	aktiv
14	Rohstoffbörsen	puffernd
15	Standards und Normen	aktiv
16	Erzeugung neuen Wissens	aktiv
17	Entstehung neuer Märkte	kritisch
18	Gründung von Unternehmen	aktiv
19	Einführung neuer Geschäftsmodelle	aktiv
20	Wissensentwicklung und Diffusion	kritisch
21	Fortschreitende Digitalisierung	aktiv
22	Nachhaltiger Umgang mit Ressourcen	reaktiv
23	Technologische Innovationen	aktiv
24	Institutionelle Innovationen	aktiv
25	Soziale Innovationen	puffernd
26	Gesellschaftlichen Akzeptanz	kritisch
27	Forschungsprojekte	aktiv

In Abbildung 3 ist die Einstufung der Systemvariablen graphisch dargestellt.

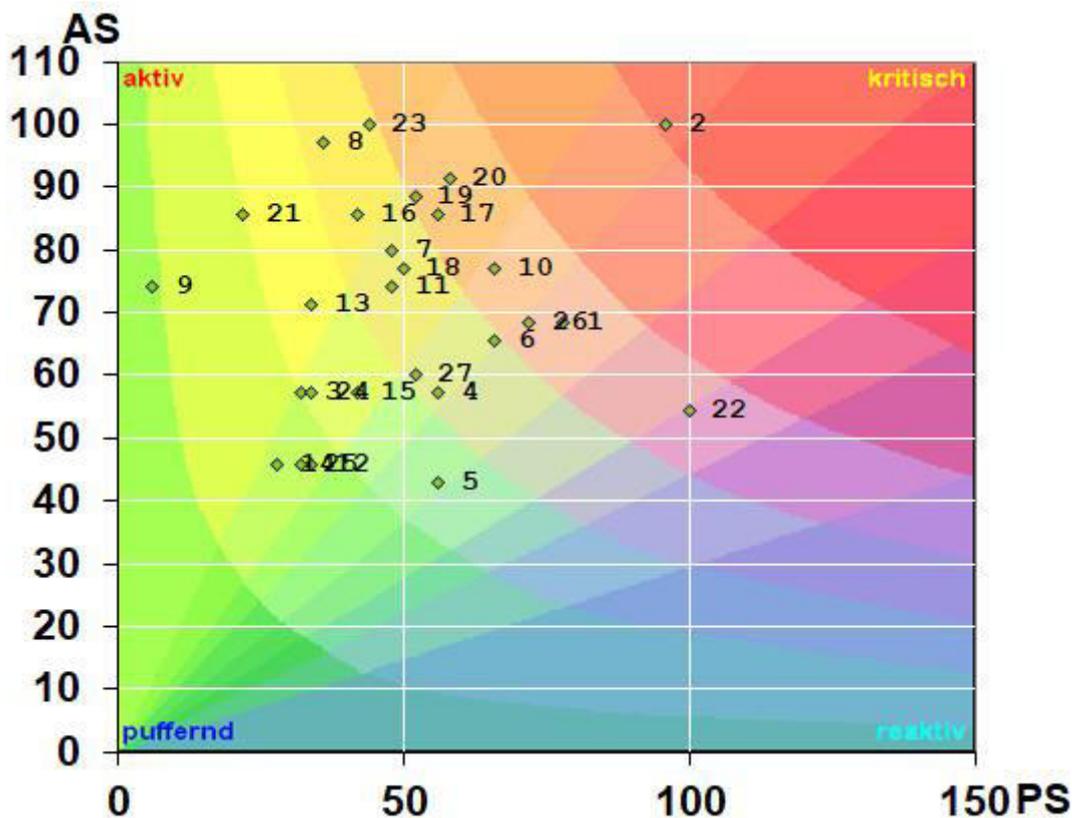


Abbildung 3: *InnoÖko* Graphische Darstellung der Rollenverteilung der Systemvariablen

Über die Rollenverteilung der Systemvariablen kann eine Aussage über die Eigenschaft dieser auf das Gesamtsystem gemacht werden. Systemvariablen im reaktiven Bereich sind gute Indikatoren dafür, wie sich Veränderungen auswirken. Wenn eine Maßnahme ergriffen wird und die Wirksamkeit dieser Maßnahme untersucht werden soll, können die reaktiven Systemvariablen im System als Indikatoren dafür betrachtet werden. Systemvariablen, die im aktiven Bereich einsortiert sind, stellen wirksame Hebel da, um Veränderungen im System zu bewirken. Systemvariablen in der Pufferzone haben keine große Wirkung und bieten auch kaum Optionen, um Informationen über das System abzuleiten. Werden Systemvariablen im kritischen Bereich verändert, kann es zu sehr dynamischen Auswirkungen auf das System kommen, daher sind hier Veränderungen sensibel vorzunehmen.

Bisher wurden nur die einzelnen Systemvariablen betrachtet. Im nächsten Schritt werden die mehrdimensionalen Beziehungen der Systemvariablen in einen Gesamtzusammenhang gesetzt — dabei entsteht das Wirkungsgefüge.

Wesentlich ist dabei die Wirkung der Systemvariablen aufeinander und deren Rückkopplungen.

Unter Rückkopplung ist zu verstehen, welche Reaktion auf die Aktion erfolgt und welches Echo diese Reaktion im System auslöst. Als Beispiel ist hier das Räuber-Beute-System beschrieben:

- Population Füchse steigt → Population Hasen sinkt
- Weniger Hasen → Population Füchse sinkt
- Weniger Füchse → Population Hasen steigt
- Mehr Hasen → Population Füchse steigt
- ...

Das System ist stabil, da eine negative Rückkopplung vorliegt [2]. Um die Komplexität des Systems zu reduzieren, wurden für das Wirkungsgefüge nur wesentliche Systemvariablen eingebunden. Verwendet wurden die Systemvariablen mit dem höchsten Vernetzungsgrad (hoher P-Wert) — dies sind zumeist kritische Elemente. Zudem wurden nur Systemvariablen integriert, die einen starken (Einfluss = 3) oder zumindest gleich starken (Einfluss = 2) Einfluss auf andere Systemvariablen haben.

Tabelle 33 zeigt in grün hinterlegt die 17 Systemvariablen, welche für die Erstellung des Modells verwendet wurden. Die Berechnung der Interaktion-Werte P sind in der Einflussmatrix im Anhang nachzuvollziehen.

Tabelle 3: InnoÖko Systemvariablen und deren Interaktions-Wert

Bezeichnung	Interaktion: P=AS*PS
Unternehmen	1680
Nachhaltiger Umgang mit Ressourcen	950
Abfallwirtschaft	936
Wissensentwicklung und Diffusion	928
Branchennetzwerke	891
Gesellschaftlichen Akzeptanz	864
Entstehung neuer Märkte	840
Einführung neuer Geschäftsmodelle	806
Technologische Innovationen	770
Zivilgesellschaft / Haushalte	759
Gründung von Unternehmen	675
Bildungs- und Forschungssystem	672
Erzeugung neuen Wissens	630
Wirtschaftsverbände	624
Politisches System	612
Handel	560
Forschungsprojekte	546

Gründungsförderung	425
Energieversorger	420
Standards und Normen	420
Institutionelle Innovationen	340
Fortschreitende Digitalisierung	330
Anzahl Dienstleister wächst	320
NGOs / Soziale Initiativen	272
Soziale Innovationen	256
Rohstoffbörsen	224
Rechtssystem	78

Das Wirkungsgefüge der Systemvariablen wurde mit Hilfe der Software „iModeler“ visualisiert und berechnet [1].

Abbildung 4 stellt das Wirkungsgefüge des Systems aus den 17 ausgewählten Systemvariablen gemäß Tabelle 3 dar. Die grau hinterlegten Pfeile befinden sich im Hintergrund, haben aber die gleiche Wirkung oder Gewichtung wie die schwarzen Pfeile. Die Systemvariable Unternehmen ist im Fokus und daher blau umrandet. Insgesamt bestehen 113 Wechselwirkungen (4 negative und 109 positive).

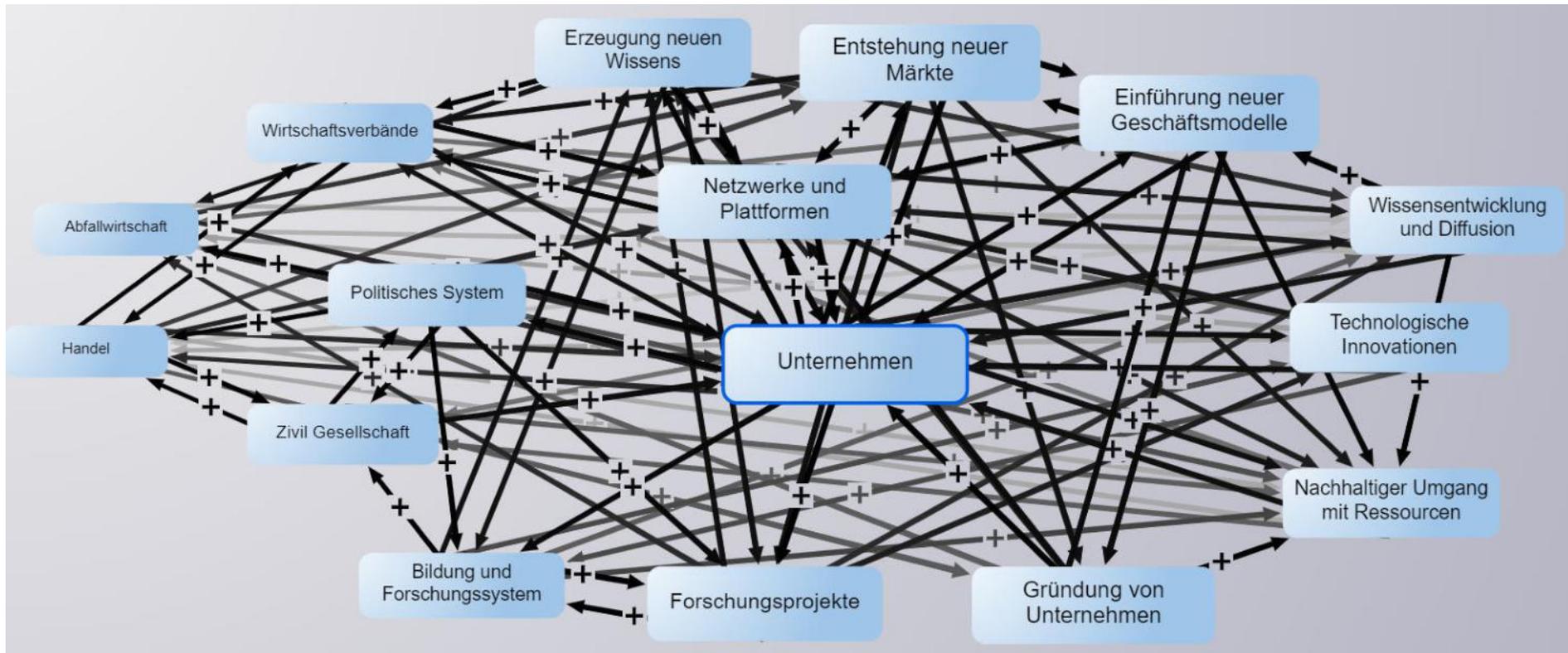


Abbildung 4: **InnoÖko** Wirkungsgefüge des Innovationsökosystems für 17 ausgewählten Systemvariablen visualisiert mit der Software iModeler.

Bewirkt der Anstieg einer Systemvariablen den Rückgang einer anderen Systemvariable, so handelt es sich um eine negative Rückkopplung (-). Eine gleichläufige Beziehung bedeutet hingegen: Systemvariable A steigt und dies führt dazu, dass auch Systemvariable B steigt (+). Eine große Anzahl von Rückkopplungen ist charakteristisch für ein autarkes System [2].

Mit dem dargestellten System können nun Simulationen, mit dem iModeler, durchgeführt werden. Dabei werden bis zu 10 Iterationsschritte durchgeführt, um entsprechende Rückkopplungen sichtbar zu machen. Die Iterationsschritte spiegeln den zeitlichen Verlauf wider — je mehr Iterationsschritte, desto weiter in der Zukunft liegt das Ergebnis. Genaue Zeitangaben sind dabei nicht möglich, sondern nur grobe Einstufungen in kurz-, mittel- und langfristig.

Abbildung 1 zeigt den kurzfristigen Einfluss der einzelnen Systemvariablen auf die Systemvariable „Unternehmen“.



Abbildung 5: *InnoÖko Einfluss der Systemvariablen auf Unternehmen – kurzfristig*

Auf der x-Achse ist der Einfluss auf die Systemvariable „Unternehmen“ zu sehen. Kurzfristig ist das Entstehen neuer nachhaltiger Märkte der größte Einflussfaktor auf die Unternehmen. Wenn in den neuen Märkten bspw. recycelte Materialien genutzt werden, wäre das ein neuer Absatzmarkt.

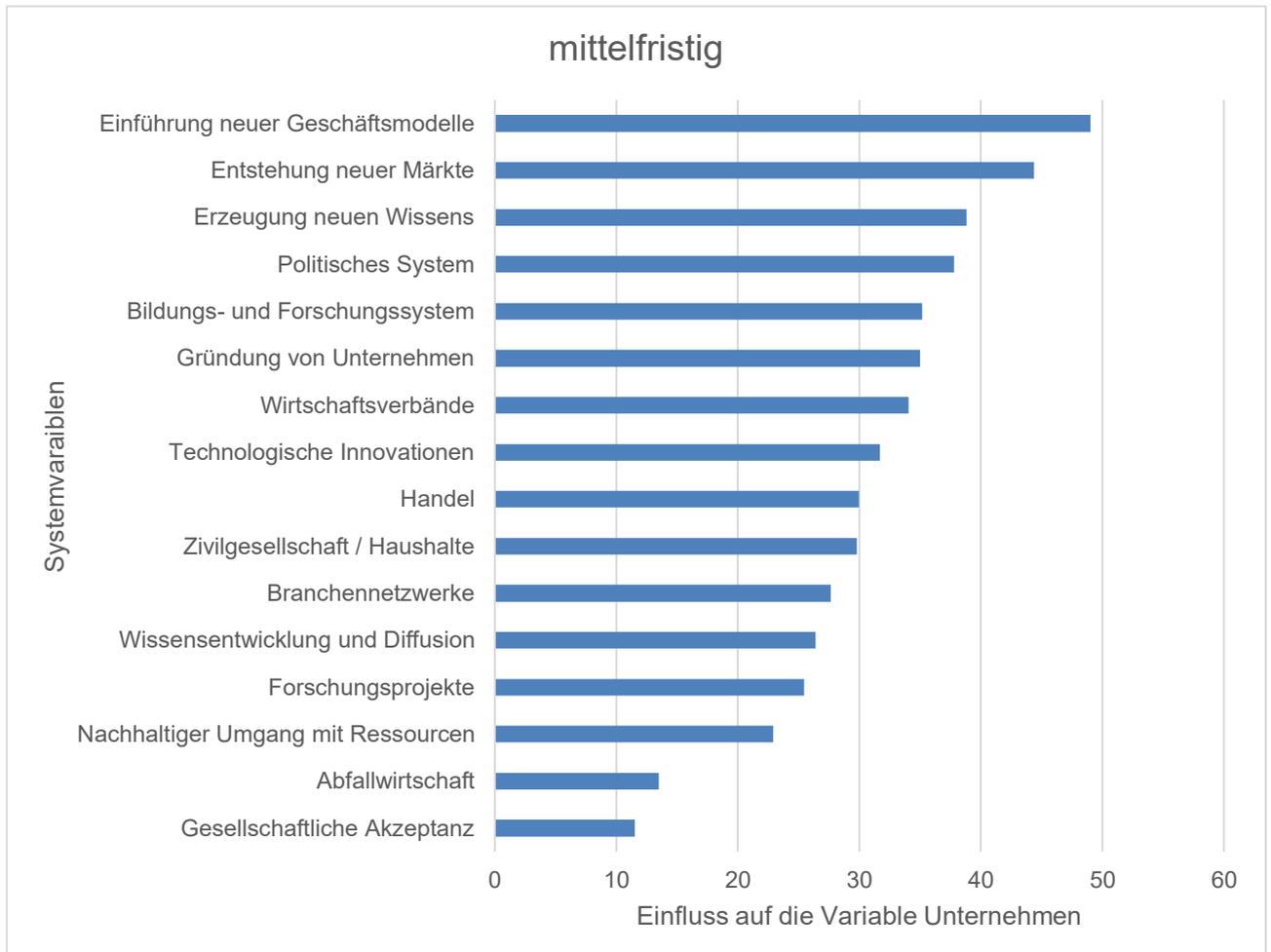


Abbildung 6: InnoÖko Einfluss der Systemvariablen auf Unternehmen – mittelfristig

Abbildung 6 zeigt, dass mittelfristig neue Geschäftsmodelle für ein Unternehmen ein wichtiger Einflussfaktor werden. Neue servicebasierte Geschäftsmodelle sind häufig nicht einfach umzusetzen, bringen aber viele Vorteile. Bspw. Schließen des Materialkreislafs durch die Rücknahme der Produkte, Auswerten der Nutzungsdaten und darauf aufbauende Verbesserungen in der Entwicklung und eine engere Kundenbindung.

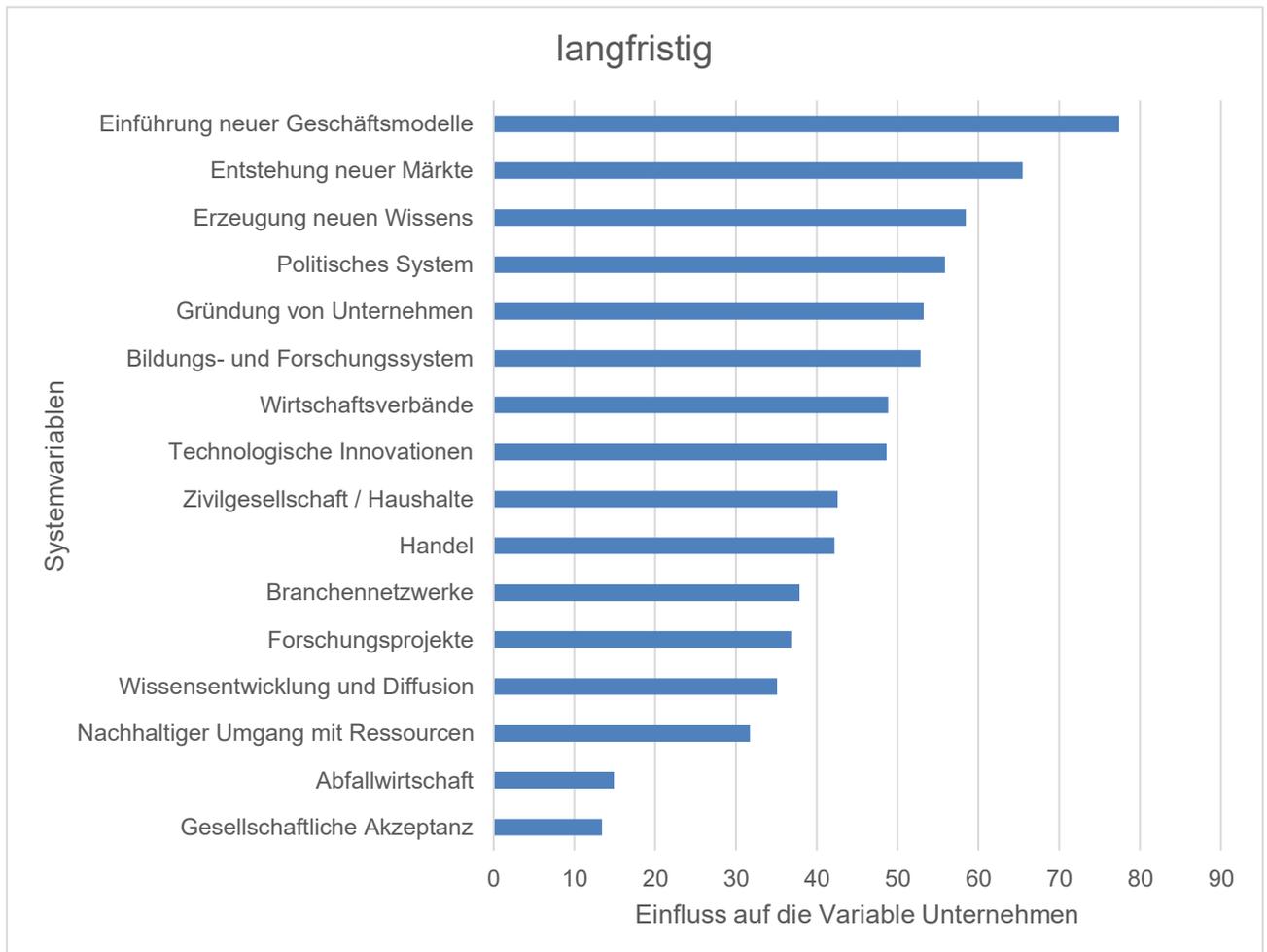


Abbildung 7: **InnoÖko Einfluss der Systemvariablen auf Unternehmen – langfristig**

In der langfristigen Perspektive, Abbildung 7, ändert sich nicht mehr viel. Die Bedeutung neuer Geschäftsmodelle kristallisiert sich weiter aus.

Über Rückkopplungen ist der Einfluss von Unternehmen auf sich selbst der größte Einflussfaktor. Was bedeutet, dass die Transformation aus dem Unternehmen heraus viele positive Auswirkungen auf andere Systemvariablen hat, die im nächsten Iterationsschritt dann wieder die zirkuläre Transformation der Unternehmen positiv beeinflussen. Damit die weiteren Einflussfaktoren besser sichtbar werden, ist der Punkt der Unternehmen nicht in den Grafiken aufgeführt.

Wenn Unternehmen die Transformation zur CE umsetzen, hat dies viele positive Effekte auf viele weitere Systemvariablen. Diese positiven Auswirkungen erzeugen in den nächsten Iterationsschritten positive Rückkopplungen auf die Systemvariable „Unternehmen“. Somit hat indirekt die Systemvariable „Unternehmen“ den stärksten Einfluss auf sich selbst. Das System enthält sehr viele positive Rückkopplungen. Nach Vester ist dieses System instabil, denn ein stabiles System bedarf vieler negativer

Rückkopplungen – wie in dem Beispiel mit der Fuchs- und Hasenpopulation.

Nach diesem Ansatz sollen aber Hebel für CE identifiziert werden, um schnell Fortschritte in der Transformation zu erreichen. Es zeigt sich, dass sich das System positiv verstärkt. Vor allem, wenn Unternehmen nachhaltiger werden, hat dies auf lange Sicht den stärksten Effekt auf das System. Es ist aber nicht absehbar, wie sich das System wieder einpendelt bzw. kollabiert. Es ist wichtig, das System nach einer starken Selbstverstärkung zu stabilisieren und auf ein organisches Wachstum hinzusteuern – der sich selbst verstärkenden Spirale entgegensteuern. Bspw. mit entsprechenden gesetzlichen Regelungen.

Darüber hinaus muss beachtet werden, dass die Einflusswirkung der Systemvariablen eventuell angepasst werden muss und in diesem Ansatz zu positiv eingestellt wurde. Dies bedeutet, dass die Expertengruppe, welche die Systemvariable eingestellt hat, zu klein oder nicht divers genug aufgestellt gewesen sein könnte. Die Expertengruppe hat die Einstellung der Systemvariablen nach dem Stand des Wissens im Oktober 2022 vorgenommen. Die Einstellung der Systemvariablen und die Begründung dafür sind im Anhang beigefügt und können Grundlage für weitere Studien sein. Beispielsweise wurde die Auswirkung der Systemvariable „Unternehmen“ auf die Systemvariable „Dienstleister“ mit 2 bewertet. Das bedeutet, dass je mehr Unternehmen sich zur CE hin transformieren, desto stärker wächst auch die Zahl der Unternehmen, die sich auf Dienstleistungen spezialisieren – product as a service Geschäftsmodelle. Die Wertung 2 bedeutet hierbei, dass bei einer Aktion von Systemvariable „Unternehmen“ eine gleichgroße Reaktion auf Systemvariable „Dienstleister“ ausgeübt wird. Transformiert sich ein Unternehmen hin zu dienstleistungsorientierten Angeboten, so wächst automatisch die Zahl der Dienstleister. Ein weiteres Beispiel ist die Auswirkung der Systemvariable „Unternehmen“ auf die Systemvariable „Handel“. Diese wurde mit 1 bewertet. Je zirkulärer die Unternehmen in allen Bereichen wirtschaften wollen, desto größer wird der Druck auf den Handel, ebenfalls zirkulärer zu agieren. Dabei bedeutet die Wertung 1 in diesem Fall, dass eine starke Änderung bei der Systemvariablen „Unternehmen“ eine kleine oder schwache Auswirkung auf die Systemvariable „Handel“ ausübt.

Des Weiteren werden die identifizierten Schwachpunkte aus der Studie des **Umweltbundesamtes** analysiert und in den Kontext des erstellten Systems gesetzt.

Laut der Studie des Umweltbundesamtes ist ein kritischer Punkt zur Überwindung der Hürden hin zu einem dynamischeren Innovationsökosystem, das neue Märkte für Sekundärrohstoffe entstehen und das Unternehmen beginnen mit service-orientierten Geschäftsmodellen zu experimentieren [3].

Diese Aussage lässt sich mit dieser Studie bestätigen. Das Experimentieren mit neuen Geschäftsmodellen wird kurzfristig noch nicht den maßgeblichen Erfolg bringen. Mittel- und langfristig ist es aber ein wichtiger Schritt. Die Entstehung neuer Märkte ist vor allem in der Anfangsphase die Systemvariable, die den größten Einfluss auf die Unternehmen ausübt.

Die Studie des Umweltbundesamtes stuft das Innovationsökosystem im Kontext CE in Deutschland als System mit geringer Dynamik ein. Die Transformation steht noch am Anfang [3]. Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass viele positive Rückkopplungen in dem Innovationsökosystem vorliegen und das daher, nachdem die Transformation erst einmal angestoßen ist, eine starke Beschleunigung der Transformation prognostiziert werden kann – was zu einem Kollaps des Systems führen kann. Vergleichbar ist der Prozess mit einer exothermen Reaktion, nachdem die Aktivierungsenergie hinzugefügt wurde, läuft der Prozess von selbst ab.

2.3 Phase C: Systemprüfung und Bewertung

Das in Kapitel 3.2 beschriebene Wirkungsgefüge ist die Grundlage für die Systemprüfung und eine weitere Betrachtung.

Um reale Wechselwirkungen gezielter Maßnahmen besser zu verstehen, werden an dieser Stelle zwei Teilszenarien genutzt. In einem Teilszenario werden nur die wesentlichen (3 bis 10) Systemvariablen des Systems eingesetzt.

Szenario 1 — Forschungsprojekte und Wissensdiffusion

Wie wirken sich kooperative Forschungsprojekte mit Fokus CE auf die CE Transformation von Unternehmen aus?

Dazu wurde das Wirkungsgefüge auf folgende Systemvariablen begrenzt:

- Branchennetzwerke
- Forschungsprojekte
- Unternehmen
- Nachhaltiger Umgang mit Ressourcen

- Neue Geschäftsmodelle
- Wissensentwicklung und Diffusion

Abbildung 8 zeigt das reduzierte Wirkungsgefüge für das Szenario 1.

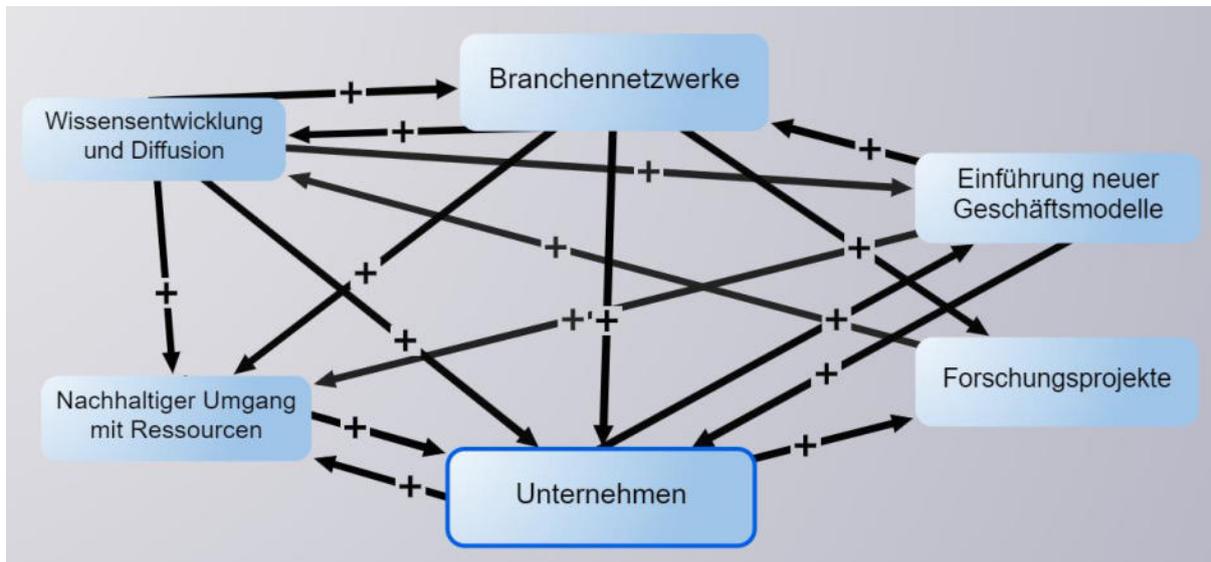


Abbildung 8: *InnoÖko* Wirkungsgefüge des Szenarios 1 – Forschungsprojekte und Wissensdiffusion

Ziel dieser Szenario-Betrachtung ist es, zu analysieren, ob Forschungsprojekte mit interdisziplinären Projektteams, bestehend aus Branchennetzwerken und Forschungseinrichtungen, einen Hebel für die Transformation hin zur CE darstellen.

Es ergeben sich folgende Einflüsse der einzelnen Systemvariablen:

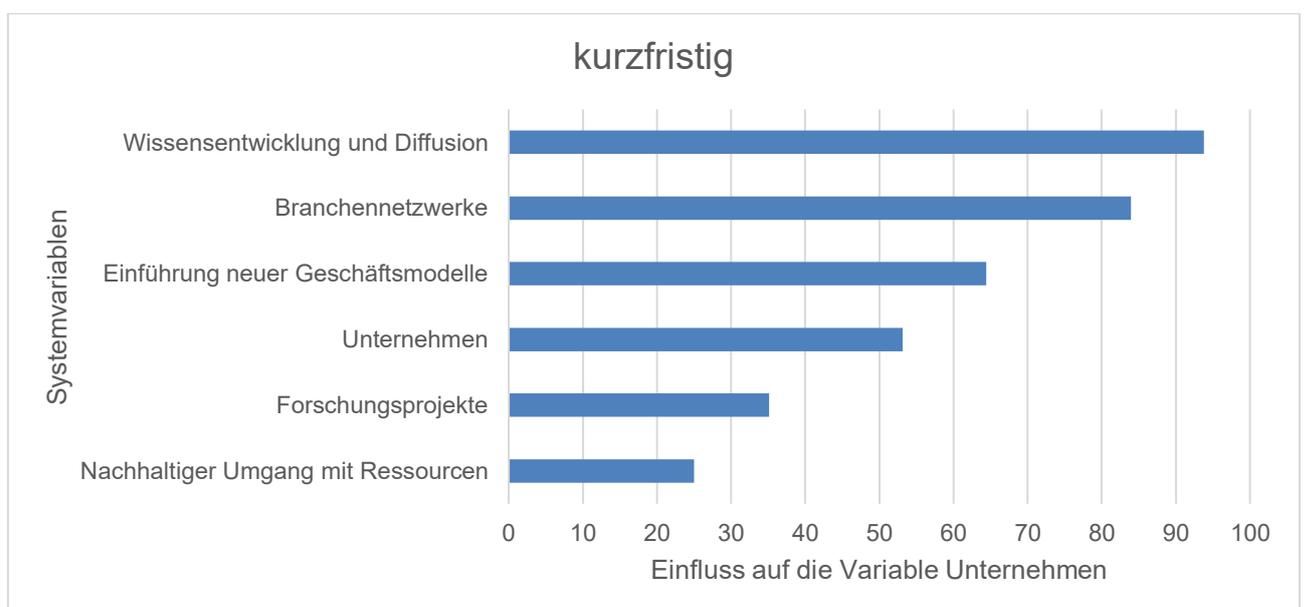


Abbildung 9: *InnoÖko* Einfluss der Systemvariablen aus dem Szenario Forschung auf Unternehmen – kurzfristig

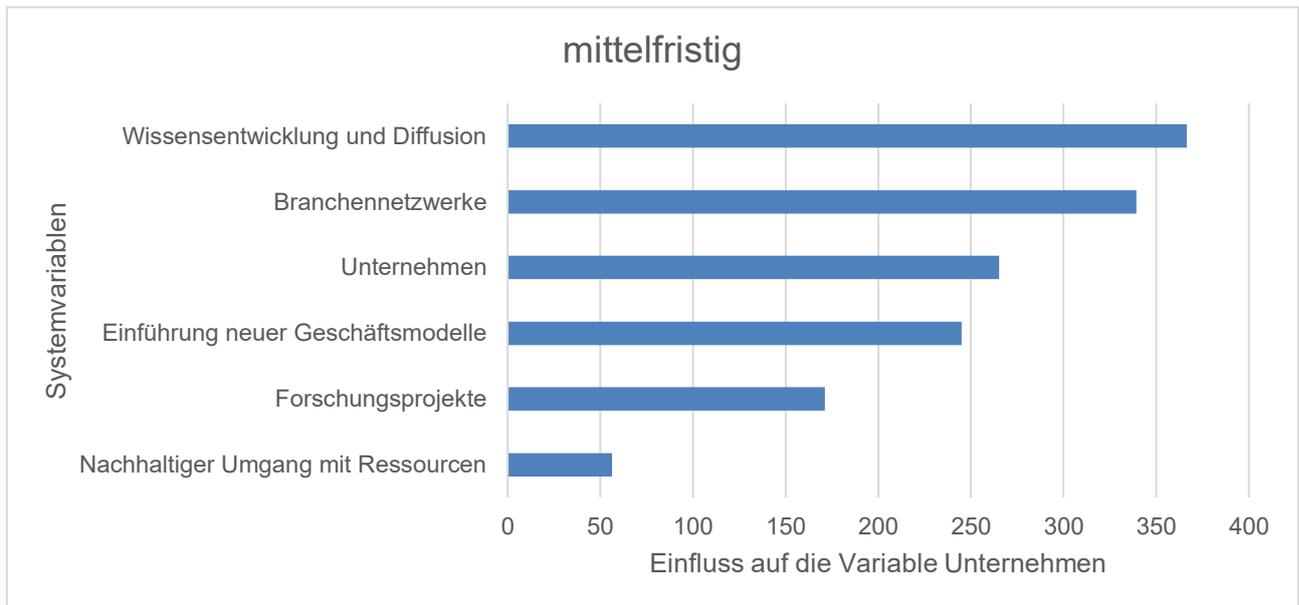


Abbildung 10: *InnoÖko Einfluss der Systemvariablen aus dem Szenario Forschung auf Unternehmen – mittelfristig*

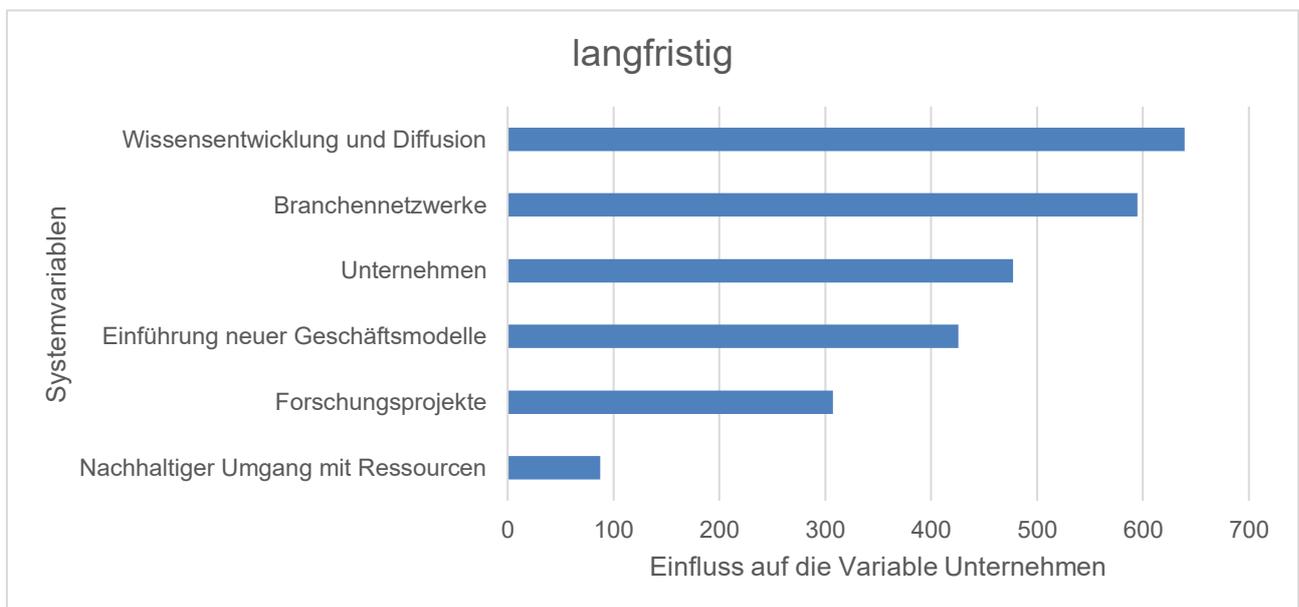


Abbildung 11: *InnoÖko Einfluss der Systemvariablen aus dem Szenario Forschung auf Unternehmen – langfristig*

In den Abbildungen 9 bis 11 wird ersichtlich, dass sich der Einfluss der Systemvariablen nicht bedeutend verändert. Mittel- und langfristig schiebt sich lediglich die Systemvariable „Unternehmen“ eine Position nach vorne und verdrängt „Einführung neuer Geschäftsmodelle“ von dem dritten Rang.

Für dieses Szenario wird deutlich, dass die Wissensentwicklung und Diffusion eine entscheidende Rolle spielen. Branchennetzwerke tragen einen wichtigen Teil dazu bei,

sind aber nicht allein in der Lage, die Wissensentwicklung im Kontext der CE zu bewältigen. Es braucht also das Zusammenspiel aus Wissenschaft und Transfer, um die gewünschte Transformation von Unternehmen hin zur CE zu schaffen. Auffällig ist, dass die Einführung neuer Geschäftsmodelle mittel und langfristig eine Position nach unten rutscht — die Systemvariable „Unternehmen“ also einflussreicher wird. Dies lässt sich über die positiven Rückkopplungen der Systemvariable „Unternehmen“ erklären. Forschungsprojekte üben ebenfalls eine positive Rückkopplung aus, sind aber an Position fünf weniger wirkungsstark. Auch in diesem Teilszenario sind sehr viele positive Rückkopplungen im System zu finden. Dies führt wieder zu einem instabilen sich selbst verstärkenden System.

Auch die Studie des **Umweltbundesamtes** unterstreicht die Wichtigkeit von Wissenstransfer und Diffusion von Innovationen aus verschiedensten Bereichen – bspw. Recyclingquoten, Repaircafés oder auch technologische Innovationen [3]. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass diese Innovationen auf Kooperationen interdisziplinärer Teams beruhen [8].

Szenario 2 — Fortschreitende Digitalisierung

Wie wirkt sich die fortschreitende Digitalisierung auf die CE-Transformation von Unternehmen aus?

Dazu wurde das Wirkungsgefüge auf folgende Systemvariablen begrenzt:

- **Abfallwirtschaft:** Digitale Material- und Produktpässe werden entwickelt und sorgen für ein leichteres Recycling.
- **Unternehmen:** Materialanalysen, Monitoring und KI ermöglichen eine nachhaltigere Produktion und verbesserte Produktentwicklung.
- **Zivilgesellschaft:** Durch Apps wie „too good to go“ oder „Codecheck“ werden die Verbraucher durch Transparenz und neue Geschäftsmodelle dazu in die Lage versetzt, nachhaltiger zu handeln.
- **Einführung neuer Geschäftsmodelle:** Die Digitalisierung wird als Enabler für die Einführung neuer Geschäftsmodelle gesehen. Erst mit einem vernetzten Produkt, werden product as a service Geschäftsmodelle möglich.
- **Fortschreitende Digitalisierung:** Die Entwicklungen und Erkenntnisse der Digitalisierung können Enabler für viele CE-Anwendungen werden.

Abbildung 12 zeigt das Wirkungsgefüge des Szenarios „Digitalisierung auf Unternehmen“.

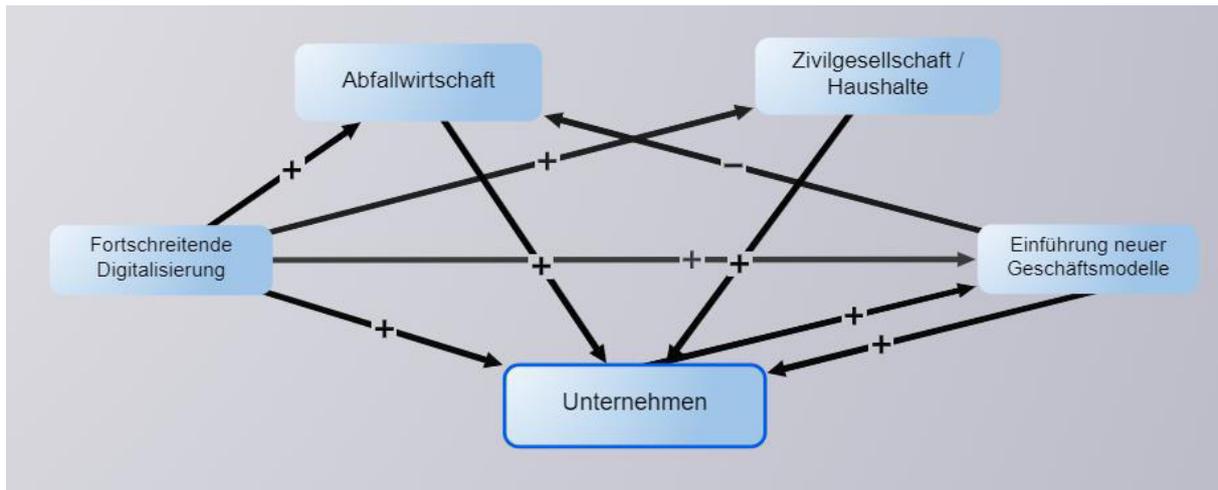


Abbildung 12: *InnoÖko* Wirkungsgefüge des Szenarios 1 – fortschreitende Digitalisierung

Alle Systemvariablen sind miteinander vernetzt. Die Einflüsse der Digitalisierung auf die einzelnen Systemvariablen sind in den nachfolgenden Abbildungen visualisiert:

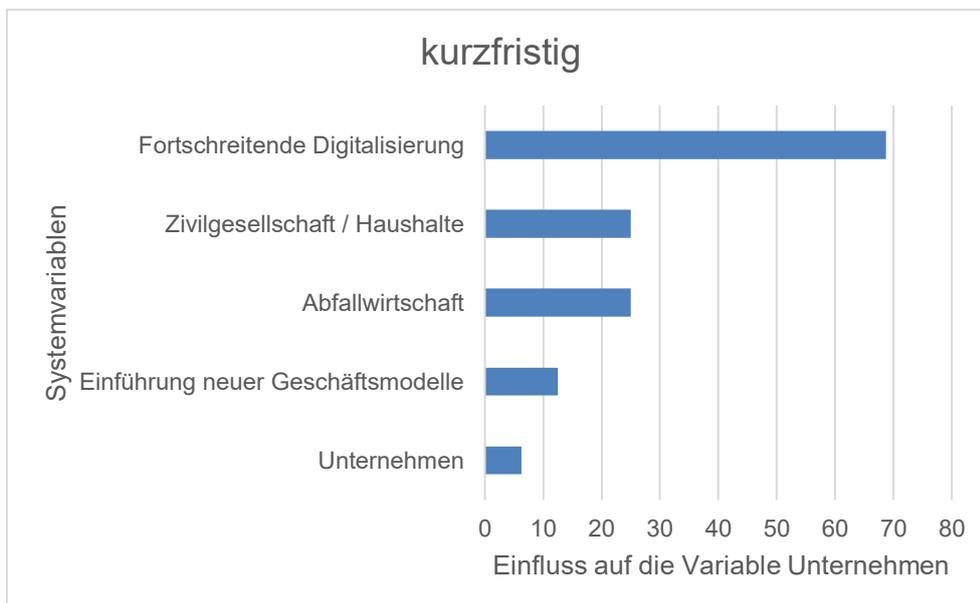


Abbildung 13: *InnoÖko* Einfluss der Systemvariablen aus dem Szenario fortschreitende Digitalisierung auf Unternehmen – kurzfristig

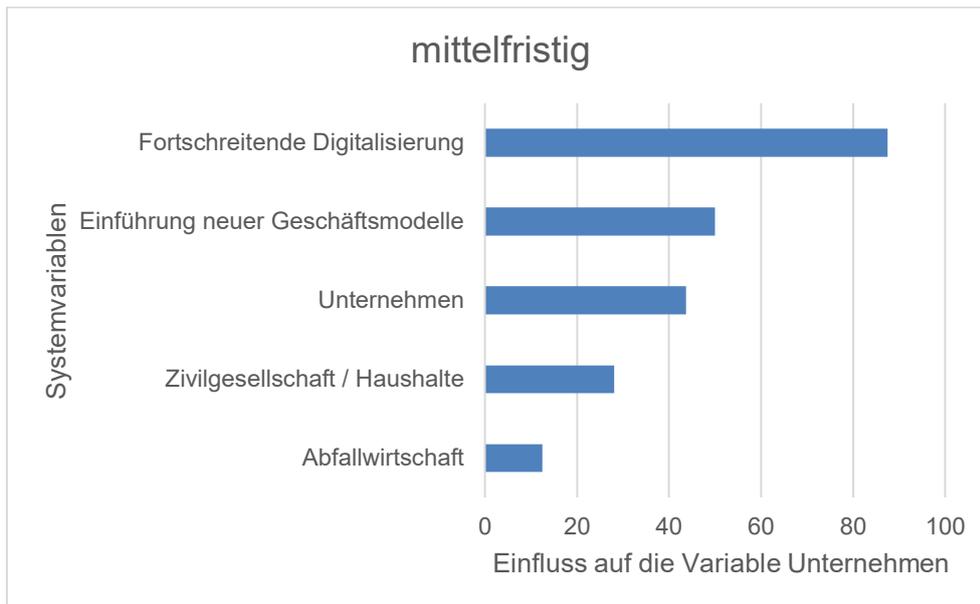


Abbildung 14: **InnoÖko** Einfluss der Systemvariablen aus dem Szenario fortschreitende Digitalisierung auf Unternehmen – mittelfristig

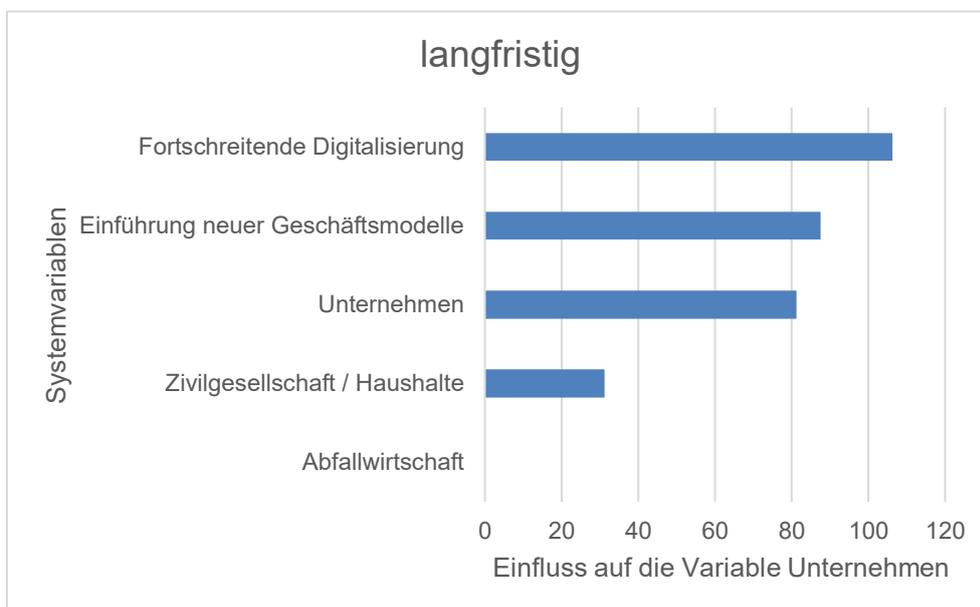


Abbildung 15: **InnoÖko** Einfluss der Systemvariablen aus dem Szenario fortschreitende Digitalisierung auf Unternehmen – langfristig

Abbildungen 13-15 zeigen, dass die fortschreitende Digitalisierung ein Enabler für die Transformation von Unternehmen hin zur CE sein kann. Technologien wie der digitale Zwilling, KI, Predictive Maintenance oder das Internet der Dinge machen product as a service Geschäftsmodelle erst möglich.

Durch die Einführung neuer zirkulärer Geschäftsmodelle werden Produkte langlebiger, reparierbar und recycelbar. Die Restmüllmenge wird deutlich reduziert. Dies hat eine negative Rückkopplung für die Abfallwirtschaft zur Folge.

Die Abfallmenge wird in diesem Szenario durch die fortschreitende Digitalisierung und die sensibilisierte Bevölkerung drastisch reduziert. Das hat einen starken Einfluss auf „Abfallwirtschaft“. Diese muss zur Wertstoffwirtschaft transformiert werden und wird deutliche Veränderungen erleben — das Geschäftsmodell und die Prozesse müssen sich grundlegend wandeln.

Unternehmen fordern einen stärkeren Ausbau der Digitalisierung und sind unter Umständen auch an Entwicklungsprojekten beteiligt, haben aber nicht unbedingt einen Hebel.

Insgesamt bietet die fortschreitende Digitalisierung eine große Chance, die Transformation zu beschleunigen oder gewisse Elemente erst zu ermöglichen. Dennoch muss beachtet werden, dass durch die Digitalisierung Produkte komplexer gemacht werden. Dies kann zu kürzeren Lebensdauern, erschwertem Recycling oder mehr Abfallströmen führen. Diese Technologien sind also ein zweischneidiges Schwert.

3. Ökosystem — Lebensmittelverarbeitung in OWL

Kapitel 2 hat das gesamte Innovationsökosystem in Deutschland analysiert. Im nachfolgenden Kapitel wird nun die lebensmittelverarbeitende Branche in OWL im Detail untersucht, um einen Einblick in einen kleinen Teil des Ökosystems zu erhalten. Zudem werden Beispiele gegeben, wie die Transformation der Unternehmen in Gang gesetzt werden könnte.

In dieser Studie wurde ein systematischer Circular-First-Check durchgeführt, um Einblicke in das Ökosystem der lebensmittelverarbeitenden Industrie zu erhalten. Dazu haben FPI und das ITES einen Fragebogen für die lebensmittelverarbeitende Industrie entworfen, der als Gesprächsleitfaden diente. Die Experteninterviews sind mit Unternehmen aus den Bereichen Fleischverarbeitung, Gemüseverarbeitung und Lebensmittelherstellung geführt worden.

Die Gespräche wurden im Nachgang von FPI und ITES aufgearbeitet und mit den Unternehmen in einem Nachgespräch diskutiert. Auf dieser Grundlage konnte eine Ist-Analyse hinsichtlich CE für das Unternehmen durchgeführt werden.

Im Ergebnis lässt sich festhalten, dass viele KMUs die Ideen und Geschäftsmodelle einer CE noch nicht umsetzen. Alle beteiligten Unternehmen sind aber stark daran interessiert, die Nachhaltigkeit im Unternehmen zu verbessern.

Aufbauend auf der Ist-Analyse wurden dann weitere Handlungsschritte definiert, die den beteiligten Unternehmen dabei helfen können, die Transformation hin zu einer CE zu starten oder fortzuführen. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurde das Ökosystem lebensmittelverarbeitende Industrie beschrieben.

In

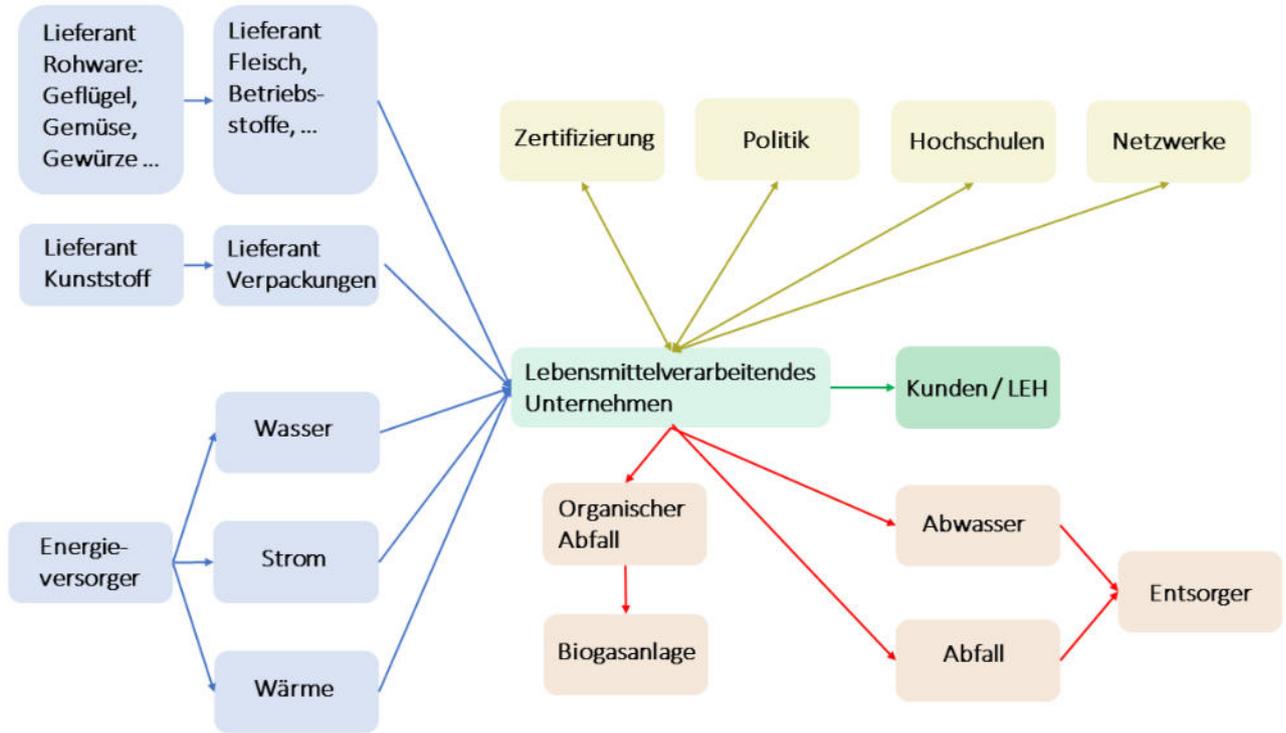


Abbildung 16

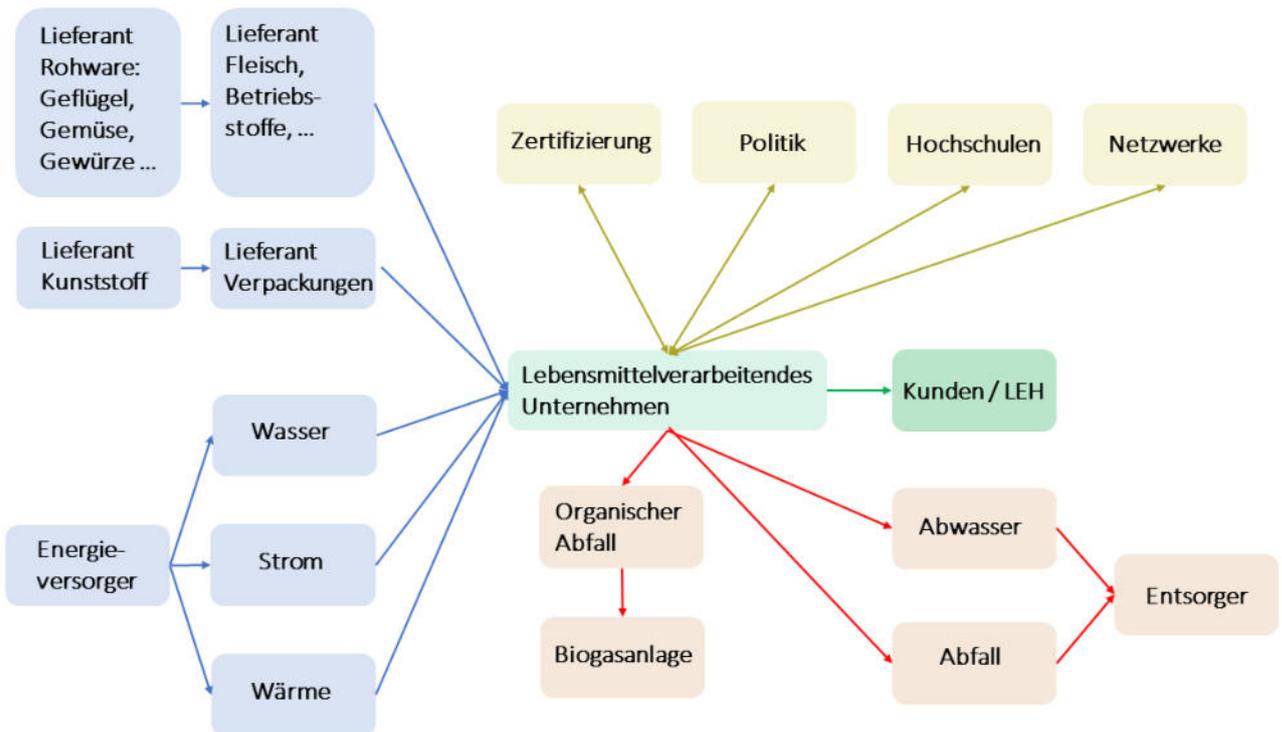


Abbildung 16 ist das Ökosystem eines lebensmittelverarbeitenden Unternehmens, mit

den relevanten Systemvariablen dargestellt. Dabei wurde hier keine Sensitivitätsanalyse nach Vester durchgeführt, sondern in Form von qualitativen Interviews, einem Circular-Erst-Check, Daten erhoben.

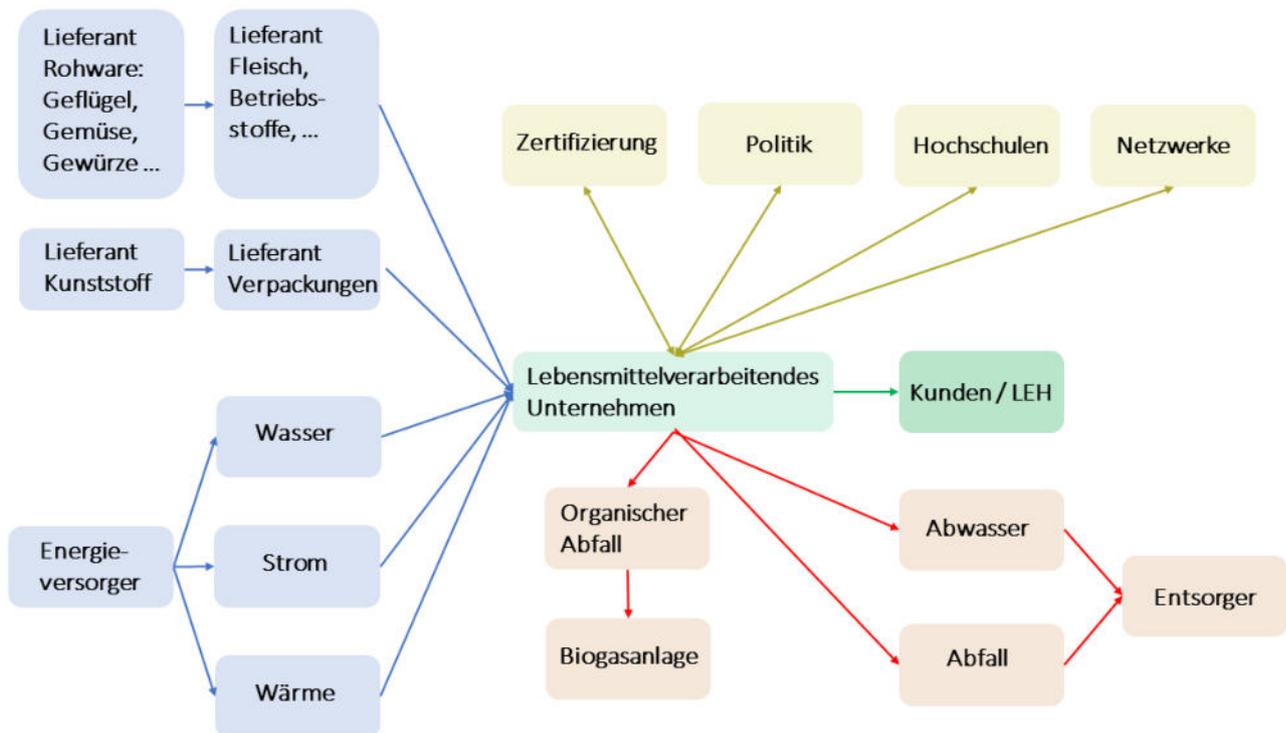


Abbildung 16: Circular Erst-Check Ökosystem — Lebensmittelverarbeiter OWL

Dabei ist das Unternehmen im Zentrum der Grafik dargestellt. Auf der linken Seite sind Lieferanten für Gemüse, Fleisch, Verpackungen und Betriebsstoffe sowie der Energieversorger abgebildet — also alle Material und Energieströme, die in das Unternehmen fließen. Diese sind in Blau dargestellt und ein blauer Pfeil zeigt den Material- bzw. Energiestrom.

Auf der rechten Seite sind die Kunden, in der Regel der Einzelhandel oder weitere Großkunden, abgebildet — grüner Pfeil. Die roten Pfeile, unterhalb des Unternehmens, zeigen Abfallströme, die entweder in einer Biogasanlage genutzt werden, oder vom Entsorger weiter sortiert und behandelt werden.

In Beige, oberhalb des Unternehmens, sind übergeordnete Akteure des Ökosystems abgebildet. Zertifizierungs- und Akkreditierungsorgane sind im Lebensmittelbereich außerordentlich wichtig. Kunden fordern häufig Qualitätsstandards und Zertifizierungen ermöglichen es, diese Kriterien nachzuweisen.

3.1 Zertifizierung

Im Weiteren werden die einzelnen Akteure des Ökosystems und Ihre Einflüsse beschrieben:

Beispiele sind an dieser Stelle:

- IFS Food Standard [9]
- QS — Prüfsystem für Lebensmittel [10]
- VLOG — Zertifikat [11]
- Bio Zertifizierung EU [12]
- ...

Zertifikate, die in die Richtung CE gehen, wie z. B. das Cradle to Cradle Zertifikat, sind nicht auf Lebensmittel anwendbar [13]. Die Verpackungen hingegen sind nach Cradle to Cradle zertifizierbar. Diese Zertifizierungen sollen Transparenz ermöglichen und Vertrauen in die Produkte und den Hersteller schaffen. Die meisten Zertifizierungen sind aus dem privatwirtschaftlichen Umfeld und nicht gesetzlich vorgeschrieben.

3.2 Politik

Die Politik gibt in Form von Gesetzen Rahmenbedingungen vor. Auch hier zeigt der beige Pfeil aus

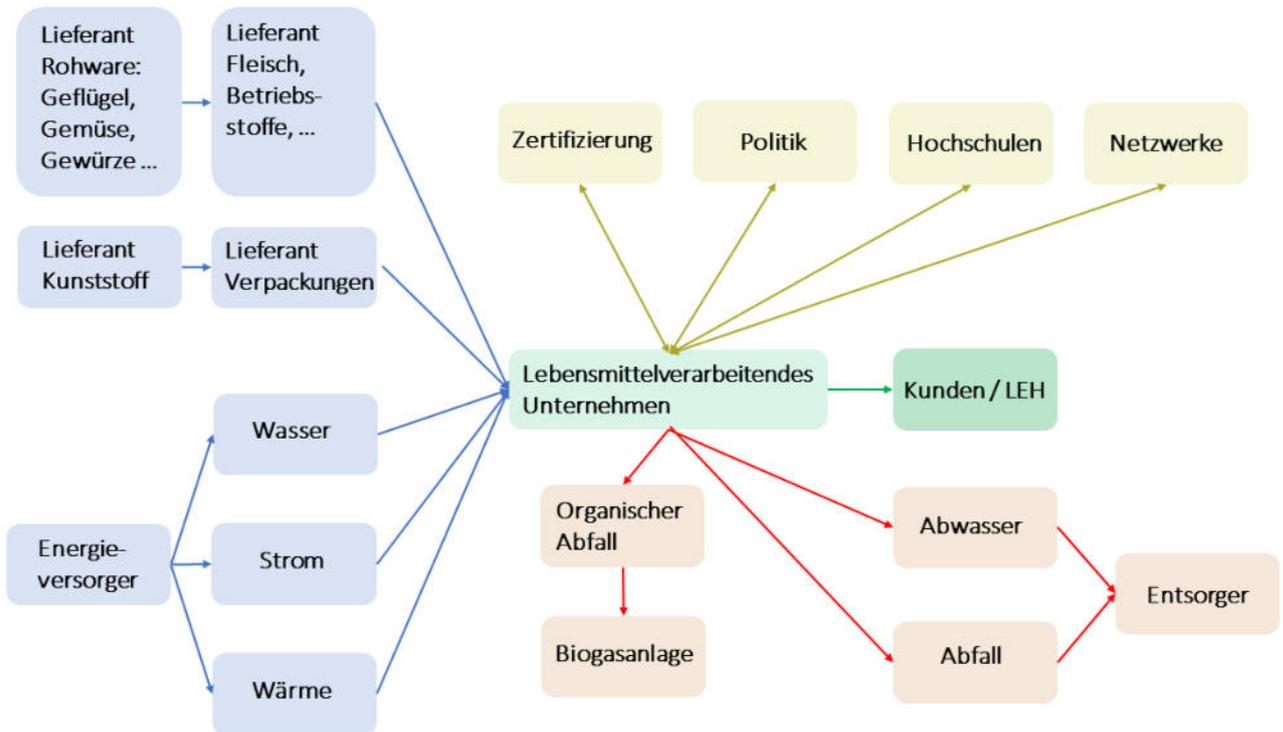


Abbildung 16 in beide Richtungen, da grundsätzlich auch eine Einflussnahme der Unternehmen auf die Politik möglich ist. Diesbezüglich spielen Lobbyverbände eine große Rolle. Dabei sind die unterschiedlichen politischen Ebenen zu beachten, EU-Ebene, Länder-Ebene oder auch internationale Ebene. Multinationale Unternehmen müssen in den Ländern, in denen sie aktiv sind, Gesetze einhalten und notwendige Änderungen umsetzen, z. B. das Deutsche Lieferkettengesetz [14].

3.3 Hochschulen

Seitens der Hochschulen sind Kooperationen auf verschiedenen Ebenen möglich. Für den niederschweligen Einstieg können studentische Projekte initiiert werden, um beispielsweise einen Entwurf für ein Energiemanagement oder eine CO₂-Bilanz auszuarbeiten. Auf diese Weise lernen die Studierenden an einem praktischen Anwendungsfall und die Unternehmen erhalten kreative Ideen für ihre konkreten Problem- und Fragestellungen. Umfangreichere Kooperationen in Form von Abschlussarbeiten bieten sich bei komplexeren Sachverhalten an, die über einen längeren Zeitraum bearbeitet werden sollen.

Um einen Transformationsprozess wirklich voran bringen zu können, bieten sich auf dieser Ebene Forschungsprojekte in Kooperation mit Hochschulen und Multiplikatoren an. Dabei geht es oft um die Umsetzung neuer Ideen und Konzepte, die mit einem

gewissen Risiko behaftet sind, potenziell aber einen großen Mehrwert bieten und auch für das Marketing genutzt werden können — als Vorreiter im Bereich CE und Nachhaltigkeit wahrgenommen werden.

3.4 Branchennetzwerke

Netzwerke sind im Ökosystem ein wichtiger Baustein, um Kontakt zu Unternehmen aus der gleichen Branche aufzubauen und sich auszutauschen. Zudem ist auch ein Austausch über Branchengrenzen hinweg möglich und potenzielle Partner, entlang der Stoff- und Produktströme, können gefunden werden. Zudem bietet sich im Netzwerk die Möglichkeit, über Trendthemen informiert zu werden.

3.5 Energieversorger

Ansatzpunkte im Bereich der Energieversorger sind vielfältig und abhängig von lokalen Faktoren. Der Wechsel von konventionellem zu einem „grünen“ Stromtarif ist in der Regel möglich und mit geringem Aufwand und Mehrkosten verbunden. Anbieter sind bspw. Stadtwerke oder Bürgerenergievereine.

Je nach Gegebenheiten kann aber auch der Anschluss des Unternehmens an eine lokale Biogasanlage möglich sein.

Eigene Projekte, wie die Errichtung eines BHKWs oder einer PV-Anlage sind mit großen Investitionen verbunden, können sich aber über einen Zeitraum von 10-15 Jahren rechnen.

Im Innovationsökosystem kann dazu in einem ersten Schritt eine Beratung von der Effizienzagentur NRW erfolgen oder studentische Projekte mit einer Hochschule durchgeführt werden, um einen ersten Überblick der Optionen und der damit verbundenen Aufwände zu erhalten. Studierende des Studiengangs Regenerative Energien der FH Bielefeld sind bspw. in der Lage Energiekonzepte für einen Standort zu erstellen und eine PV-Anlage mit Speicher auszulegen. Diese Ergebnisse sind als Handlungsempfehlung zu verstehen und ersetzen kein Planungs- und Beratungsbüro.

3.6 Zulieferer

Hinsichtlich der Zulieferer kann nach Möglichkeit darauf geachtet werden, dass es sich um regionale Zulieferer handelt. Außerdem können Kriterien wie bspw. das Tierwohl, ökologischer Anbau oder CO₂-arme Haltungsformen Kriterien sein, um einen Zulieferer auszuwählen.

Gewisse Zutaten wachsen aber nicht in Deutschland oder Europa und müssen aus dem Ausland eingeführt werden. Dort kann versucht werden, mit Partnern vor Ort nachhaltigere und sozialere Formen der Kooperation aufzubauen.

Darüber hinaus kann über Anpassungen des Rezeptes nachgedacht werden. Muss es der Knoblauch aus China sein oder kann auch Bärlauch oder Knoblauch aus Europa verwendet werden?

3.7 Endkunde

Der Endkunde erhält letztendlich das Produkt und die Verpackung. Daher sollte nach Möglichkeit auf der Verpackung ein Hinweis angebracht sein, wie das Produkt und die Verpackung zu entsorgen ist. Eine weitere Möglichkeit sind alternative Verpackungen, die leichter zu recyceln oder biologisch abbaubar sind. Des Weiteren sollte eruiert werden, ob ein Mehrwegsystemen aufgebaut werden kann.

3.8 Entsorger

Auch die Entsorger entwickeln sich weiter und können unter Umständen auch unreinigte Folien oder andere Abfälle aus dem Restmüll recyceln oder aufwerten.

Daher ist die Kommunikation mit dem Entsorger bezüglich Reduktion der Restabfallmenge sinnvoll. Bei so gut wie jedem Unternehmen fällt Abfall/Restmüll an. Diesen genau zu analysieren und letztendlich zu trennen ist wichtig, um ihn als Wertstoff weiter zu nutzen.

3.9 Biogasbetreiber

Viele Unternehmen aus der Lebensmittelbranche können Lebensmittelabfälle noch in Kooperation mit Biogasbetreibern weiter verwerten. Beispielsweise können Gemüsereste nach einem Schälprozess oder organische Abfälle aus der Schokoladenproduktion in der Biogasanlage verwertet werden.

Dies sind alles Beispiele, welche Rolle die einzelnen Akteure spielen können, um in den Bereichen zirkulärer zu werden.

Nachfolgendes Kapitel liefert Beispiele dafür, welche konkreten Anwendungen es in der Lebensmittelbranche bereits gibt.

4. Beispiele im Vergleich – Lebensmittelindustrie

Um nachhaltiger zu werden und in ein Innovationsökosystem einzusteigen, kann jedes Unternehmen etwas tun. In der Lebensmittelindustrie können das im ersten Schritt vier Maßnahmen sein. Eine Möglichkeit ist es bei der Verpackung darauf zu achten aus welchem Material dieses besteht, so dass die Plastikverpackung durch umweltfreundliches Material ersetzt werden kann. Weiterhin sollte darauf geachtet werden das so wenig Lebensmittel wie nötig in den Abfall gelangen. Worauf auch geachtet werden sollte, ist die Menge an Strom und Wasser, welche zur Verarbeitung genutzt wird. Daher soll hier möglichst effizient gearbeitet werden. Die vierte Maßnahme ist das nur nachhaltige Inhaltsstoffe dem Produkt hinzugefügt werden. Die Schritte in Richtung nachhaltiges und innovatives Ökosystem kommen natürlich auch einige Herausforderungen, welche überwunden werden müssen [15]:

1. Use eco-friendly packaging
2. Reduce food waste
3. Improve energy & water efficiency
4. Use sustainable ingredients

Bei Lebensmitteln gibt es verschiedene Wege nachhaltiger und im Sinne einer Kreiswirtschaft zu arbeiten. Gemüse Meyer setzt bereits viele Ansätze um. Alle Produkte kommen von regionalen Landwirten, welche ökologisch anbauen. Dazu kommt, dass zur Weiterverarbeitung der Produkte 73 % der Energie aus eigenen regenerativen Anlagen kommt. Um Ressourcen zu schonen, werden effiziente Verpackungs-Maschinen verwendet. So kann Plastikfolie eingespart werden. Lebensmittelreste werden in einer eigenen Biogasanlage verarbeitet und die überflüssige Wärme an das regionale Freibad geliefert [16]. Genauso wie Gemüse Meyer unterstützt auch das Unternehmen Gemüsering die regionale Biodiversität mit Blumenwiesen und Bienenvölkern. Gemüsering arbeitet auch mit der ZNU-Zertifizierung bei Gemüse und Obst zusammen, um als Vorreiter Klimaneutralität in der Lieferkette zu ermöglichen [17]. Um die Abfälle in der Produktion so klein wie möglich zu halten, werden bei Düpmann nahezu

100 % der Gemüseabschnitte in anderen Produkten weiterverwendet. Der Überhang an Produkten, die nicht verkauft werden konnten, werden zur örtlichen Tafel gebracht. Auch bei diesem Unternehmen wird mit eigener Photovoltaik-Anlage auf dem Dach der Stromverbrauch unterstützt und um ihn gering zu halten wird eine Wärmehückgewinnung aus der Kälte- und Kompressor-Technik genutzt [18]. Die Verpackung bei Gemüse und Obst ist oft noch Plastik, weshalb Multivac Group es sich es zur Aufgabe gemacht hat dies zu ändern. Multivac hat eine neue Verpackung entwickelt, welche aus Pappe besteht und trotzdem das Produkt gut schützt und gleichzeitig auch beschreibbar ist [19]. Eine optimierte Verpackung haben auch die Nudeln von Müller-nudel. Diese besteht aus 100 % kompostierbarem Graspapier. Der Plastik Klebestreifen wurde mit einem aus Papier ersetzt. Doch auch der Inhalt ist nachhaltig, denn alle Inhaltsstoffe kommen von biologischen Betrieben in der Region. Dazu kommt, dass der zur Herstellung gebrauchte Strom zu 90 % aus der eigenen PV-Anlage stammt [20]. Genauso nutzt auch Gemüsebau Steiner die eigene PV-Anlage, um $\frac{3}{4}$ des benötigten Stroms selbst zu produzieren. Um die Gewächshäuser zu erwärmen, nutzt das Unternehmen Erdwärme und die Abwärme aus der regionalem Biogasanlage [21]. Eine andere Herangehensweise ist das Forschungsprojekt HypoWave. Hier wird das Gemüse hydroponisch angebaut, also nur mit Wasser und flüssigen Nährstoffen – ein Substrat wie Erde ist nicht erforderlich. Diese Art von Anbau wird mit aufbereitetem Wasser durchgeführt, somit kann Wasser gespart werden [22].

Gute Beispiele in der Lebensmittelindustrie sind vier Unternehmen, die durch verschiedene Ansätze das Ziel haben Lebkuchen nachhaltiger zu machen. Das Unternehmen „Pfeffer & Frost“ konzentriert sich hierbei besonders auf die Verpackung und hat daher zu einer kompletten plastikfreien Lösung gewechselt. Hier wird zum einem eine Verpackung aus recyceltem Karton und zum anderen Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft verwendet. Als Alternative zur einfachen Plastiktüte gibt es die Lebkuchen auch in einer kompostierbaren Folie aus Maisstärke und Zellulose mit einem Schild aus Cradle to Cradle zertifiziertem Papier [23]. Auch das Unternehmen Lebkuchen Schmidt arbeitet daran möglichst nachhaltig zu sein. Deshalb nutzen Sie recyceltes Papier für Ihre Verpackung, kaufen Schokolade mit dem Fairtrade Siegel und Verpacken die Produkte möglichst platzsparend. Der Strom der für die Produktion gebraucht wird kommt hier aus regenerativen Energien [24]. Auch die Bäckerei Imhof kauft alle Rohstoffe, die sie nicht aus der Umgebung regional und biologisch beziehen können, Fairtrade. Somit haben die meisten Rohstoffe nur kurze Transportwege. Die

Bäckerei hat auch einen energieeffizienten Ofen, um weniger Strom zu verbrauchen. Durch ein gutes System hat die Bäckerei kaum Abfälle, denn anders als in den großen Bäckereien gibt es kein Vollsortiment bis zum Abend. Falls doch Produkte übrig bleiben werden diese entweder am nächsten Tag günstiger verkauft oder als Semmelbrösel in anderen Produkten wiederverwendet [25]. Die Lebkuchen-Welt nutzt um nachhaltiger zu sein das Zertifikat Grüner Punkt, womit das Unternehmen 1.848 kg CO₂-Äquivalente einspart [26].

Aufgrund des Klimawandels und der somit steigenden Temperaturen bedarf es immer mehr Eis. Dieses wird unter anderem zum Kühlen von Lebensmitteln und als Speiseeis benötigt. Das Speiseeis am Stiel wird meist einzeln verpackt. Dadurch ist der Plastikverbrauch sehr hoch. Unilever hat einen Eiskarton entwickelt, in dem das Eis nicht mit einer Kunststoffhülle versehen wird, sondern jedes Eis in einem Fach aus einer dünnen Polyethylen Schicht gelagert wird. Somit wird der Kunststoffverbrauch um etwa 35 % reduziert [27]. Eine weitere nachhaltige Eisverpackung ist der Metall Eisbecher von der healthy planet GmbH. Das Unternehmen verkauft ihr Eis in vollständig kompostierbaren Verpackungen inklusive eines Löffels aus Maisstärke [28]. Die Eisverpackung von Carte D'Or wurde um 23 % leichter, um so Kunststoff sparen zu können [29]. Der Trend in der Eisbranche geht zu veganen Eissorten. Außerdem wird in einigen Unternehmen die Regionalität der Zutaten beachtet.

Für die Kühlung von Lebensmitteln, unter anderem auf Fischmärkten, wurde von der University of California ein Eis entwickelt, das nicht schmilzt. Es besteht zu 90 % aus Wasser, kann bis zu 13 Stunden zum Kühlen eingesetzt und anschließend wiederverwendet werden [30].

In der Fleischverarbeitungsbranche wird viel getan, um nachhaltiger zu werden.

Der Naturverbund achtet bei seinen Wurstwaren auf regionale Herkunft und bäuerliche Familienbetriebe. Dort werden die Tiere tierartgerecht gehalten, mit viel Platz und Bewegung. Zudem wird Wert daraufgelegt, dass die Transportwege möglichst kurz sind und dass die Arbeitsbedingungen für alle fair und transparent sind [31].

Die Onlinefleischerei meinekloinefarm.org versucht das Bewusstsein der Menschen für den Fleischkonsum zu schärfen. So stehen auf der Verpackung nicht nur die Adressen der Bauern und der Metzgereien sowie deren Abstand zueinander, sondern auf jedem Produkt ist ein Foto des Tieres zu sehen, welches darin enthalten ist. Außerdem wird auch hier viel Wert auf das Tierwohl gelegt, sowie kurze Transportwege und

Transparenz. Durch die Angaben auf der Verpackung soll der Verbraucher dazu gebracht werden seine Entscheidungen beim Fleischkauf bewusster zu treffen und sich für das Tierwohl und die Nachhaltigkeit zu entscheiden [32].

Das Unternehmen Stockmeyer bringt die Nachhaltigkeit in den drei Bereichen Ökonomie, Ökologie und Soziales parallel voran. Um die Lebensmittelverschwendung zu reduzieren, gibt es einen eigenen Werksverkauf und es wird an Tafeln gespendet. Stockmeyer unterstützt zudem Vereine und freiwillige Feuerwehren in der Umgebung. Um die ökologische Nachhaltigkeit weiter voran zu bringen, strebt Stockmeier an, ausschließlich kreislauffähige Verpackungsmaterialien zu verwenden [33].

Das Unternehmen Windau setzt neben dem regionalen Bezug des Fleisches und nachhaltigen Verpackungen außerdem auf ein veganes Sortiment. Dadurch sollen Menschen angeregt werden statt Fleisch die veganen Ersatzprodukte zu essen [34]. Vegane Ersatzprodukte sind nicht unbedingt nachhaltiger, im Vergleich zu Fleischprodukten ist aber in der Regel mit einem geringeren CO₂-Ausstoß zu rechnen.

Bei dem Unternehmen Wiltmann wird unter anderem der Energieverbrauch, sowie Emissionen reduziert. Außerdem hat das Unternehmen einen eigenen Nachhaltigkeitsbericht erstellt [35].

5. Ausblick

Das beschriebene Innovationsökosystem einer CE in Deutschland weist sehr viele positive Rückkopplungen auf und ist somit, nach Vester, ein instabiles System. Das bedeutet, dass eine Entwicklung hin zu mehr Zirkularität im System eine sich selbst verstärkende Transformation auslöst.

Derzeit gibt es noch viele Hemmnisse, die überwunden werden müssen, um die Transformation in Bewegung zu setzen. Beispiele dafür sind fehlende Märkte für Sekundärrohstoffe, fehlendes Experimentieren mit zirkulären Geschäftsmodellen und Produktdesign, welches nicht die zirkulären Prinzipien ermöglicht [3].

Werden diese Hemmnisse, durch bspw. Standards für Produktdesign oder Sekundärrohstoffe oder innovative Unternehmen, die mit Geschäftsmodellen experimentieren abgebaut, kann die Transformation in Gang gesetzt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Transformation von Unternehmen den stärksten Einfluss hat und sowohl kurzfristig als auch langfristig die meisten positiven Rückkopplungen hervorruft. Außerdem zeigt sich, dass kurzfristig das Entstehen neuer nachhaltiger Märkte der größte Einflussfaktor auf die Unternehmen darstellt. Mittel- und langfristig ist die Einführung neuer Geschäftsmodelle für Unternehmen ein wichtiger Faktor, um die Transformation hin zur CE zu starten. Neue servicebasierte Geschäftsmodelle sind häufig nicht einfach umzusetzen, bringen aber viele Vorteile, bspw. Schließen des Materialkreislaufs durch die Rücknahme der Produkte. Auffallend ist auch, dass die Wissensentwicklung und Diffusion eine entscheidende Rolle spielen. Branchennetzwerke tragen einen wichtigen Teil dazu bei, sind aber nicht allein in der Lage, die Wissensentwicklung im Kontext der CE zu bewältigen. Es braucht also das Zusammenspiel aus Wissenschaft und Transfer, um die gewünschte Transformation von Unternehmen hin zur CE zu schaffen. Die fortschreitende Digitalisierung kann ein Enabler für die Transformation von Unternehmen hin zur CE werden. Durch Technologien wie der digitale Zwilling, KI, Predictive Maintenance oder das Internet der Dinge werden product as a service Geschäftsmodelle erst möglich.

Diese Studie liefert eine Grundlage, auf der weitere Simulationen und Diskussionen aufgebaut werden können, um sinnvolle Zielkorridore aufzuzeigen und mögliche Entwicklungen abzuschätzen. Aufbauend auf der Einflussgrößenmatrix können weitere

Szenarien simuliert oder neue Gewichtungen vorgenommen werden, um die Simulation anzupassen.

Es ist sinnvoll die Transformation hin zur CE anzutreiben, da dieses Wirtschaftsprinzip ein Hebel gegen die Klima- und Ressourcenkrise darstellt.

Unternehmen in der lebensmittelverarbeitenden Industrie in OWL machen sich auf den Weg, haben aber noch viel Potential sich weiterzuentwickeln. Kapitel 4 liefert Beispiele dafür, welche konkreten Schritte bereits in der Lebensmittelindustrie unternommen wurden, und soll Anstoß für weitere zirkuläre Transformationen geben. Viele Faktoren und Akteure im Ökosystem der Lebensmittelwirtschaft sind auf andere Branchen übertragbar. Beispielsweise kann das Nutzen grüner Energie oder nachhaltige Verpackungslösungen auf viele Branchen übertragen werden. Das Forschungsprojekt CirQuality OWL hat gezeigt, wie wichtig die Vernetzung von Branchen in dem Bereich ist und das branchenübergreifende Lösungsansätze für eine wirtschaftliche Transformation, wie die der Circular Economy, erforderlich sind.

Referenzen

- [1] Consideo, „iModeler“. <http://www.know-why.net/> (zugegriffen Dez. 23, 2022).
- [2] F. Vester, „Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität ; ein Bericht an den Club of Rome“, *dtv*, Nr. 33077, S. 372 S., 2002.
- [3] Umwelt Bundesamt, „Innovationen für die Circular Economy - Aktueller Stand und Perspektiven Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik“, 2021.
- [4] „CirQuality OWL“. <https://www.cirqualityowl.de/> (zugegriffen März 29, 2022).
- [5] E. M. Foundation, „Towards the Circular Economy : Accelerating the scale-up across global supply chains“, Nr. January, 2014.
- [6] E. G. Carayannis und D. F. J. Campbell, „,Mode 3‘ and ,Quadruple Helix‘: Toward a 21st century fractal innovation ecosystem“, *Int. J. Technol. Manag.*, Bd. 46, Nr. 3–4, S. 201–234, 2009, doi: 10.1504/IJTM.2009.023374.
- [7] Cradle to Cradle NGO, „So geht morgen: Gestalte kreislauffähig. Produziere gesund. Denke positiv.“ <https://c2c.ngo/> (zugegriffen Dez. 23, 2022).
- [8] C. Freeman, *Technology policy and economic performance : lessons from Japan*. London [u.a.] : Pinter [u.a.], 1987.
- [9] IFS Management GmbH, „IFS International Featured Standard“. <https://www.ifs-certification.com/index.php/de/standards/23-ifs-food-de> (zugegriffen Dez. 23, 2022).
- [10] QS Qualität und Sicherheit GmbH, „QS — Prüfsystem für Lebensmittel“. <https://www.q-s.de/qs-system/qs-system-start.html> (zugegriffen Dez. 23, 2022).
- [11] VLOG e.V., „Lebensmittel ohne Gentechnik“. <https://www.ohnegentechnik.org/fuer-unternehmen/zertifizierung> (zugegriffen Dez. 23, 2022).
- [12] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, „EU-Bio-Logo“. <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/oekologischer-landbau/eu-bio-logo.html> (zugegriffen Dez. 23, 2022).
- [13] Cradle to Cradle Products Innovation Institute, *Cradle To Cradle Certified® Version 4.0*. 2021.
- [14] Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, „Das Lieferkettengesetz“. <https://www.bmz.de/de/themen/lieferkettengesetz/> (zugegriffen Dez. 23, 2022).
- [15] Bureau Veritas, „4 ways to make food processing more sustainable“. <https://certification.bureauveritas.com/magazine/4-ways-make-food-processing-more-sustainable> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [16] Meyer Gemüsebearbeitung GmbH, „Wir liefern Ihnen Vitamine“. <https://www.gemuese-meyer.de/de/produkte.html> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [17] Gemüsering Stuttgart GmbH, „NachhaltigkeitNachhaltigkeit im Fokus“.

- <https://www.gemuesering.de/de/detail-nachhaltigkeit-interview>
(zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [18] Düpmann GmbH & Co. KG, „Gemüseverarbeitung Düpmann – Qualität & Frische“. <https://www.duepmann.de/> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [19] MULTIVAC, „Frisches Obst & Gemüse nachhaltig verpacken und etikettieren“. <https://multivac-group.com/de/news-events/news/detail/2021/05/1412-frisches-obst-gemuese-nachhaltig-verpacken-und-etikettieren/> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [20] Landhaus Teigwaren Müller GmbH & Co. KG, „Landnudeln“. <https://muellernudel.de/> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [21] Gemüsebau Steiner GmbH & Co KG, „Unser Energiekonzept – einzigartig und nachhaltig“. <https://www.gemuesebau-steiner.de/nachhaltigkeit/unser-energiekonzept/> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [22] Hypowave, „Hydroponische Systeme“. <https://www.hypowave.de/aktuelles/> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [23] Pfeffer & Frost, „Unsere Elisen – regional, fair und handwerklich“. <https://pfefferundfrost.de/lebkuchen/nachhaltig> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [24] Lebkuchen-Schmidt, „Zukunftsweisend handeln - unser Nachhaltigkeitsprinzip“. <https://www.lebkuchen-schmidt.com/de/ueber-uns/nachhaltigkeit/> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [25] Bäckerei Imhof GmbH, „Wir backen Bio: regional, nachhaltig und frisch“. <https://baeckerei-imhof.de/> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [26] Lebkuchen Welt GmbH, „Familienbetrieb mit Herz“. <https://www.lebkuchen-welt.de/soziale-verantwortung> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [27] Unilever, „Driving superior performance with our purpose-led, future-fit business“. <https://www.unilever.com/> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [28] Das Eis, „icecream for future“. <http://daseis.eu/index.php/wir/> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [29] Unilever Deutschland GmbH, „Willkommen bei Carte D’Or!“ <https://www.unileverfoodsolutions.de/themenwelten/eis-und-eis-desserts/eiswannen-desserts/sortiment-eiswannen/carte-dor-professional.html> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [30] N. Lossau, „Schmilzt nicht – Forscher entwickeln ‚Super-Eis‘“. <https://www.welt.de/wissenschaft/article236613193/Nachhaltiges-Eis-trocken-und-wiederverwendbar.html> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [31] Naturverbund, „Unser Fleisch stammt aus regionaler -nachhaltiger Landwirtschaft – Green Farming –“. <https://naturverbund.de/> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [32] Meine kleine Farm, „Regionales Fleisch aus Freilandhaltung online kaufen“. <https://www.meinekleinefarm.org/> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [33] Stockmeyer, „Nachhaltigkeit bei Stockmeyer“.

<https://www.stockmeyer.de/nachhaltigkeit.html> (zugegriffen Jan. 20, 2023).

- [34] Windau, „Vegane Premiere in der Frischetheke!“ <https://www.windau.de/> (zugegriffen Jan. 20, 2023).
- [35] Franz Wiltmann GmbH & Co. KG, „Herzlich willkommen in der Welt von Wiltmann!“ <https://www.wiltmann.de/index.html> (zugegriffen Jan. 20, 2023).

