

# DEUTSCHLAND

## ENTKOPPELN & NEU ERFINDEN

Diskussionspapier  
November 2017

SYSTE MIQ



ELLEN MACARTHUR  
FOUNDATION

 acatech  
DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN



## Vorwort

Die deutsche Industrie mit ihrer Vielfalt, Innovationskraft und Internationalität gilt weltweit als Vorbild. Deutschland ist Exportweltmeister und verfügt über starke technologische Kompetenzen, gut qualifizierte Fachkräfte und einen wettbewerbsfähigen Mittelstand. Die deutsche Industrie hat die Finanzkrise gemeistert und sich stets auf neue Herausforderungen eingestellt.

Doch nun, zwei Jahre nach der Verabschiedung der Sustainable Development Goals und des Pariser Klimaabkommens durch die UN werden neue Herausforderungen sichtbar: geopolitische Abhängigkeiten von Rohstofflieferanten, Druck auf Kernindustrien wie Automobilproduktion und Chemie, massive Bewegungen in den Arbeitsmärkten, höhere Anforderungen an Klima- und Umweltschutz. Viele dieser Risiken werden begründet oder verstärkt durch die Ressourcenintensität unseres Industriemodells. Deutschland ist produktiv, aber längst nicht ressourcenproduktiv. Wachstum bleibt somit verbunden mit hohen Kosten für Mensch und Umwelt sowie mit steigenden wirtschaftlichen Risiken.

Das Modell einer zirkularen Wertschöpfung (Circular Economy) bietet hierzu eine vielversprechende Alternative. Es hat das Ziel "netto-positiven" Wirtschaftens, also einer Entkopplung der wirtschaftlichen Entwicklung vom Verbrauch nicht-regenerativer Rohstoffe. Europa hat sich 2015 entschieden, Ressourcenproduktivität durch geschlossene Stoffkreisläufe und moderne Geschäftsmodelle als Kerninstrument zur Erreichung von Wachstums- und Umweltzielen zu verfolgen. Anders als Dänemark, Finnland, Frankreich oder die Niederlande verharrt Deutschland bislang in den Startblöcken. Dabei ist die Vision für Europas Vorzeigestandort attraktiv: Industrieführerschaft durch zirkulare Wertschöpfung erfordert Technologiekompetenz in den Bereichen Bio- und Materialwissenschaften, Digitalisierung, Produktentwicklung und Systemdesign. Außerdem benötigt sie Innovationskraft in den Bereichen Produktion, Geschäftsmodell und Finanzierung. Deutschland besitzt – insbesondere durch die Modernisierungswelle Industrie 4.0 – die wichtigsten dieser notwendigen Schlüsselkompetenzen. Die Circular Economy hat das Potential, zum Betriebsmodell für ein neues "Made in Germany" zu werden.

Dieses Dokument möchte eine Diskussion anstoßen: über einen Kurswechsel der deutschen Industrie in Richtung zirkulärer Wertschöpfung, über die Nutzung von Industrie 4.0 zur Entkopplung von Wachstum und Ressourcen, über die Entwicklung der erforderlichen Systemkompetenzen und über eine mögliche Innovations- und Gründungswelle. Dieser Debattenbeitrag erfolgt durch drei Partner: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften steht für gemeinsame Vorstöße von Wissenschaft und Wirtschaft in neue Technologiefelder, die Ellen MacArthur Foundation für die Erforschung der wirtschaftlichen Potentiale der Circular Economy und SYSTEMIQ für die inhaltliche Analyse und das Management von systemischen Veränderungsprozessen. Das SUN Institute Environment & Sustainability leistet hierbei wertvolle Unterstützung.

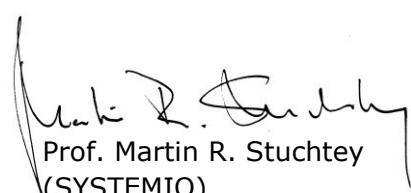
Deutschland hat in vielen Bereichen internationale Verantwortung übernommen. Die Transformation zu einem entkoppelten industriellen Modell wäre mehr als nationale Industriepolitik. Es wäre weltweit ein mutiges Signal dafür, dass Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung im 21. Jahrhundert anders, sicherer und günstiger geschaffen werden können.



Dame Ellen McArthur  
(Ellen MacArthur Foundation)



Prof. Reinhard Hüttl  
(acatech – Deutsche Akademie  
der Technikwissenschaften)



Prof. Martin R. Stuchtey  
(SYSTEMIQ)



## Danksagung

Bei der Vorbereitung dieses Diskussionspapiers haben wir mit vielen Vertretern aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft gesprochen und mit ihnen erste Ergebnisse unserer Überlegungen geteilt. Hierfür danken wir insbesondere:

- Rudolf Auer (Apple)
- Prof. Günther Bachmann (Rat für Nachhaltige Entwicklung)
- Dr. Harald Bajorat (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit)
- Prof. Michael Braungart (Environmental Protection Encouragement Agency EPEA)
- Jochen Flasbarth (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit)
- Prof. Stefanie Hellweg (ETH Zürich)
- Prof. Helmut Kormann (Universität Leipzig)
- Dr. Thomas Ogilvie (Deutsche Post DHL)
- Prof. Armin Reller (Universität Augsburg)
- Stephan Richter (The Globalist)
- Prof. Günther Schuh (RWTH Aachen)
- Dr. Valerie Schuster (AB Agri)
- Birgit Schwenk (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit)
- Roland Tichy (Ludwig-Erhard-Stiftung)
- Frank Werner (World Environment Centre)
- Dr. Henning Wilts (Wuppertal Institut für Umwelt, Klima und Energie)
- Dr. Christoph Wolff (European Climate Foundation)

Die inhaltliche Verantwortung liegt ausschließlich bei den Autoren.

Wir sind außerdem dankbar für die ideelle, finanzielle und organisatorische Unterstützung durch das SUN Institute Environment & Sustainability.



## Inhalt

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>1</b>
<b>Fünf Gründe, warum Deutschlands industrielle Zukunft nicht der Vergangenheit gleichen wird .....</b>	<b>4</b>
1. Industrielle Wertschöpfung – die etablierten Modelle sind auf dem Abstieg .....	4
2. Kosten des Wachstums – wir wachsen uns arm.....	6
3. Risiken – wir befinden uns auf einer Gratwanderung ohne Sicherung .....	8
4. Deutungshoheit – Deutschland verliert Stimme und Glaubwürdigkeit.....	8
5. Markenversprechen und Vertrauen – die Menschen wenden sich ab.....	9
<b>Fünf Eigenschaften eines neuen "Made in Germany" .....</b>	<b>11</b>
1. Entkoppelt .....	11
2. Erneuerbar .....	14
3. Regenerierend .....	14
4. Vernetzt.....	15
5. Inklusiv .....	16
<b>Fünf Gründe, warum Deutschland erfolgreich sein kann .....</b>	<b>17</b>
1. Technologieführerschaft in elementaren Feldern .....	17
2. Industrielle Tugenden als Grundvoraussetzung .....	18
3. Attraktive Märkte für unternehmerisches Handeln .....	19
4. Circular Economy als Basis einer neuen, gemeinsamen politischen Vision .....	19
5. Internationale Entwicklungen als Vorbild und Antrieb.....	19
<b>Fünf Ideen, um den Systemwechsel konkret anzustoßen.....</b>	<b>21</b>
1. Materialbank als Informationsinfrastruktur (z.B. für Elektromobilität) .....	21
2. Industrieller Cluster (z.B. für eine zirkulare Materialwirtschaft) .....	22
3. Forschungsnetzwerk (z.B. für Bioraffinerien und alternative Treibstoffe) .....	23
4. Innovative Geschäftsmodelle im Anlagenbau (z.B. in der Photovoltaik) .....	24
5. Startup-Initiative (z.B. für alternative Eiweißquellen).....	25
<b>Gemeinsam zur Umsetzung .....</b>	<b>28</b>

## Zusammenfassung

Wir beobachten einen fundamentalen Paradigmenwechsel in der Logik industrieller Wertschöpfung – weg von einem ressourcen-intensiven linearen zu einem ressourcen-produktiven zirkulären Modell, basierend auf neuen Technologien und Geschäftsmodellen. Für kaum ein Land steht dabei mehr auf dem Spiel als für das Industrie- und Exportland Deutschland. Verwöhnt und gestärkt von Jahrzehnten der Stabilität (auch in Krisenzeiten) steht das Modell "Made in Germany" nun auf dem Prüfstand:

- Eine Welle **technologischer Disruption** und neuer Geschäftsmodelle heben das etablierte Produktionsmodell aus den Angeln. Nachdem dies zunächst im Dienstleistungssektor erfolgte, werden zunehmend auch klassische industrielle Sektoren wie der Maschinenbau erfasst. Diese digitale Welt bringt fundamentale Herausforderungen, denen sich die deutsche Industrie aktiv stellen muss.
- **"Wir wachsen uns arm"**: aktuelle Produktions- und Konsummuster sind mit hohen Kosten für Natur- und Sozialkapital verbunden. Insbesondere beim Klimawandel wird dies zunehmend deutlich, ebenso in Bereichen wie der Qualität von Wasser, Luft und Boden. Die gesamtgesellschaftlichen Kosten übersteigen oft die wirtschaftliche Wertschöpfung.
- Der traditionelle lineare Weg von Rohstoffen zu entsorgten Endprodukten schafft Abhängigkeiten – **Ressourcenverfügbarkeit wird zum Risikofaktor**. Zum einen ist die Volatilität von Rohstoffpreisen stark gestiegen; zum anderen hat Deutschlands Abhängigkeit von Rohstoffimporten geopolitische und wettbewerbliche Konsequenzen, vor allem in Zukunftsfeldern wie der Elektromobilität.
- Deutschland definierte lange die internationale Umweltagenda und galt als Vorreiter für nachhaltige Entwicklung – mit wichtigen Vorteilen für die deutsche Industrie. Doch diese **globale Führungsrolle** ist in Gefahr. In Bereichen wie Klimaschutz und der Rohstoffproduktivität bleibt Deutschland hinter seinen gesteckten Zielen zurück. Es fehlt an glaubhaften Visionen und Aktivitäten für eine Trendwende.
- Auch im Innern kämpft Deutschland mit der Glaubwürdigkeit. Wichtige Institutionen wie große Unternehmen und das politische System leiden unter einem **Vertrauensverlust** in der Bevölkerung. Gleichzeitig stellen sich fundamentale Fragen zur Zukunft der Arbeitswelt in Zeiten von Automatisierung und Digitalisierung.

Andere Länder wie Dänemark, Finnland, Frankreich, die Niederlande, aber auch China haben bereits sehr viel deutlicher erkannt, dass die Circular Economy, also die Entkopplung von Wachstum und Ressourcenverbrauch, einen Weg bietet, diesen Herausforderungen strategisch zu begegnen. In Deutschland ist diese Einsicht bisher kaum im politischen Diskurs bzw. unternehmerischen Handeln verankert. Daher haben acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, die Ellen MacArthur Foundation und SYSTEMIQ eine Initiative gestartet, die die Idee zirkulären Wirtschaftens zum Motor für Innovationen und für die zukünftige industrielle Entwicklung in Deutschland machen soll.

Eine grundlegende Entkopplung vom Einsatz nicht-regenerativer Ressourcen erscheint zunehmend als wichtige Strategie der industriellen Erneuerung und Risikominimierung. Das zirkulare, regenerative Wirtschaften geht weit über die klassische "Kreislaufwirtschaft" im Sinne von Recycling hinaus. Sie bedient sich eines größeren Instrumentariums und baut auf fünf Prinzipien auf:

- Grundidee der Circular Economy ist eine weitgehende **Entkopplung** der Wirtschaft von der Zuführung nicht-regenerativer Rohstoffe. Hierfür stehen verschiedene Hebel zur Verfügung – von der Nutzung erneuerbarer Ressourcen und biobasierter Prozesse über die bessere Auslastung bestehender Güter durch Teilen und das Optimieren von Prozessen bis hin zur Schließung von Material- und Produktkreisläufen sowie der Virtualisierung, also der Entmaterialisierung von Prozessen und Produkten.

- Unverzichtbarer Baustein für eine Circular Economy ist der **Übergang zu regenerativen Energien**. Dieser wird umso eher erreichbar, je stärker auch Energieeffizienz-Maßnahmen umgesetzt werden.
- Zirkulare Wertschöpfung bedeutet auch, in die **Regenerationsfähigkeit biologischer Systeme** zu investieren, vor allem in Böden, Wälder und Wassersysteme. Diese stellen Dienstleistungen wie Hochwasserschutz, Biodiversität und Grundwasserregeneration zur Verfügung, die in ihrem Wertbeitrag oft weit über den notwendigen Investitionen liegen.
- Die Möglichkeiten von **Digitalisierung und Vernetzung** sowie automatisierter Datenverarbeitung verleihen der Circular Economy eine zusätzliche Dynamik. Gesunkene Kosten für Datenerhebung und -verarbeitung sowie für Transaktionen ermöglichen neue Prozesse und Geschäftsmodelle, die in dieser Form bisher unmöglich oder unwirtschaftlich waren.
- Obwohl Digitalisierung und Automatisierung für eine wirtschaftliche Umsetzung der Circular Economy eine wesentliche Rolle spielen, erlaubt sie stärker als das lineare Modell eine "**inklusive Wertschöpfung**". Insbesondere im Bereich des Ersatzes von Gütern durch Dienstleistungen und im Remanufacturing, also der Wiederaufarbeitung von Gütern und Komponenten, liegen viele Chancen, zukunftsfähige Arbeitsplätze zu schaffen.

Die mangelnde Ausrichtung in Richtung zirkulärer, regenerativer Wertschöpfung ist umso weniger verständlich, als Deutschland für eine derartige industrielle Erneuerung hervorragend aufgestellt ist. In wichtigen Feldern wie der Materialforschung und -bearbeitung sowie in Produktionssteuerung und Fertigungssystemen haben deutsche Unternehmen und Forschungsinstitutionen eine führende Position, ebenso in vielen Feldern der Industrie 4.0. Viele deutsche "industrielle Tugenden" sind für ein zirkuläres Wirtschaftsmodell unerlässlich: systemisches Denken, qualitativ hochwertige Infrastruktur und die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik.

Vor allem aber bietet die Transformation zu einer Circular Economy die Aussicht auf Innovationen und attraktive Wachstumsmärkte. Die Studie "Growth Within" hat geschätzt, dass regenerative und zirkuläre Ansätze in Deutschland im Jahr 2030 Kundennutzen im Wert von 170 Mrd. Euro im Vergleich zum Referenzszenario generieren können. Es liegt an deutschen Unternehmen, dieses Potenzial für die eigene Wettbewerbsfähigkeit zu nutzen.

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, die Ellen MacArthur Foundation und SYSTEMIQ wollen Mut für diese Transformation machen, da sie Wettbewerbsfähigkeit, Beschäftigung, Resilienz und politische Spielräume jenseits alter, ideologischer Gräben schafft. Wir haben diese Initiative mit Unterstützung durch das SUN Institute Environment & Sustainability gestartet, um eine gemeinsame Vision zu entwickeln, einen engen Austausch zwischen Unternehmen und Institutionen zu fördern und konkrete Projekte voranzubringen. Wir haben das Ziel, im Jahr 2018 eine kleine operative Einheit aufzubauen, die zum Sprachrohr für die Circular Economy in Deutschland wird, die Vernetzung von Unternehmen, Wissenschaft und Politik verstärkt und konkrete Initiativen vorantreibt. Mögliche Beispiele hierfür sind:

- eine Material(daten)bank für kritische Ressourcen, z.B. in der Elektromobilität,
- der Aufbau von industriellen Clustern, z.B. für eine zirkuläre Materialwirtschaft,
- die Stärkung der Forschung, z.B. im Bereich von Bioraffinerien und alternativen Treibstoffen,
- innovative zirkuläre Geschäftsmodelle z.B. im Anlagenbau, sowie
- eine Startup-Initiative, z.B. für alternative Eiweißquellen.

Eine solche Einheit könnte ebenfalls eine Dialogplattform aufbauen, die als industrieller Kooperationspartner der Politik für die Idee einer nationalen Roadmap für zirkuläre Wertschöpfung zur Verfügung steht – so wie dies in anderen Ländern bereits geschehen ist.



## Fünf Gründe, warum Deutschlands industrielle Zukunft nicht der Vergangenheit gleichen wird

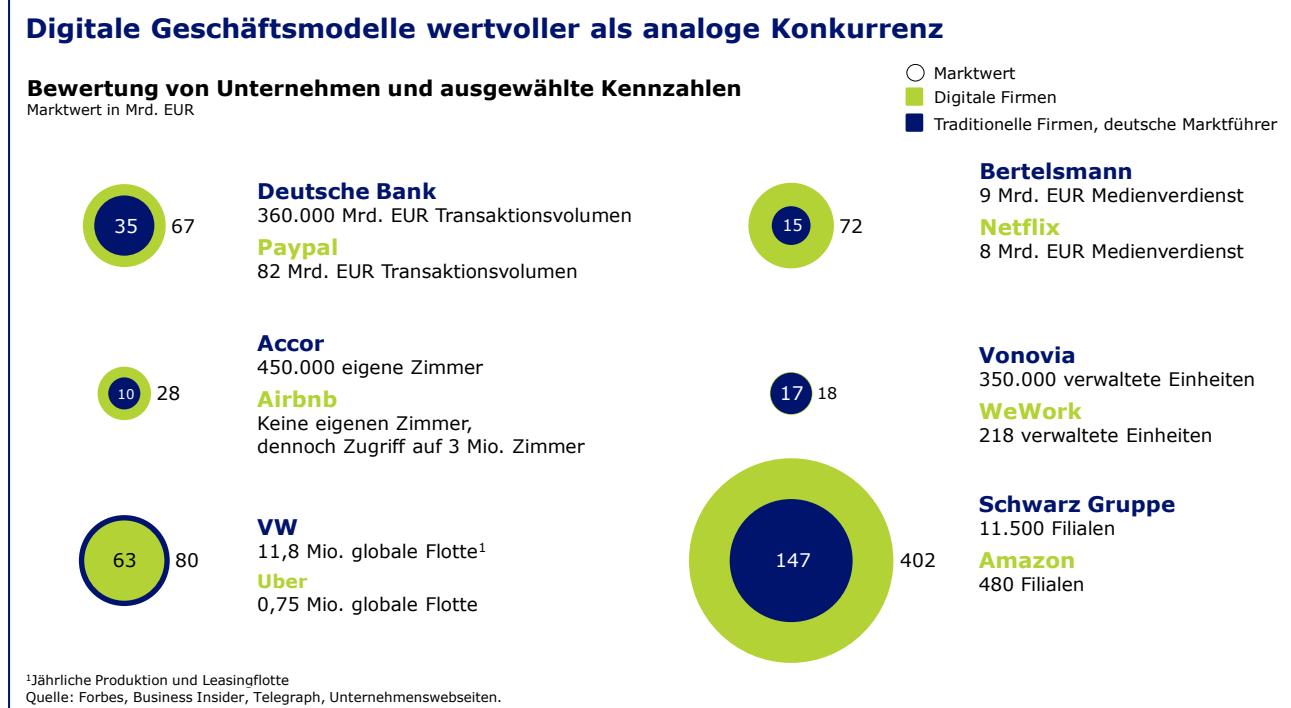
Deutschlands Industrie steht fast zehn Jahre nach der Finanzkrise blendend da. Die Wirtschaft wuchs zuletzt mit fast 2%, die Arbeitslosigkeit erreicht mit 5,5% ein historisches Tief, und der Außenhandelsüberschuss erreichte mit über 250 Mrd. Euro im Jahr 2016 einen neuen Rekord.<sup>1</sup> Entsprechend zuversichtlich sind Unternehmen, Verbände, Investoren und Aktienmärkte.

Diese Erfolge alleine sollten nicht skeptisch stimmen. Im Gegenteil: Das Momentum, der Marktzugang und die privaten und öffentlichen Rücklagen sind wichtiges Kapital. Doch eingeprägte Erfolgsmuster machen es schwerer, neue Entwicklungen zu erkennen und richtig einzuordnen. Wir beobachten momentan einen Paradigmenwechsel, der das Umfeld für die deutsche Industrie signifikant verändert. Und wir sehen fünf Gründe, warum wir das deutsche Wettbewerbsmodell verändern müssen, damit "Made in Germany" auch eine Erfolgsmarke des 21. Jahrhunderts bleibt.

### 1. Industrielle Wertschöpfung – die etablierten Modelle sind auf dem Abstieg

Neue Technologien heben etablierte Geschäftsmodelle aus den Angeln. Dieser Mechanismus ließ sich zuerst im Dienstleistungssektor beobachten: Medien, Telekommunikation, Banken und Versicherungen. Aktuell wird der Stromsektor revolutioniert, der Automobilindustrie und weiteren produzierenden Industrien steht der fundamentale Wandel als nächstes ins Haus.<sup>2</sup>

Stets hat diese Transformation die gleichen Konturen.<sup>3</sup> Ihre Kernelemente sind die Digitalisierung der Wertschöpfungskette, neue Marktplätze mit deutlich geringeren Transaktionskosten, neue Geschäftsmodelle, Generierung von nutzungsbezogenen Daten für gezieltere Ansprache von Kunden sowie die Wandlung des früheren "Konsumenten" zum "Prosumer", der sowohl Anbieter als auch Nachfrager auf dem Markt ist. Dies gilt für Social Media-Plattformen genauso wie für dezentrale Photovoltaikanlagen oder Geschäftsmodelle der Sharing Economy.



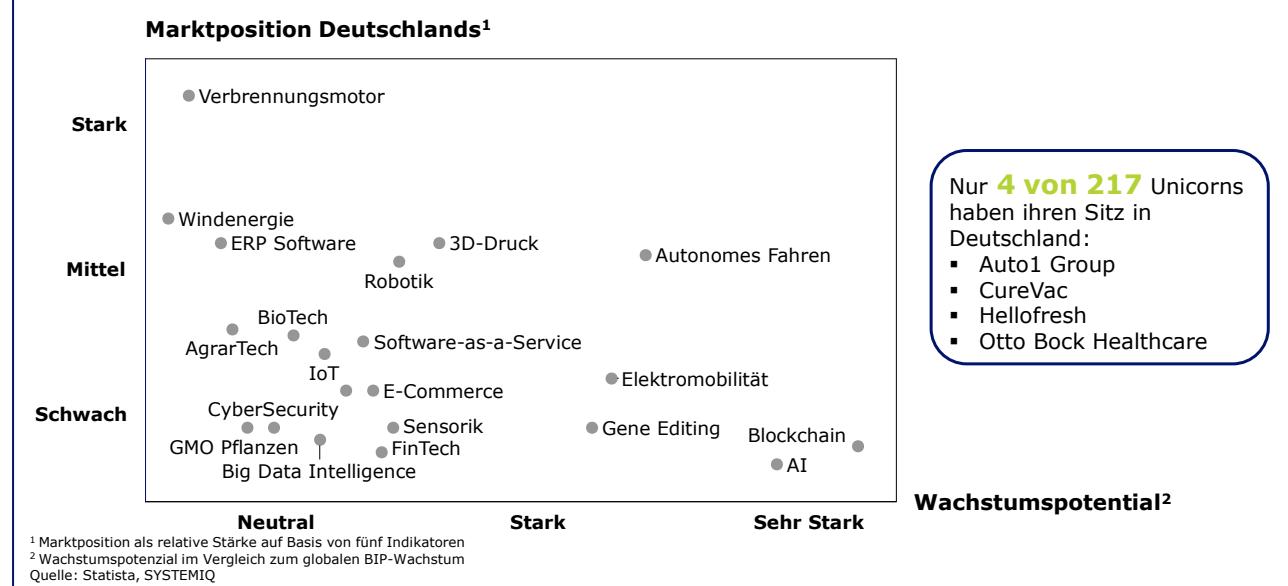
Die Auftragsbücher deutscher Unternehmen sind momentan zu gut gefüllt, um den konsequenten Einstieg in datenbasierte Geschäftsmodellinnovationen zu forcieren. Dabei bringt diese digitale

Welt für deutsche etablierte Unternehmen und die (Wirtschafts-)Politik fundamentale Herausforderungen:

- Die neuen "disruptiven Unternehmen" schlagen die deutschen Branchengrößen in der Unternehmensbewertung teils sehr deutlich, wegen des erwarteten Wachstums und ihrer erheblich geringeren Kapitalintensität. So bringt es *AirBnB* auf eine fast dreimal höhere Bewertung als der größte europäische Bettenkonzern *Accor*, obwohl das Unternehmen über kein einziges eigenes Zimmer verfügt. *Vonovia*, der mit 350.000 vermieteten Einheiten größte Vermieter in Deutschland, ist geringer bewertet als das digitale Büropendant *WeWork*, das nur 218 Einheiten verwaltet. Auch die *Deutsche Bank* ist nur etwa halb so viel wert wie *Paypal*, *Bertelsmann* gar nur ein Fünftel von *Netflix* bei etwa gleichem Medienverdienst.<sup>4</sup>
- Deutschland ist in langsam wachsenden Branchen überinvestiert und in stark wachsenden Technologien noch zu schwach vertreten. So ist es bisher nur ansatzweise gelungen, die traditionelle Stärke in physischen Produkten des Automobil-, Maschinen- und Anlagenbaus oder der Chemie mit digitalen Geschäftsmodellen zu verbinden und so in neuen Segmenten auszuspielen.<sup>5</sup> Eine Studie von acatech zeigt, dass nur 20% der deutschen Unternehmen die Digitalisierung auch für neue Geschäftsmodelle nutzen und nicht nur für Effizienzgewinne im bestehenden Modell.<sup>6</sup> Dies wiegt umso schwerer, als neue Technologien die traditionellen Branchen deutlich schneller verändern werden, als dies früher bei Innovationen der Fall war. Eine Herausforderung, die auch von Verbänden wie dem VDMA und VCI öffentlich benannt wird.

## Deutschland mit starker Marktposition bei reifen Technologien – aber weniger präsent in vielen Wachstumsfeldern

### Marktposition Deutschlands und Wachstumspotenzial in ausgewählten Technologien



Diese Punkte unterstreichen, dass Deutschland in seinen Paradeindustrien mehr als andere Nationen vom "Innovator's Dilemma" bedroht ist.<sup>8</sup> Nach dieser Idee ist es insbesondere für etablierte und erfolgreiche Unternehmen besonders unattraktiv, in neue Geschäftsmodelle zu investieren, die zu Beginn klein, risikoreich und nicht profitabel sind. Stattdessen konzentrieren sie sich auf bestehende Produkte und Kundenbeziehungen und versuchen, diese mit Effizienzgewinnen wettbewerbsfähig zu halten. Wenn dies nicht mehr möglich ist, ist es aber in der Regel zu spät oder extrem kostspielig, auf den bereits abgefahrenen Zug der Disruption aufzuspringen.

## 2. Kosten des Wachstums – wir wachsen uns arm

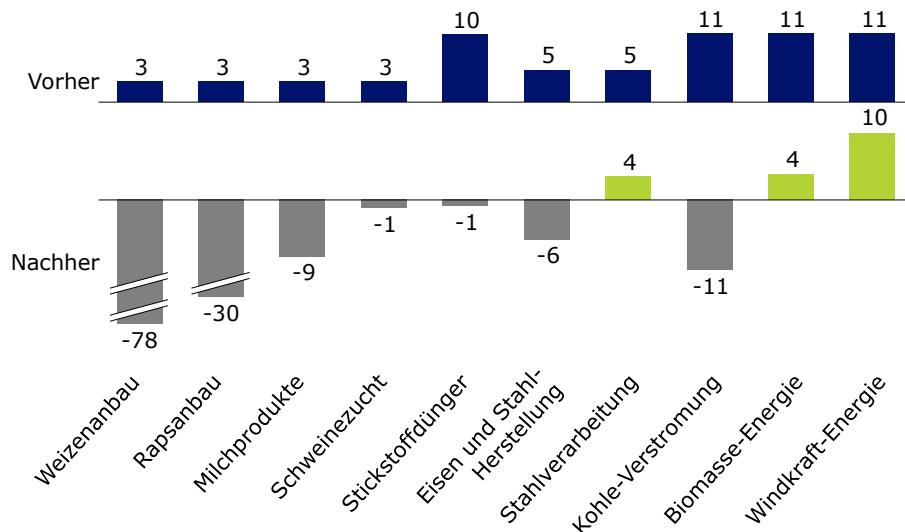
Aktuelle Produktions- und Konsummuster sind mit hohen Kosten für Natur- und Sozialkapital verbunden. Diese Diskussion – bislang am Rande geführt – rückt zunehmend ins Zentrum der Debatte von Ökonomen und Politikern. Die Nebenwirkungen unseres Wachstums werden zu sichtbar für den Beipackzettel. Früher nannten wir diese Effekte "Externalitäten". Die Wissenschaft führt uns jedoch vor Augen, dass diese Nebenwirkungen schneller wachsen als der Nutzen und im Begriff sind, die Nettobilanz auf den Kopf zu stellen. Heute fordern Externalitäten (u.a. die Verknappung und Verschmutzung von Süßwasserressourcen, der Ausstoß von Treibhausgasen, Biodiversitätsverlust sowie Gesundheitskosten durch Luftverschmutzung rund um die Welt) das bestehende Wirtschaftsmodell heraus. Das globale Wirtschaftswachstum hat Millionen aus der Armut gehoben, einen neuen Mittelstand erzeugt und Perspektiven verändert. Doch wir wachsen uns arm:

- Während die globale Wirtschaftsleistung pro Kopf zwischen 1990 und 2010 um über 50% wuchs, stagnierte die Summe aus Anlage-, Natur- und Sozialkapital pro Kopf (gemessen als Inclusive Wealth Index - IWI) in dieser Zeit. Dies liegt vor allem am rapiden Verbrauch von Naturkapital.<sup>9</sup> Deutschlands IWI wuchs zwischen 2006 und 2010 (den jüngsten verfügbaren Zahlen) nur um 0,3% pro Jahr, während die offizielle Statistik ein Wachstum des Bruttoinlandsprodukts um durchschnittlich 1,3% ausweist.
- Demnach arbeitet Deutschland – wie die meisten Länder – mit einer unvollständigen Form der Rechnungslegung: Berücksichtigt man die Naturkapitalkosten, sind nach einer Analyse von Trucost nur noch 51 von 114 untersuchten Wirtschaftssektoren profitabel.<sup>10</sup> 7 von 10 ausgewählten, für Deutschland besonders bedeutsamen Wirtschaftssektoren vernichten Wert nach Berücksichtigung der Naturkapitalkosten. Dies gilt insbesondere für die landwirtschaftliche Produktion mit ihrem hohen Einsatz an Treibstoff, Pestiziden und Düngemitteln und ihrem großem, teilweise importiertem, Land- und Wasserverbrauch sowie für die industrielle Fertigung mit hohem Ausstoß an Treibhausgasen. Einzig erneuerbare Energieträger generieren echtes Wachstum, trotz teilweise aufwändiger Herstellung. Alle diese Sektoren haben dennoch einen wirtschaftlichen Erfolg ausgewiesen; sie wurden also de facto subventioniert. Allein der Rückgang des Naturkapitals in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2010 wird auf ca. 145 Mrd. Euro geschätzt – ein Verlust, dem in der Regel keine Bepreisung entgegensteht und der somit in keiner volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zu finden ist.<sup>11</sup>

**Eine unvollständige Rechnungslegung beschert Deutschland positives Wachstum – nach Berücksichtigung der Naturkapitalkosten „wachsen wir uns arm“**

**Umsatzrendite (EBIT-Marge) vor und nach Naturkapitalkosten**

In Prozent



Quelle: Trucost (2013) sowie eigene Trucost-Daten.

Nach Abzug der Naturkapitalkosten sind **7 von 10** wichtigen Wirtschaftssektoren unprofitabel

- Damit steht besonders das Industriemodell hochentwickelter OECD-Staaten auf dem Prüfstand – auch wenn der Verlust von Naturkapital hier weniger spürbar scheint. Nach Berechnungen des International Resource Panel war der Ressourcenverbrauch pro Kopf in Deutschland im Jahr 2010 doppelt so hoch wie der globale Durchschnitt<sup>12</sup>, deutlich über der Regenerationskapazität des Planeten, bei minimalen Effizienzverbesserungen von nur 3% in den Jahren 2000 bis 2010.<sup>13</sup>

Diese Kosten für Natur- und Sozialkapital werden zunehmend zu einer wettbewerblichen Herausforderung für Unternehmen und Industrien. Aus Externalitäten werden Internalitäten. Hersteller werden zunehmend an den externen Kosten beteiligt – mit signifikanten Folgen für die Wettbewerbslandschaft und Ertragskraft ganzer Industrien. Die Europäische Autoindustrie muss ab 2021 einen Flottenausstoß von nicht mehr als 95 g CO<sub>2</sub>/km nachweisen<sup>14</sup>; in den USA stellen die Grenzwerte für Stickstoffoxide massive Herausforderungen für Dieselfahrzeuge dar. Konsumgüterunternehmen und Bergbauunternehmen wird die Nutzung lokaler Wasserressourcen untersagt wie z.B. bei einem Minenprojekt in Peru.<sup>15</sup> Hersteller traditioneller Kraftwerkstechnologie verlieren massiv Marktanteile an die erneuerbaren Energien.

Wenn die Welt das vereinbarte Ziel erreichen will, unterhalb einer Klimaerwärmung von 1,5 C oder maximal 2 C zu bleiben, müssen zahlreiche Industriesektoren dramatische Veränderungen durchlaufen. In diesem Szenario würde alleine die Bewertung von Unternehmen im Bereich von fossilen Brennstoffen um 2,2 Billionen US-Dollar sinken, weil sie ausgewiesene Reserven nicht in den Markt bringen können.<sup>16</sup> Immer mehr Investoren sehen das finanzielle Risiko, das sich aus der notwendigen Begrenzung von Treibhausgasemissionen ergibt, und betreiben eine "Divestment"-Strategie. Doch nicht nur Investoren stehen im Risiko. Gleicher gilt auch für andere Unternehmen mit Verbindung zu fossilen Rohstoffen, z.B. Zulieferer für die Öl- und Gasindustrie und Hersteller von Kunststoff oder Zement. In Summe wird der potenzielle Wertverlust deutscher Unternehmen auf bis zu 650 Mrd. Euro geschätzt, ca. 5% des Bruttoinlandsprodukts.<sup>17</sup>

### 3. Risiken – wir befinden uns auf einer Gratwanderung ohne Sicherung

Mit seiner hohen Industrieproduktion ist Deutschland mehr als andere Länder von Ressourcenimporten abhängig. Jährlich importiert Deutschland Energierohstoffe, Metallrohstoffe und Nichtmetalle im Wert von ca. 100 Mrd. Euro.<sup>18</sup> Dank Deutschlands Exportstärke bei verarbeiteten Gütern ist dies unproblematisch für unsere Zahlungsbilanz, doch es birgt zunehmend wirtschaftliche und politische Risiken.

- Bis zur Jahrtausendwende kannten die Rohstoffpreise langfristig nur einen Trend: nach unten. Nun sind diese Märkte von einer stark gestiegenen Volatilität der Preise geprägt. Innerhalb kurzer Zeit haben sich die Preise zunächst verdreifacht, um dann zwei Mal um mehr als 50% einzubrechen.<sup>19</sup> Momentan steigen sie wieder, der künftige Trend ist ungewiss. Diese fehlende Planbarkeit ist ein Risiko für jedes Geschäft, das auf Rohstoffe angewiesen ist. So entsteht zum Beispiel durch einen Preisanstieg von Stahl um 30% eine Kostenbelastung im hohen einstelligen Milliarden-Bereich für Automobilhersteller, den diese nicht unbedingt an ihre Kunden weiterleiten können.<sup>20</sup>
- In Summe haben die internationalen Energiemärkte – in erster Linie der Ölpreis – einen extremen Einfluss auf konjunkturelle Entwicklungen. So gehen Wissenschaftler davon aus, dass Schwankungen im Ölpreis für praktisch alle Rezessionen der US-Wirtschaft seit dem 2. Weltkrieg verantwortlich waren.<sup>21</sup>
- Importierte fossile Brennstoffe machen heute 82% unseres Primärenergiebedarfs aus. Beim Rohöl stammen dabei 74% aus Nicht-EU-Ländern und 65% aus Ländern, die von der UN als nicht demokratisch eingeschätzt werden. Beim Erdgas stammen immerhin 40% aus nicht-demokratischen Ländern.<sup>22</sup>
- Strategische Metalle werden immer wichtiger. Der deutsche Bedarf stieg seit 2012 bei Platinmetallen um 125%, bei seltenen Erden um 64%.<sup>23</sup> Häufig stammen diese Rohstoffe aus instabilen Gebieten. Laut der deutschen Rohstoffagentur haben Länderkonzentration und Risikoprofil in den letzten Jahren weiter zugenommen. So stammen zum Beispiel über 90% der seltenen Erden und zwei Drittel anderer Metalle aus China, mehr als 75% der PlatinELEMENTE aus Russland und Südafrika sowie 66% des Kobalts aus der DR Kongo und China.<sup>24</sup> Bei einem Drittel der Rohstoffe für Zukunftstechnologien wird der Bedarf im Jahr 2035 über der heutigen Produktionsmenge liegen – für den wichtigen Bereich der Elektromobilität sind dies zum Beispiel Dysprosium für Permanentmagnete sowie Lithium für Batterien.<sup>25</sup>

Generell schafft die Bedeutung von Ressourcenlieferanten politische Widersprüche zu Deutschlands Führungsrolle und wirtschaftlich existenzielle Abhängigkeiten – nicht nur in Deutschland. Die Nahostpolitik ist hierfür genauso Beispiel wie der Umgang mit einigen afrikanischen und zentralasiatischen Staaten.

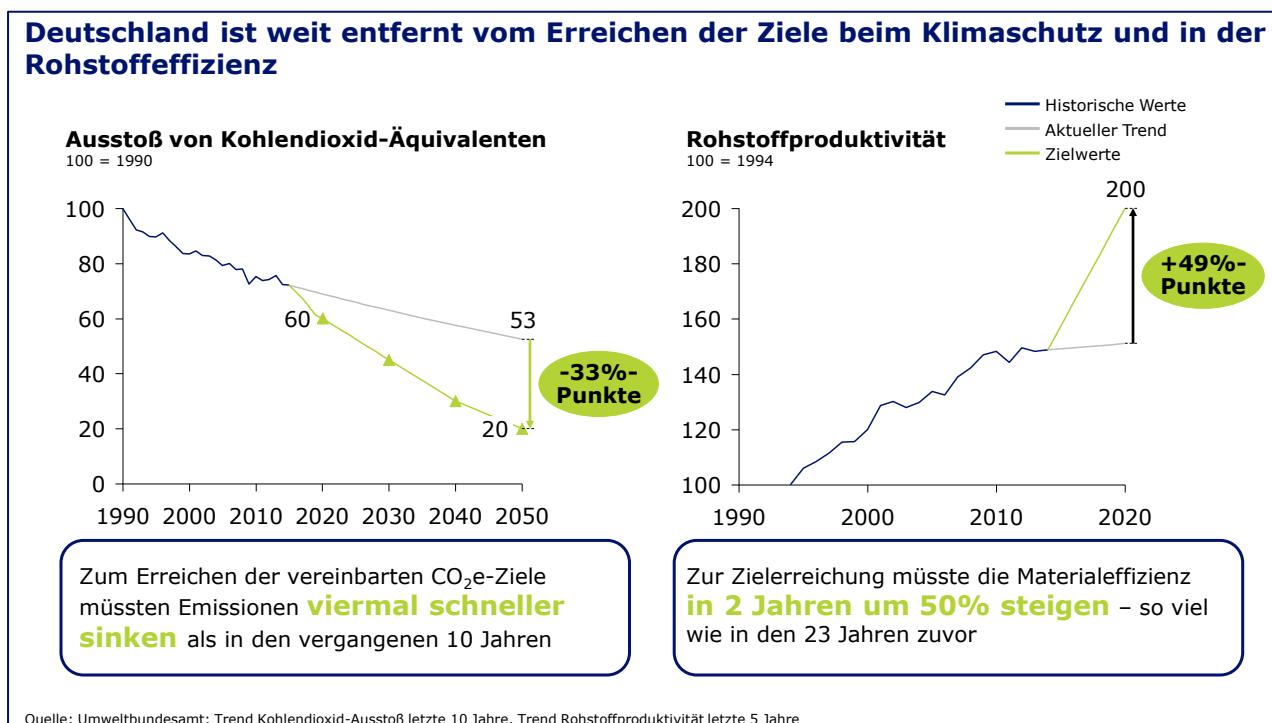
Hinzu kommt ein neues Risiko: Aufgrund der kürzer werdenden Produktlebenszyklen und dem massiven Einsatz von neuen, nicht vollständig bekannten Materialien steigen die Haftungsrisiken der Hersteller für die Schäden für Gesundheit und Umwelt, die zum Beispiel neue funktionale Metalle in sich bergen.

### 4. Deutungshoheit – Deutschland verliert Stimme und Glaubwürdigkeit

Als hochentwickeltes, stabiles und modernes Industrieland wird Deutschland bewundert und bejubelt. Die Vermittler- und Führungsrolle Deutschlands in G7 und G20 sowie beim Klima-Abkommen von Paris ist weltweit anerkannt. Um diese Führungsrolle zu bewahren, kann Deutschland

sich keine Kluft zwischen politischer Agenda und tatsächlicher Umsetzung leisten – diese tut sich allerdings auf:

- Deutschland verbraucht 33 Tonnen Ressourcen pro Jahr und Kopf der Bevölkerung, doch Wissenschaftler halten 8 Tonnen für nachhaltig vertretbar.<sup>26</sup> Jeder Deutsche benötigt durch seinen Konsum das Äquivalent von 5 Hektar Fläche und somit das 3-fache der durchschnittlich zur Verfügung stehenden Biokapazität.<sup>27</sup>
- Deutschland kann – bei jetzigem Sachstand – seine internationalen Versprechen nicht einlösen. In Bezug auf das Klimaabkommen von Paris werden wir bis 2020 nicht die zugesagten 40% Verringerung an Treibhausgasemissionen erreichen, sondern bei etwa 30% verharren.<sup>28</sup> Ebenso wird Deutschland seine Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber 1994 nicht wie geplant verdoppeln, sondern mit 50% auf halbem Weg stehenbleiben.<sup>29</sup>



- Deutschlands Regierung hat die von der UN verabschiedeten Sustainable Development Goals zwar in der Nachhaltigkeitsstrategie 2016 verankert und mit konkreten Zielen versehen, doch es fehlt in vielen Bereichen noch an Aktivitäten und Programmen, die an die erforderlichen Trendwenden glauben lassen.<sup>30</sup>

Die Welt sucht nach Vorbildern, nach einem "Wirtschaftswunderland" des 21. Jahrhunderts, das nicht auf Kosten der Natur und zukünftiger Generationen erfolgreich ist. Deutschland könnte diese Rolle ausfüllen und seine heutige Stärke in zukünftige Wettbewerbsfähigkeit ummünzen. Nur tut es dies nicht, noch nicht.

## 5. Markenversprechen und Vertrauen – die Menschen wenden sich ab

Unternehmen und Unternehmensführer haben ein Vertrauensproblem. Auch fast zehn Jahre nach der Finanzkrise und Occupy-Wallstreet ist die Vertrauenskrise zwischen Unternehmen und Kunden

nicht überbrückt. Die derzeit sowohl national als auch international stattfindenden Veränderungen der politischen Landschaft spiegeln Entwicklungen wider, zu denen der Vertrauensverlust vieler Menschen in ihre politischen Repräsentanten, die Medien, Wirtschaftsvertreter aber auch Nicht-regierungsorganisationen gehört. Alle Umfragen zeigen: Der Vertrauensverlust geht tief und schreitet fort.

- Vielfältige Umfragen zeigen ein abnehmendes Vertrauen in Unternehmen, mit Vertrauenswerten von gerade einmal 20 bis 30%. Ähnlich niedrige Werte gelten für politische Institutionen, denen nicht die Lösungskompetenz für die gegenwärtigen Herausforderungen zugetraut wird.<sup>31</sup>
- Es gibt eine zunehmende Diskrepanz zwischen (umwelt-)politischen Zielen und unternehmerischer Realität. Viele – auch deutsche – Unternehmen und ihre Verbände haben das Abkommen von Paris unterstützt und begrüßt. Gleichzeitig besteht aber zu oft eine Diskrepanz zwischen den öffentlichen Willensbekundungen und den tatsächlich verfolgten Zielen, weil diese fast immer relativ formuliert sind, also als Emissionen pro Produktionseinheit oder -menge. Der Ausstoß von Treibhausgasen kann also wachsen, wenn das Unternehmen mehr produziert. Sie tragen damit nicht zur absoluten Entkopplung bei, die unsere politischen Verpflichtungen fordern.

Diese Initiative erkundet die Gestaltungsräume jenseits eines "weniger schlecht" und einer Symptomorientierung. Für Unternehmen, aber auch für die Politik, stellt sich die Frage ob und wie die Nachhaltigkeitsverpflichtung inhaltlich ausgefüllt werden kann. Einige Unternehmenslenker, z.B. Paul Polman von *Unilever*, aber auch Mittelständler wie Antje von Dewitz von *Vaude* setzen viel auf diese Karte und betrachten die "license to operate" als zentrale Aufgabe der Unternehmensführung. Es geht darum, eine Marke mit ihrem Beitrag zu sozialem Fortschritt aufzuladen und so fest in der Gesellschaft (und bei ihren Konsumenten) zu verankern.

## Fünf Eigenschaften eines neuen "Made in Germany"

Wie sähe ein realistischer Alternativentwurf zum heutigen Modell aus? Ein Modell zirkularer, regenerativer Wertschöpfung – von der Ressourcenökonomie als "netto-positiv" bezeichnet. Weltweit beflogt diese Vision. In Deutschland hat sie allerdings bisher weniger Anhänger gefunden als in anderen Ländern – vielleicht auch, weil der deutsche Begriff der "Kreislaufwirtschaft" sehr begrenzt verstanden wird, nämlich als Recycling. Eine Circular Economy geht aber weit darüber hinaus und bedient sich eines viel größeren Instrumentariums, um Wert, Arbeit und Wohlstand bei begrenztem Ressourceneinsatz zu schaffen. Sie zielt auf die weitestgehende Vermeidung von Materialschwund und Abfall ab und baut auf fünf Prinzipien auf:

### 1. Entkoppelt

Die Grundidee der Circular Economy ist eine weitgehende Entkopplung der Wirtschaft von der Zuführung nicht-regenerativer Rohstoffe. Das bedeutet, dass alle Gebrauchsgüter bzw. die in ihnen enthaltenen Materialien nach einer Nutzungsphase zurückgeführt werden und dass alle biogenen Ressourcen sicher in die Biosphäre entlassen werden. Erstmals scheint eine solche Entkopplung technologisch möglich. Sechs Hebel stehen dafür zur Verfügung, die mit dem ReSOLVE-Konzept beschrieben werden<sup>32</sup> und für die es in Deutschland schon viele Beispiele im Kleinen wie im Großen gibt. Diese Unternehmen sind zum Teil "hidden champions" der Circular Economy, d.h. sie wenden den entsprechenden Hebel erfolgreich an, sind aber – wenn überhaupt – nur einer kleinen Zahl von Experten als Praxisbeispiele bekannt.

### Unternehmen bieten sich sechs Ansätze für zirkulare Wirtschaften (ReSOLVE)

<b>REGENERATE</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ansatz: Erneuerbare Ressourcen nutzen</li> <li>Stärkere Einbindung von biologischen Kreisläufen in die Produktion</li> <li>Vorteil: Erhaltung von Naturkapital und Ökosystemen, reduzierte Abhängigkeit</li> </ul>							
<b>SHARE</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ansatz: Nutzergruppe für Produkte und Anlagen erweitern</li> <li>Schaffung größerer Anreize für Haltbarkeit, vorausschauende Wartung, Aktualisierbarkeit</li> <li>Vorteil: Höhere Auslastung der in Gütern verwendeten Materialien und Werte</li> </ul>							
<b>OPTIMIZE</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ansatz: Abfall in Produktion und Logistik vermindern, Energie-/Materialeffizienz erhöhen</li> <li>„Klassische“ Verbesserungsprozesse, großes Steigerungspotenzial durch Industrie 4.0</li> <li>Vorteil: Höhere Materialeffizienz und Kostensenkung</li> </ul>							
<b>Loop</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ansatz: Materialien, Komponenten und Produkte wiederverwertbar gestalten</li> <li>Optimierung des technischen Kreislaufs in Design, Produktion, Nutzung, Logistik</li> <li>Vorteil: Minimaler Wertverlust von Materialien</li> </ul>							
<b>VIRTUALIZE</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ansatz: Ersetzen von physischen Produkten und Prozessen durch Digitalisierung</li> <li>Einsatzmöglichkeit bei Planungsprozessen, Medien und Kommunikation, etc.</li> <li>Vorteil: Kompletter Entfall von Materialbedarf</li> </ul>							
<b>EXCHANGE</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ansatz: Ersetzen von Materialien und Technologien durch ressourcenschonende Alternativen</li> <li>Redefinition von Produkten als Dienstleistungen, Einsatz von aufbereitbaren Materialien</li> <li>Vorteil: Steigerung der Ressourcenproduktivität, Ermöglichung durchgehender Kreisläufe</li> </ul>							

Quelle: Ellen MacArthur Foundation, SUN, McKinsey (2015), Projektteam.

- **Re(generate):** Unternehmen greifen in ihrem Produktionsprozess deutlich stärker auf erneuerbare Ressourcen zurück, die anschließend auch wieder in den natürlichen biologischen Kreislauf der Biosphäre entlassen werden können – im besten Fall mit einem positiven Nutzen für das Ökosystem. Neben den erneuerbaren Energien gibt es in diesem Bereich viele Beispiele bio-basierter Rohstoffe. So hat sich *Bionatic* auf die Herstellung von Einwegverpackungen aus

Palmblatt, Bagasse, Holz, Cellulose und Biokunststoffen spezialisiert. Diese sind erneuerbar und biologisch abbaubar bzw. kompostierbar. Die *Verbio AG* mit inzwischen über einer halben Milliarde Umsatz hat ein Verfahren entwickelt, um Bioethanol zu erzeugen und die zurückbleibende Schlempe mit Hilfe von Flüssigfermentation in Biogas umzuwandeln. Dies steigert die Energieausbeute aus den eingesetzten Rohstoffen im Vergleich zu herkömmlichen Bioethanolanlagen um ca. 40%. In der sogenannten "weißen Biotechnologie" kommen Mikroorganismen, Enzyme oder andere biologische "Produktionssysteme" in chemischen Prozessen zum Einsatz und ersetzen technisch katalysierte Prozesse. Das junge Unternehmen *Brain AG* hat ein solches Verfahren zur industriellen Herstellung enantiomerenreiner Amine und Alkohole entwickelt. *Palaterra* produziert Schwarzerde, hochwertige, torffreie Pflanzsubstrate, Bodenverbesserer und organische Dünger in einem kreislauforientierten, regionalen Stoffstrommanagement. Sie steigert die Flächenproduktivität, bietet umfassenden Erosionsschutz und Hochwasserprävention durch ein hohes Wasserspeichervermögen.

- **S(hare):** Die geringe Auslastung von Gütern bedeutet eine geringe Produktivität der darin verwendeten Materialien bzw. der im Prozess verwendeten Stoffe. Hier setzt die Sharing Economy an, die die Auslastung erhöht und so gebundenes Kapital und Materialien sowie Verbrauchstoffe (z.B. Treibstoff) effizienter nutzt. Die bekanntesten Beispiele hierfür kommen aus dem Mobilitätsbereich: *Car2Go* oder *DriveNow* sind in vielen Städten präsent, ebenso die Unternehmen *Call-a-bike* oder *nextbike* für das geteilte Nutzen von Fahrrädern. *Saloodo*, eine Tochter von Deutsche Post DHL, bietet eine Plattform an, um in Echtzeit Transportkapazitäten zu vermitteln. So werden ungenutzte Kapazitäten von 200.000 LKWs besser ausgelastet. Im *Maschinenring*, der landwirtschaftliche Geräte zur Nutzung seiner Mitglieder bereithält, sind bereits 12.000 landwirtschaftliche Betriebe organisiert. Und auch im Lebensmittelbereich gibt es erste Start-ups: *foodsharing.de* ist eine Plattform, die es ermöglicht, überschüssige Lebensmittel zu verwerten, bevor sie schlecht werden.
- **O(ptimize):** Effizienzsteigerungen alleine reichen zwar nicht aus, um die Circular Economy zu verwirklichen. Sie sind aber ein wichtiger – und oft auch der erste – Schritt dorthin. Es gibt eine Vielzahl von erfolgreichen Unternehmen, Produkten und Dienstleistungen, die die Effizienz von Energie- und Materialeinsatz steigern. Eine neue Dimension erreichen diese durch die Möglichkeiten von Digitalisierung, Datenverarbeitung und elektronischer Vernetzung. Dies ist zum Beispiel bei den "Smart Services" schon heute Realität. *Heidelberger Druck* bietet seinen Kunden an, auf Basis der Nutzungsdaten und deren Vergleich mit dem insgesamt installierten Maschinenpark die Maschinen effizienter zu nutzen – mit Kosteneinsparungen von bis zu 20%. *Siemens* bietet zunehmend Wartungsverträge für seine Gasturbinen mit einem flexiblen Servicevertrag an. Dieser ersetzt die vorherigen Wartungszyklen, die auf Laufzeit und Maschinenstarts basierten, durch eine "prädiktive Wartung" auf Basis von Echtdaten. Ein vollkommen anderes Beispiel ist *[ui!] – the urban institute*. Dieses pilotiert in Darmstadt in Zusammenarbeit mit der Stadt, dem Leitsystembetreiber und anderen Unternehmen eine Plattform, die bei Ampeln die Grünphasen prognostiziert und so den Verkehrsfluss optimiert. Insbesondere für zukünftige autonome Fahrzeuge kann dies über die Vermeidung von Starts und Stopps signifikante Einsparungen im Gesamtsystem erzielen. Häufig gehen diese digitalen Services mit neuen Geschäftsmodellen einher, z.B. einem Pay per use oder einer Verfügbarkeitsgarantie, die ähnlich wie eine Versicherung bepreist wird.
- **L(oop):** Die "klassische" Kreislaufwirtschaft besteht darin, Materialien nach der Nutzungsphase wieder zu verwerten. Das traditionelle Modell kämpft allerdings oft damit, dass die wieder gewonnenen Materialien einen hohen Wertverlust erleiden und sich mit vertretbarem Aufwand nur zum "Downcycling" eignen und auch nur ein begrenzter Anteil der Materialien wiedergewonnen werden kann.<sup>33</sup> Die zunehmende Materialvielfalt – Ausdruck immer stärker differenzierter Funktionalitäten – verschärft dies Problem. Für eine Wiederverwertbarkeit nach dem Cradle2Cradle®-Prinzip müsste außerdem sichergestellt sein, dass keinerlei Schadstoffe

enthalten sind, die an die Umwelt abgegeben werden könnten.<sup>34</sup> Ein wesentlicher Lösungsansatz ist, schon beim Design, bei der Auswahl der Materialien und bei ihrer Verarbeitung die spätere Wiederverwertung mit zu bedenken. Beispielsweise wurde das Elektrofahrzeug *e.Go Life* so entwickelt, dass die wesentlichen Komponenten extrem haltbar sind und aus reinen Materialien bestehen, die leicht wiederaufbereitet werden können. Die Karosserie ist aus einer Standard-Aluminiumlegierung und, anders als bei den meisten Kraftfahrzeugen, nicht selbst-ragend konzipiert. Dies bedeutet zwar, dass der Materialeinsatz zunächst größer ist, dafür aber keine unterschiedlichen Materialien verarbeitet werden müssen und praktisch keine Materialermüdung auftritt. Beim Remanufacturing operiert *Bosch* schon seit 1965 das "1:1 Reman"-Programm, das mehrere Tausend verschiedene Ersatzteile für Kraftfahrzeuge abdeckt und Kosteneinsparungen von 30-40% ermöglicht. Auch bei der Wiederverwertung selbst können große Fortschritte erzielt werden. Die *Saperatec GmbH* ist ein Startup, das sich auf das Recycling von Verbundmaterialien spezialisiert hat, die bisher nur bedingt wiederverwertet werden konnten wie z.B. Photovoltaikpanele, Getränkekartons oder Batterien. Mit ihrem Micro-Emulsion-Verfahren kann sie diese ohne Materialverlust oder -umwandlung trennen und erreicht so eine 100%ige Recyclingquote. Ein zusätzliches Geschäfts- und Innovationsfeld ist die Logistikkette, die für den Kreislauf notwendig ist. Die *Reverse Logistics Group* entwirft mit ihren Tochter- und Beteiligungsunternehmen Rücknahmelösungen und -systeme für Produkte, Komponenten und Materialien.

- **V(irtualize):** Die Digitalisierung schafft nicht nur neue Möglichkeiten der Optimierung, sie kann auch Produkte oder physische Prozesse komplett ersetzen. Bekannteste Beispiele sind der Wegfall von Datenträgern für Musik, Filme oder Fotos sowie Telearbeit und Videokonferenzen. Unternehmen wie *soundcloud* für Musik oder *CEWE* für digitale Fotodrucke sind Beispiele für deutsche Erfolge in diesen sonst eher US-amerikanisch dominierten Märkten. Das Startup *TeleClinic* bietet virtuelle Beratungsgespräche mit Ärzten an – ein Feld mit großen Möglichkeiten und positiven Auswirkungen auf die Bezahlbarkeit und den Zugang zu Gesundheitsdienstleistungen. Auch in der klassischen Wertschöpfungskette der Industrie ist Virtualisierung anwendbar. *SAP* und *Siemens* bieten jeweils Plattformen an, um sogenannte Digital Twins zu erzeugen. In der Produktentwicklung können so viele Schritte rein virtuell durchgeführt werden. Das erspart Zeit und Ressourcen und damit 20-30% der Kosten. *Rexroth* aus der Bosch Gruppe bietet über *InSight Live* einen Ansatz, die Wartung von Anlagen aus der Ferne durchzuführen und so ebenfalls Zeit und Kosten zu sparen. *Caspian Robotics* ist ein Startup, das über den Einsatz von Drohnen und Bilderkennung die Wartung von Übertragungsleitungen und Windturbinen revolutionieren will.
- **E(xchange):** Ein weiterer Hebel ist es, ein Produkt oder seine Komponenten bzw. den Herstellungsprozess neu zu definieren und so die Ressourcenproduktivität massiv zu steigern. Ein Beispiel ist die Produktion von tierischen Proteinen über Insekten, die biologische Abfälle verwerten. Sie sind damit eine ressourcenschonende Alternative zu Fischmehl oder Soja. In Deutschland stecken entsprechende Aktivitäten noch in den Kinderschuhen, die Startups *Bugfoundation* und *SWARM Protein* sind aber Beispiele. Auch der Wechsel vom Verbrennungsmotor zum Elektromotor bei Fahrzeugen ist ein solcher Schritt, der massive Auswirkungen auf die Reduzierung des Bedarfs an Ressourcen hat. Deutschlands sonst so starke Automobilindustrie hat hier momentan keine Vorreiterrolle und befindet sich in einer Aufholjagd. Ein abschließendes Beispiel sind neue Geschäftsmodelle, die den Fokus vom Produkt zum Nutzen lenken. *Liebherr* zum Beispiel bietet nicht nur Produkte zur Kühlung an, sondern auch die Dienstleistung einer Kühlkette für hochwertige Medikamente.

Die konsequente Anwendung der ReSOLVE-Hebel bietet die Chance, eine Volkswirtschaft hochgradig ressourcenproduktiv aufzustellen und sie von der Zufuhr nicht-erneuerbarer Rohstoffe zu entkoppeln. Ressourcenproduktivität, also die Fähigkeit aus wenigen Ressourcen viel Wohlstand

zu erzeugen, wird zur Kerndisziplin moderner Volkswirtschaften und kann zum Wettbewerbsvorteil für die deutsche Industrie werden.

## 2. Erneuerbar

Ein zirkuläres Modell verlangt die Abkehr von fossilen Brennstoffen. Weltweit ist nicht nur eine Steigerung der Energieproduktivität von heute 1% auf 3% pro Jahr notwendig, sondern auch eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien um 1 Prozentpunkt pro Jahr, wenn die vereinbarte Reduzierung des Treibhausgasausstoßes erreicht werden soll.<sup>35</sup> Die deutsche Energiewende, ihr Tempo und die politischen Instrumente für ihre Umsetzung werden intensiv und kontrovers diskutiert. Diese Debatte darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass regenerative Energieformen wie Wind- und Sonnenenergie sowie biogene Energiequellen langfristig die fossilen Energieträger zu weiten Teilen ablösen werden.

- In immer mehr Regionen der Welt ist die Parität in den Stromerzeugungskosten zwischen erneuerbarer und fossiler Stromerzeugung erreicht.<sup>36</sup> In Spanien werden große Photovoltaikanlagen ohne Einspeisevergütung errichtet, und in diesem Jahr wurde der erste Offshore-Windpark in der Nordsee angekündigt, der ohne eine Förderung wirtschaftlich betrieben werden soll.<sup>37</sup> Alle Zeichen deuten darauf hin, dass der Kostenverfall von Windkraftanlagen und Photovoltaik anhält.<sup>38</sup>
- Der Vergleich fällt noch deutlicher aus, wenn auch die externen Effekte der Stromerzeugung berücksichtigt werden. In diesem Fall zeigen viele Studien, dass heute alle regenerativen Energien volkswirtschaftlich vorteilhafter sind als fossile Alternativen.<sup>39</sup>
- Ein deutlicher Indikator für die erneuerbaren Energien sind die Investitionen in neue Kapazität. Im Jahr 2015 floss weltweit erstmals mehr Kapital in erneuerbare Energien als in die konventionelle Erzeugung. Dieser Trend wird sich aller Voraussicht nach in den kommenden Jahren verstärken.<sup>40</sup>

Noch bleiben einige Herausforderungen der Energiewende zu lösen. Dazu gehört zum Beispiel die Frage nach Langzeitspeichern für Strom, ein Strommarktdesign für das System der Zukunft oder Wege zur rascheren Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen. Die rasante Entwicklung der letzten zwei Jahrzehnte lässt aber daran glauben, dass der komplette Systemwechsel möglich ist. Und dieser wird sich mit einer Umstellung auf die Circular Economy in der Industrie gegenseitig verstärken.

## 3. Regenerierend

Zirkuläre Wertschöpfung beendet nicht nur die extraktive Ressourcennutzung. Sie investiert auch in die Regeneration und Regenerationsfähigkeit biologischer Systeme, vor allem Böden, Wälder und Wassersysteme. Ökosysteme funktionieren als Versorger und Regulierer: als Quelle für Rohstoffe, als Senke für Emissionen oder als Filter für Abwässer. Eine Übernutzung dieser Ökosysteme hat negative Umweltauswirkungen, aber vor allem auch einen hohen Preis:

- Der Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft in Deutschland lag 2013 im gleitenden 5-Jahresmittel bei 97 kg/ha/Jahr<sup>41</sup>. Pro Kilogramm Stickstoff fallen 5 bis 15 Euro Kosten für die Wasseraufbereitung in Kläranlagen an, also bis zu ca. 1.500 Euro pro Hektar.<sup>42</sup> Diese Kosten liegen ungefähr in der gleichen Größenordnung wie der Ertrag vieler landwirtschaftlicher Produkte insgesamt.<sup>43</sup>
- Die diffusen Phosphor- und Stickstoffemissionen konnten in Deutschland in den letzten Jahrzehnten zwar halbiert werden; doch der Beitrag aus der Landwirtschaft sank seit 1985 nur

um 18% und noch heute werden die zulässigen Belastungsgrenzen regelmäßig überschritten.<sup>44</sup> Dabei ist Phosphor eine Ressource, für die ein hohes Risiko hinsichtlich Länderkonzentration und Länderrisiko gesehen wird.<sup>45</sup>

- Flussauen haben durch ihre natürliche Retentionsfähigkeit eine wichtige Funktionalität bei Starkregenereignissen. Veränderungen der Vegetation und Kompaktierung der Böden durch landwirtschaftliche Bewirtschaftung verringern diese Retentionsfähigkeit und führen zu verheerenden Überschwemmungen. Die Schäden liegen inzwischen jedes Jahr im Milliardenbereich.<sup>46</sup> Die Reaktivierung von Retentionsflächen ist meist wirtschaftlich sinnvoll, profitabel und eine vergleichsweise günstige Versicherung vor Extremwetterereignissen.<sup>47</sup>
- Die deutschen Wälder befinden sich im Umbau, von anfälligen Monokulturen zu Mischwäldern. Der Anteil von Mischwäldern stieg innerhalb von 10 Jahren um 5%.<sup>48</sup> Das ist die richtige Richtung, aber nicht die richtige Geschwindigkeit. Bei deutlich geringerem Risiko und größerem Nutzen im Hinblick auf Grundwasser und Biodiversität liegen auch die Erträge von Mischwäldern laut Studien bis zu 15% über denen von Reinkulturen.<sup>49</sup>

Die Erhaltung der Natur ist in vielen Fällen kostengünstiger als die Wiederherstellung natürlicher Funktionen wie die Wasserreinhaltung, Minderung von Treibhausgasen und die Vermeidung von Hochwasserschäden. Der wirtschaftliche Nutzen leistungsfähiger Ökosysteme ist extrem hoch, entsprechend lohnend ist aus volkswirtschaftlicher Sicht die Investition, diese zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Eine Abschätzung der ökonomischen Bedeutung für Deutschland steht aus, doch es handelt sich mit Gewissheit um einen Markt mit Milliardenpotenzial.<sup>50</sup>

#### 4. Vernetzt

Der Übergang zu nicht-fossilen Energiequellen, zu wiedereinsetzbaren Produkten und zu boden-schonenden Bewirtschaftungsmethoden wird nur dann erfolgreich sein, wenn wir die Möglichkeiten von Digitalisierung und Vernetzung sowie automatisierter Datenverarbeitung konsequent nutzen. Sie ermöglichen wesentliche Funktionalitäten in der Circular Economy, die in der Vergangenheit zu vertretbaren Kosten unmöglich waren.

- Die Identifizierung und Nachverfolgung von Stoffströmen ist ein wesentlicher Bestandteil der modernen Circular Economy. Durch sie kann der Zustand von Materialien in Echtzeit verfolgt und ihr Fluss in Erzeugung, Nutzung und Logistik optimiert werden. Das Monitoring von Materialien ermöglicht auch, durch andere Besitzverhältnisse neue Geschäftsmodelle umzusetzen, indem Produkte als Dienstleistung angeboten werden. Die Schweizer *Sensirion AG* produziert beispielsweise Sensoren, die im Sinne des Internet of Things kontinuierlich Daten übertragen und somit den Zustand von bestimmten Produkten überwachen. *Bosch Software Innovations* bietet eine Cloud-Plattform an, in der wiederum die Daten der zahlreichen Sensoren intelligent verarbeitet werden können. Das EU-Projekt *Buildings as Material Banks* fokussiert sich auf die Erstellung eines "Material Passports", der die Nachverfolgung von Materialien in der Bauindustrie ermöglichen soll.
- Die sprichwörtliche Einsicht, dass des einen Abfall des anderen Rohstoff ist, kann nur dann umgesetzt werden, wenn Angebot und Nachfrage auch zusammenkommen. Dies wird heute bereits von Projekten wie der *IHK-Recyclingbörse* in Deutschland, dem *Materialsmarketplace.org* in den USA, *Kierrätysverkko Oy* in Finnland, oder *Globechain* im Vereinigten Königreich umgesetzt. Allerdings sind diese noch alleinstehende Plattformen – ihre volle Macht werden virtuelle Marktplätze entfalten, wenn sie mit anderen Systemen wie z.B. mit bestehenden Rohstoffhandelsplätzen und Logistikketten verknüpft werden. Auch dies ist technisch heute ohne weiteres möglich.

- Weil immer mehr Systeme auf dezentraler Kooperation statt zentraler Koordination beruhen, ist eine sichere Abwicklung von Transaktionen unerlässlich. Hierfür Zwischenhändler einzuführen erhöht aber die Kosten, so dass große Hoffnung in die Blockchain-Technologie gesetzt wird, die die direkte und sichere Abwicklung gestattet. Die *sonnen GmbH* ermöglicht mit Blockchain Technologie peer-to-peer Transaktionen seiner Community, die Photovoltaik-Anlagen und Speicher betreibt. Ähnliche Technologien werden auch von Energieversorgern wie *RWE* in Zusammenarbeit mit Automobilherstellern eingesetzt, um Transaktionen an Ladestationen zu verbessern. *Walmart* und *IBM* arbeiten an der Blockchain Technologie, um die Nahrungsmittellieferkette zu überwachen und zu optimieren.
- Intelligenz in Produkten und deren Zusammenschluss zu hoch effizienten und adaptiven Systemen erhöht Ressourcenproduktivität signifikant. So ist es für die erfolgreiche Energiewende unerlässlich, dass die Nachfrage nach Strom automatisch dem Angebot volatiler Erzeugung angepasst wird und dass Stromspeicher ihren Wert als Quelle oder Abnehmer optimal ausspielen. So schließt beispielsweise *NEXT Kraftwerke* zahlreiche dezentrale Energieerzeuger und -verbraucher in einem "Virtuellen Kraftwerk" zusammen, um das Stromnetz zu entlasten. Auch *arvato systems* bietet durch die Vernetzung zahlreicher Datenpunkte auf ihrer IoT/BigData Plattform die Möglichkeit, Lastmanagement durch Steuerung von Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen zu betreiben.
- Die Möglichkeiten der Industrie 4.0 in der Gestaltung und Steuerung von Produktionsprozessen und -anlagen treten immer mehr zutage. Maschinen können auf Basis von Echtzeitdaten optimal geführt und gewartet werden – dies reduziert Kosten, erhöht die Produktivität und verlängert die Lebensdauer. So bieten zahlreiche deutsche Anlagenbauer, z.B. die *Heidelberger Druckmaschinen AG*, zusätzlich zu ihren Produkten Dienstleistungen, mit deren Hilfe Maschinen effizienter betrieben werden. Ähnliche Lösungen bietet *Siemens* seinen Kunden, um Prozesse (z.B. Umformtechnik) durch hochauflöste Datensätze besser gestalten zu können. Auch *Gämmeler*, ein weiterer Vertreter der Druckindustrie, bietet einen "Smart Condition Monitoring Service" für seine Maschinen an, um unerwartete Stillstände zu minimieren und Optimierungspotentiale abzuschöpfen.
- Viele dieser Funktionalitäten werden in ihrer Bedeutung potenziert, wenn künstliche Intelligenz und Maschinenlernen zum Einsatz kommen. Besser als je zuvor können Muster erkannt, Vorhersagen getroffen und Echtdaten unmittelbar interpretiert und in Handlungen umgesetzt werden. Viele Heizungsbauer wie *Viessmann* oder Startups wie *tado°* setzen die im Betrieb gewonnenen Daten ein, um die Heizgewohnheiten der Nutzer vorherzusagen und somit sowohl Energie zu sparen als auch Komfort zu gewinnen. Ganz ähnlich arbeiten viele Logistikunternehmen mit der Flut an Daten, um Optimierungen durchzuführen. Auch hierbei unterstützen Startups wie *Cargonexx* etablierte Unternehmen dabei, durch maschinelles Lernen Nutzen aus den gewonnenen Daten zu ziehen. Die Agrarindustrie setzt ebenfalls auf Künstliche Intelligenz – das Startup *Peat Technology* diagnostiziert beispielsweise mit Bilderkennung Pflanzenkrankheiten.

## 5. Inklusiv

Die weitergehende Automatisierung sowie die Entwicklung autonomer Systeme werden zu Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt und zum Entfall heutiger Arbeitsplätze führen<sup>51</sup>. Obwohl für die Circular Economy Digitalisierung und Automatisierung eine wesentliche Rolle spielen, gibt es viele Argumente, warum ihre Wertschöpfung "inklusiver" ist als das herkömmliche, hochgradig automatisierte und kapitalintensive lineare Vorläufermodell.

- Arbeitsökonomen haben in verschiedenen Studien und für unterschiedliche Länder die Erwartung geäußert, dass eine stärkere Durchsetzung der Prinzipien einer Circular Economy einen

positiven Gesamteffekt auf die Beschäftigung haben kann, so z.B. für die Niederlande, Schweden und Großbritannien.<sup>52</sup>

- Ein wesentliches Element der Circular Economy ist das Wiederaufbereiten von Produkten (Remanufacturing). Dieses ist auf absehbare Zeit mit menschlicher Arbeitskraft verbunden und findet in räumlicher Nähe zur Nutzung statt. Eine aktuelle Studie geht zum Beispiel davon aus, dass das Remanufacturing von elektrischen Haushaltsgeräten in Europa bis 2030 etwa 600.000 Menschen beschäftigen kann, verglichen mit weniger als 200.000 heute.<sup>53</sup> In anderen Bereichen wie Möbeln, Textilien oder Elektronik würden die Werte in ähnlichen Größenordnungen liegen. Dies sind gesamtwirtschaftlich und ressourcenlogisch wertschaffende Tätigkeiten, die dem Jobabbau durch Automatisierung entgegenwirken. Eine Studie der Green Alliance schätzt, dass allein durch stärkeren Ausbau von Remanufacturing in Deutschland bis 2025 zwischen 85.000 und 230.000 neue Arbeitsplätze entstehen können.<sup>54</sup>
- Es gibt einige Bereiche der Circular Economy, bei denen Automatisierung nur schwer möglich oder möglicherweise gar nicht erwünscht ist. Ein Beispiel sind Sharing-Plattformen in der Nachbarschaft, bei denen die soziale Interaktion ein wesentliches Element ist. Dasselbe gilt für einige Formen des Urban Farming, die bewusst darauf setzen, die Nahrungsmittelerzeugung in den Städten zu einem sozialen Experiment zu machen, das auch gesunde Ernährungsgewohnheiten fördert. So zielt das Projekt *Stadt macht satt* als Teil des Konzeptes Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) darauf ab, Städtern wieder den Ursprung von Lebensmitteln näher zu bringen.

Letztendlich hängt die zukünftige Entwicklung des Arbeitsmarkts in einer Circular Economy aber auch von den steuernden Entscheidungen des Gesetzgebers ab. Wir leben heute in einem System, das Arbeit sehr stark, Finanzkapital weniger und Naturkapital praktisch nicht besteuert. So trug im Jahr 2016 der Faktor Arbeit 64% zum Gesamtaufkommen von Steuern und Abgaben bei, Kapital 31%, die Besteuerung von Ressourcenverbrauch aber nur 5%.<sup>55</sup> Es liegt auch an uns, eine Politik einzufordern, die dieses Missverhältnis korrigiert.

## Fünf Gründe, warum Deutschland erfolgreich sein kann

Deutschland ist das Land der grünen Bewegung, der Recycling-/Abfall- bzw. Kreislaufwirtschaft und der Energiewende. Alle diese Umstellungen waren in ihrer jeweiligen Geburtsphase mit hitzigen Diskussionen und politischen und industriellen Verwerfungen verbunden. Jede dieser Bewegungen war auch fehlerbehaftet. Und doch haben sie oft nach einer Anpassungsphase neue Chancen für die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen hervorgebracht. Die hier skizzierte Wende hin zu einer Circular Economy greift tiefer als die Veränderungen der Vergangenheit, hat dafür aber umso mehr Potenzial: Sie kann das "Made in Germany" des 21. Jahrhunderts definieren. Aber um diese Chance wahrnehmen zu können, müssen wir sie aktiv gestalten. Bislang hat die deutsche Wirtschaft hier keine konzertierte Strategie; der Diskurs wird fast ausschließlich auf der politischen Ebene und im internationalen Kontext geführt.

Dabei ist Deutschland wahrscheinlich besser als jedes andere Land aufgestellt, um die Transformation der Industrie zu einer Circular Economy anzuführen. Hierfür sehen wir fünf Gründe:

### 1. Technologieführerschaft in elementaren Feldern

Die deutsche Industrie verfügt über die wesentlichen befähigenden Technologien und Spezialisierungen, die für den Übergang zu einer modernen Circular Economy vonnöten sind, sowohl im Hinblick auf die eigene Wirtschaft als auch für den Export:

- In der Materialforschung und Materialbearbeitung sind deutsche Universitäten führend. Unternehmen wie *BASF*, *Covestro*, *Siemens*, *Trumpf*, und *SGL Carbon* setzen weltweit Maßstäbe. Das Cradle-to-Cradle®-Konzept als Leitidee für Produktdesign und -nutzung wurde in Deutschland erfunden. Dementsprechend finden sich im deutschsprachigen Raum auch wesentliche Kompetenzen hierfür.
- In diesem Zusammenhang kann sich auch Deutschlands langjährige Erfahrung im Bereich Sammlung und – wenn auch weniger erfolgreich – Verwertung auszahlen. Sie kann als Grundlage für innovative Konzepte dienen, den Materialfluss in Produktion und Nutzung in einem Kreislauf zu organisieren. Dabei sollte der Fokus stärker als bisher darauf gesetzt werden, den Werterhalt von Materialien, Komponenten und Produkten schon in der Designphase und beim Geschäftsmodell während der Nutzung zu maximieren.
- Auch Produktionssysteme und ihre Anlagensteuerung sind weltweit häufig "Made in Germany". Entsprechend sitzt der deutsche Maschinenbau an den Hebeln, um die Circular Economy nicht nur in Deutschland, sondern weltweit einzuführen, unterstützt durch entsprechende Automatisierung, Digitalisierung und Vernetzung. Letztlich geht es um eine Verschmelzung von Industrie 4.0-Kompetenzen – einem Feld, in dem deutsche Unternehmen führend sind – mit den Prinzipien der Circular Economy.<sup>56</sup>

## 2. Industrielle Tugenden als Grundvoraussetzung

Neben der starken Aufstellung in Schlüsseltechnologien besitzt Deutschland einige qualifizierende Stärken, quasi industrielle Tugenden, die einen Wettbewerbsvorteil auf dem Weg in die Circular Economy darstellen:

- Systemisches Denken: Die Verknüpfung einzelner Elemente zu leistungsfähigen Systemen sowie die Beherrschung von Komplexität ist Kern vieler deutscher Erfolgsgeschichten. Sie sind sowohl die Grundlage von Anlagen- und Maschinenbau als auch von modernen zirkulären Wirtschaftskreisläufen.
- Qualität von Infrastruktur: Deutschland hat eine hervorragende technische Infrastruktur in erfolgskritischen Bereichen wie Transport, Energie- und Wasserversorgung oder Abfallwirtschaft. Auch die soziale Infrastruktur wie Bildung und Gesundheitssystem sind hoch angesehen. In zukunftsentscheidenden Bereichen entwickelt sich aber ein Rückstand (wie z.B. bei der Versorgung mit Breitband-Internetanschlüssen). Die gute Konjunktur bietet die Möglichkeit, hier die notwendigen Investitionen zu tätigen und so eine wichtige Grundlage für die Circular Economy und unsere industrielle Zukunft zu stärken.
- Zusammenarbeit von öffentlichem und privatem Sektor: Auch wenn sich diese Nähe in manchen Sektoren als Hindernis für wichtige politische Weichenstellungen und Reformen entpuppt hat, ist sie auch eine große Stärke, wenn sich alle Akteure auf ein gemeinsames Zielbild verständigt haben. Erfolgreich wird dies beim Thema Industrie 4.0 verfolgt. Ähnlich könnten Kooperationsmodelle zwischen Wirtschaft und öffentlichen Institutionen die Circular Economy voranbringen.
- Innovation: Deutschland hat sein Innovationsmodell in den letzten Jahren gefunden. Es besteht – anders als das amerikanische – nicht nur aus Venturing. Es besteht aus dem engen Zusammenwirken aus Venture und Venture Capital Communities, aus staatlichen Think Tanks und industrieller Innovation. Die Innovationsrate und die Innovationserfolgsrate sind deswegen hoch.<sup>57</sup> Deutschland verfügt über eine Innovationsmaschine, die für den systemischen Wandel hin zur Circular Economy erforderlich ist.

### 3. Attraktive Märkte für unternehmerisches Handeln

Wir sind überzeugt, dass mit der Transformation zu einer Circular Economy attraktive neue Märkte entstehen werden, in denen sich deutsche Unternehmen bei rechtzeitiger Weichenstellung erfolgreich positionieren können. Diese Märkte haben schon innerhalb Deutschlands potentiell eine signifikante Größe, aber für Deutschland als Exportnation sind sie insbesondere auch im internationalen Kontext interessant.

Die Studie "Growth Within" zeigt, dass die Integration in zirkuläre Systeme notwendig und sinnvoll ist: In Europa lassen sich im Vergleich zum Referenzszenario bis 2030 Kosten für die Gesellschaft in Höhe von 900 Mrd. Euro vermeiden.<sup>58</sup> Eine Abschätzung dieser Effekte für Deutschland beziffert dieses Potenzial auf rund 170 Mrd. Euro im Vergleich zum Referenzszenario.<sup>59</sup> Der Weg in dieses zirkuläre System könnte in Summe zu einem zusätzlichen Wirtschaftswachstum von ca. 0.3% pro Jahr führen.

Eine Nachfolgeuntersuchung hat zehn besonders relevante Märkte der Circular Economy für Europa in den Bereichen Mobilität, Ernährung, Gebäude und Stadtentwicklung identifiziert, die in Summe Investitionsmöglichkeiten in Höhe von bis zu 320 Mrd. Euro schaffen.<sup>60</sup> Diese sind zu guten Teilen unmittelbar verbunden mit den heutigen Königsdisziplinen der deutschen Industrie. So ist die Automobilbranche bestens dafür aufgestellt, in einem zukünftigen Markt für integrierte Mobilitätsdienstleistungen auf Basis vernetzter, autonomer und elektrischer Fahrzeuge und unter Einbindung anderer Mobilitätsformen eine führende Rolle zu spielen. Und der deutsche Maschinenbau könnte sich dadurch auszeichnen, in Zukunft nicht nur die Industrialisierung in anderen Ländern voranzutreiben, sondern in seinen Leistungen gleich Prinzipien der Circular Economy einzuschließen und so die Rohstoffproduktivität in diesen Ländern zu erhöhen.

### 4. Circular Economy als Basis einer neuen, gemeinsamen politischen Vision

Themen wie die Bedrohung durch den Klimawandel oder die neue Arbeitswelt in Zeiten der Digitalisierung werfen zentrale Fragen auf: Wo ist die Vision für eine wirtschaftliche Erneuerung? Wo sind die Ideen jenseits der politisch verhärteten Fronten? Wo ist der "Common Ground"? Die Vision eines zirkulären Industriemodells hat das Potenzial die Politik, die Wirtschaft und die Jugend zu beflügeln. Nach einer Serie europäischer Wahlen, die vor allem gesellschaftliche Probleme in den Vordergrund gespielt haben, besteht Bedarf nach neuen, unverbrauchten Politikfeldern. Die Circular Economy bietet diese Projektionsfläche für eine Vielzahl unterschiedlicher Interessensgruppen, auch innerhalb der Parteien, die sich momentan in Koalitionsgesprächen befinden. So setzen die Grünen auf ökologische Erneuerung und regenerative Wertschöpfung, die Liberalen auf unternehmerische Erneuerung sowie beschleunigte Digitalisierung, während sich die Unionsparteien der Sicherung des Erfolgs der deutschen Industrie verpflichtet fühlen. Dies sind just die strategischen Komponenten, derer es bedarf, um beim Zukunftsthema zirkuläre Wertschöpfung zügig voranzukommen. Und auch Arbeitgeber und -nehmer werden in ihren Anliegen gespiegelt: Auf dem Kongress der Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Erde wurde deutlich, dass die Arbeitnehmerseite eine neue Vision für den Industriestandort Deutschland einfordert. Nur zwei Wochen zuvor hat der Verband der Chemischen Industrie, also die Arbeitgeberseite, betont, dass eine zirkuläre Wirtschaftsform für die Chemie genauso notwendig ist wie die konsequente Anwendung von Digitalisierung.<sup>61</sup>

### 5. Internationale Entwicklungen als Vorbild und Antrieb

Die Umsetzung der Circular Economy ist ein gesamtgesellschaftliches Projekt. Wenn sich einige relevante Akteure diesem Ziel verschreiben und als Katalysatoren wirken, ist eine breitangelegte,

um sich greifende Mobilisierung denkbar. Es hilft, dass die EU-Kommission einen Circular Economy Action Plan verabschiedet hat und nun von den Mitgliedsstaaten dessen Umsetzung durch nationale Strategien erwartet. Einige Länder haben, angeführt von der Industrie, die Vision aufgegriffen:

- In Dänemark wurde ein Circular Economy Advisory Board unter der Leitung des Vorsitzenden der Carlsberg-Stiftung Flemming Besenbacher ins Leben gerufen. Dieses hat im Juni 2017 der Regierung 27 Handlungsempfehlungen gegeben, in unterschiedlichen Bereichen wie Forschungspolitik, Finanzierungshilfen, Regulierung im Baugewerbe, die Förderung von Reparaturen sowie die Aufnahme von Indikatoren in die volkswirtschaftliche Betrachtung.<sup>62</sup>
- Die staatliche Innovationsagentur Sitra steuert den Umbau Finnlands zur Circular Economy. Über ein Jahr lang beteiligte Sitra hunderte Person aus unterschiedlichsten Sektoren wie Gewerkschaften, Unternehmen, Forschungseinrichtungen oder Ministerien und lud sie ein, Piloten, Ideen und Praktiken vorzuschlagen. Sie entwickelten so einen Fahrplan für die Circular Economy bis 2025. Dieser ermutigt die finnische Gesellschaft, die Veränderungen anzunehmen und Risiken einzugehen – durch rasche Versuche, konkrete Piloten und langfristige Politik.<sup>63</sup>
- In Frankreich wurde die Idee der Circular Economy 2015 in Gesetzesform übernommen. So müssen Werkstätten für Autos ihre Kunden ausdrücklich darauf hinweisen, wenn wiederaufbereitete Komponenten als Ersatzteile verfügbar sind. Parallel hat die Regierung Macron eine Arbeitsgruppe aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft eingesetzt, um bis 2018 einen Fahrplan für die Circular Economy zu entwerfen. Dieser hat vier Grundsäulen: einen zirkulären Ansatz für Plastik, um diese bis 2025 vollständig zu recyceln; wirtschaftliche Maßnahmen, um den Übergang zu beschleunigen; regionale Umsetzung der Circular Economy; sowie nachhaltige Produktion und Konsum.

Trotz dieser Ansätze gibt es bislang in Europa kein Führungsland für die Circular Economy, keinen Referenzfall. Deutschland kommt also nicht zu spät, wenn es diese Zielsetzung nun entschlossen aufgreift.

## Fünf Ideen, um den Systemwechsel konkret anzustoßen

Die zirkuläre Wertschöpfung als Erneuerungsmotor für Deutschland ist unsere Leitvision. Fünf konkrete Ideen, parallel oder nacheinander über die nächsten Jahre entwickelt, könnten dabei katalytisch wirken.

<b>Fünf Ideen, um den Systemwandel konkret anzustoßen</b>					
	<b>Materialbanken</b>	<b>Industrielle Cluster</b>	<b>Forschungsnetzwerk</b>	<b>Innovative Geschäftsmodelle</b>	<b>Startup Initiative</b>
<b>Herausforderung</b>	Wettbewerbsvorteil durch Werterhalt von Rohstoffen und Komponenten	Synergien durch stärkere Vernetzung für regionale und/oder internationale Ebene	Schließen von Forschungslücken für die Umsetzung der Circular Economy	Nutzen der Durchgängigkeit von Informationen durch Industrie 4.0 für neue Geschäftsmöglichkeiten	Unterstützung unternehmerischer Aktivitäten in innovativen Bereichen der Circular Economy
<b>Idee</b>	Informationsstruktur aufbauen: digitaler Material-Fingerabdruck, Materialdatenbanken	Kleine Zahl relevanter Cluster zu entscheidenden Themen: Logistik, IoT für Zirkularität, Materialdesign	Verzahnung von R&D- und Fachgrenzen hinweg bei strategisch wichtigsten Themen	Stoffstrommanagement und -werterhalt werden zusätzliche Bestandteile von Geschäftsmodellen	Startup-Förderung für neue Nutzungs-Produktions- und Produktkonzepte
<b>Plan</b>	Konzept für eine Informationsinfrastruktur für entwickeln, z.B. für Materialien im Bereich Elektromobilität	Konkrete Cluster-Projekte entwickeln, wirtschaftliches Potenzial analysieren, Akteure vernetzen	Konzertierte Aktion aus Forschung, Industrie und Politik starten, z.B. für Bioraffinerien bzw. alternative Kraftstoffe	Erarbeiten neuer Geschäftsmodelle anhand ausgewählter Anlagentypen, z.B. für die Photovoltaikproduktion	Gründerinitiative planen und umsetzen, z.B. im Bereich neuer Nahrungsmittel und Proteinquellen
<b>Beispiele</b>					

Quelle: Projektteam

### 1. Materialbank als Informationsinfrastruktur (z.B. für Elektromobilität)

**Die Herausforderung:** Im Jahr 2011 setzte die deutsche Industrie 1,9 Mrd. Tonnen Rohstoffe ein, um Endnachfragegüter im Wert von 2,5 Billionen Euro herzustellen.<sup>64</sup> Die Kosten für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen lagen bei über 870 Mrd. Euro.<sup>65</sup> Davon sind, nach Abzug von Brennstoffen und Hilfsmitteln, geschätzt 700 Mrd. Euro als Materialwert in den Gütern enthalten. Nach einem Nutzungszyklus geht dieser fast vollständig verloren.<sup>66</sup> Hochwertige Stähle werden zu geringwertigem Baustahl verschmolzen, Kunststoffe sind wegen der hohen Durchmischung nur thermisch verwertbar, Goldschlämme werden zu Asphalt. Ließe sich die Werterhaltung von heute 5% auf 25% steigern, so stünde der Wirtschaft ein zusätzliches Rohstoffvermögen von 140 Mrd. Euro zur Verfügung – ein kritischer Wettbewerbsvorteil! Was ist erforderlich, um dieses Betriebskapital als "Material Backbone" aufzubauen?

**Die Idee für Deutschland:** Materialwissenschaftler und Operations-Experten sind sich einig: Es fehlt an einer Informationsinfrastruktur. Fundamentale Fragen lassen sich heute für konkrete Produkte oft nicht beantworten:

- Welche Inhaltsstoffe enthält ein Produkt bzw. eine Komponente?
- Welche Herkunft haben diese Stoffe?
- Welches Alter hat es und welchen Belastungen war es ausgesetzt?

Wir benötigen also (digitale) Materialpässe. Diese könnten zu Materialdatenbanken zusammengefasst und mit anderen Systemen wie Handelsportalen verknüpft werden, so dass automatisch weitere, jeweils aktuelle Informationen verfügbar wären, z.B.

- Welche Eigenschaften hat das Material?
- Welche Einsatzmöglichkeiten gibt es – und welche sind ausgeschlossen?
- Welche Substitutionsmöglichkeiten bestehen?
- Welche Verdichtungs- und Wiederaufbereitungswege sind möglich?
- Wer sind Abnehmer und welche Zweitnutzungsmöglichkeiten bestehen?
- Zu welchen Marktpreisen werden Materialien gehandelt?

Diese Informationen würden große Vorteile schaffen: für Hersteller, Nutzer, Verwerter, Händler, Finanzierer, Regulierer. Sie könnten Ausgangspunkt für eine Welle von neuen Dienstleistungen sein, z.B. Finanzdienstleistungen (Material Banking im engeren Sinne der Finanzierung von Materialien), Versicherungen, Marktplätze, Analysedienste, und sie würden die Forschung befeuern.

**Ein möglicher Plan:** Weltweit gibt es bereits Versuche Materialdatenbanken einzuführen: *Granta*, *Buildings as a Material Bank*, *Google Portico*, oder *materia.nl*. Manche sind zu klein, nicht öffentlich zugänglich, ohne industrielle Unterstützung oder mit zu geringem Leistungsumfang. Der Aufbau erfordert eine breite industrielle Unterstützung. Wir schlagen vor, im Rahmen dieser Initiative und mit Hilfe eines Expertengremiums das Konzept für eine Informationsinfrastruktur für den Material Backbone Deutschland zu entwickeln und mit großen Ressourcennutzern abzustimmen.

Ein möglicher erster Themenschwerpunkt könnten die für die Elektromobilität erforderlichen Materialgruppen (Antrieb, Batterie, Chassis) sein. Gerade im Kontext dieses stark wachsenden Felds werden Rohstoffe in Ausmaßen erforderlich sein, die sie zu einem Erfolgsfaktor werden lassen.<sup>67</sup> Dabei muss ein besonderes Augenmerk auf den zukünftigen Verwendungszwecken und Erlösmöglichkeiten einer solchen Materialdatenbank liegen, so dass ihr wirtschaftlicher Nutzen sichergestellt ist. Der große Vorteil ist, dass heute die Weichen so gestellt werden können, dass wertvolle Materialien von Beginn an als Anlagegüter verstanden und verwaltet werden.

## 2. Industrieller Cluster (z.B. für eine zirkulare Materialwirtschaft)

**Die Herausforderung:** Technologien der Industrie 4.0 wie Digitalisierung, Robotik, digitale Verknüpfung und Big Data-Anwendungen werden von der Industrie bisher primär zur Effizienzsteigerung und Optimierung von Prozessen genutzt, nicht zur Neudefinition von Geschäftsmodellen im Sinne der Circular Economy. Solange der damit verbundene innovative Ansatz so eng verstanden wird, geht großes wirtschaftliches Potential an der deutschen Industrielandschaft vorüber. Gründe dafür sind fehlendes Wissen und fehlender Austausch von Forschung, Designern, Produktionsoptimierern, Nutzern und Verwertern.

**Die Idee für Deutschland:** Eine digital getriebene Circular Economy in Deutschland, mit einem zirkulären Warennetzwerk, neuen Produkten und Prozessangeboten, integrierten Wertschöpfungsketten und neuen Lieferwegen erfordert branchenübergreifende Bündelung von Kompetenzen aus Forschung und Industrie. Anwendungsnahe Industrie- und Forschungszentren können gemeinsam den Baustein dafür legen, dass Deutschland einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil aufbaut. Deutschland sollte eine kleine Zahl weltweit relevanter Cluster aufziehen. Wir sehen drei Themen die ein solches Cluster erfordern: Logistik, Digitalisierungstechnologien und Materialdesign.

1. Logistik: Es gibt bereits über 30 Logistikcluster in Deutschland, die sich jedoch primär mit regionalen Problemstellungen beschäftigen. Besonders das Thema Rückwärtslogistik ist meist an spezialisierte Unternehmen ausgelagert. Sie ist jedoch einer der wichtigsten Hebel, um ein zirkuläres Stoffstromsystem zu gewährleisten. Grundlage für eine effiziente Rückführung sind Produktdesign und Trennbarkeit der Materialien (siehe Cluster 3) und ein Überblick, wo und in welchem Zustand sich einzelne Materialien befinden (sensorbasierte Nachverfolgung in Echtzeit, ermöglicht durch Cluster 2). Wirtschaftlich sinnvoll wird Rückwärtslogistik erst durch Skaleneffekte, was schneller im Industrieverbund erzielt werden kann.
2. Digitalisierungstechnologien: Technologien wie Digital Twins, smart sensors und Tracking-Systeme ermöglichen eine gezielte Überwachung, Wartung und Rückführung von Produkten und Materialien. Die Zukunftsvision basiert hier auf der Idee, dass die richtigen Rohmaterialien und Komponenten für das richtige Produkt zur richtigen Zeit zur Verfügung stehen. Dieser Ansatz verändert fundamental die Art und Weise, in der Unternehmen Materialbeschaffung und -verarbeitung gestalten. Für hochtechnologische Produkte ebnen Digitalisierungstechnologien den Weg für neue Nutzungsmodelle im Sinne von Produkt- als-Dienstleistung oder erweiterte Leasing-Konzepte.
3. Materialdesign: Selbst Materialien, die heute bereits wiederverwertet werden, erleiden einen hohen Wertverlust. Dies liegt vor allem daran, dass sie nicht sortenrein wiederhergestellt werden können und damit ihre Qualität sinkt. Hier ist "Design-to-remanufacture" das wichtigste Stichwort, um sämtliche Leistungen bereits in der Designphase entsprechend zu berücksichtigen, die nötig sind, um ein Produkt von Anfang an entlang der Circular Economy-Prinzipien zu gestalten. Die Wirtschaftlichkeit der Materialrückgewinnung aus Einzel- oder Verbundstoffen wird bestimmt durch die Trennbarkeit der Materialien und die zu erzielenden Recyclingraten und -qualität, was primär ein Forschungs- und Entwicklungsproblem ist. Das Design einer Windkraftanlage sollte z.B. darauf abzielen, die Nutzbarkeit energieintensiver und hochwertiger Glas- & Carbonfasern auch nach dem Rückbau zu erhalten. Dasselbe gilt für die Konzeption neuer Automobile, die als autonome Flotten und im Sharing-Modell vollkommen anderen Anforderungen genügen müssen als im heutigen Individualverkehr.

Deutschland verfügt bereits über erste vielversprechende Initiativen (z.B. im Technologiezentrum Augsburg, Materials Valley e.V., Bayerisches IT-Logistikcluster), doch diese bedürfen einer deutlich stärkeren Integration über Wertschöpfungsketten und Regionen.

**Ein möglicher Plan:** Im Rahmen dieser Initiative entwickelt eine Arbeitsgruppe eine Liste möglicher konkreter Cluster-Projekte anhand der Bedürfnisse der beteiligten Unternehmen, untersucht das wirtschaftliche Potential und wirbt um Teilnehmer. Die Initiative tritt als Katalysator, Beschleuniger und Geburtshelfer auf.

### 3. Forschungsnetzwerk (z.B. für Bioraffinerien und alternative Treibstoffe)

**Die Herausforderung:** Der Erfolg zirkulärer Wertschöpfung liegt in der Inter- und Transdisziplinarität – in Netzwerken. Insbesondere die organischen Stoffkreisläufe bieten ein solches Kooperationsfeld – in dem Deutschland über starke Kompetenzen verfügt, diese jedoch nicht in zirkuläres "System-IP" überträgt. Bereits heute bestehen zahlreiche Konzepte, organische Chemikalien durch regenerative Synthesewege herzustellen. So könnten fossile Kohlenwasserstoffe in heutigen Kernanwendungen wie Mobilität oder Kunststoffherstellung ersetzt werden. Diese Konzepte gehen deutlich über die heutige Herstellung von Bio-Kraftstoff hinaus. Dabei variiert der Forschungsfortschritt zwischen Bioraffinerien und synthetischer CO<sub>2</sub>-Umsetzung stark: Bei Bioraffinerien bestehen erste kommerzielle Nischenprodukte, während bei der CO<sub>2</sub>-Synthese gerade eine grundsätzliche technische Machbarkeit erwiesen ist. Eine breite kommerzielle Nutzung, über

Leuchtturm-Projekte hinaus, scheitert bis heute am deutlichen Abstand im Kostengefüge: Die Optimierung fossiler Verfahrens- und Synthesewege ist gerade durch deutsche Unternehmen über Jahrzehnte durch vielfältige Maßnahmen wie Kuppelproduktion, Homogenisierung des Inputs, Optimierung der Verfahrensführung und Katalysatoren und vor allem Skalierung optimiert. Bei den alternativen Synthesewegen sind diese Optimierungspotentiale noch nicht realisiert. Besonders herausfordernd ist es, Endprodukte mit gleichbleibender Qualität herzustellen. Bei in der Zusammensetzung variierenden Naturprodukten mit geringerer Energiedichte ist eine großtechnische Anlagenführung erschwert. Auf der Abnahmeseite müssen Änderungen in nachfolgenden Verarbeitungsschritten erwirkt werden, da die Produkte häufig zwar vergleichbar, aber doch anders als die heutigen Standardprodukte sind.

Der Aufwand weiterer Forschung ist es Wert, da Durchbrüche bei alternativen Rohstoffquellen für Kohlenwasserstoffe systemisch und kommerziell äußerst attraktiv wären. So wird der globale Markt für die attraktivsten biobasierten Produkte, wie zum Beispiel Ethanol, Furane, Sorbitol oder Bernsteinsäure, im ersten Schritt auf 10-15 Mrd. US-Dollar geschätzt.<sup>68</sup> Insgesamt wäre bei einem wettbewerbsfähigen Angebot sogar ein signifikanter Teil des 2,5 Billionen Euro schweren globalen Chemiemarktes erreichbar, ggf. sogar die Substitution von Mineralöl.

**Die Idee für Deutschland:** Deutschland bringt auf diesem Feld mit herausragenden Kompetenzen in Grundlagen- und Anwendungsforschung in öffentlichen und unternehmerischen Forschungsnetzwerken alle Erfolgsvoraussetzungen mit. Insbesondere sind wesentliche fachliche Fähigkeiten in Chemie, Materialwissenschaften, Anlagenbau und Biotechnologie sehr gut verfügbar, für die die enge Verzahnung über Organisations- und Fachgrenzen hinweg und entlang der gesamten Wertschöpfungskette entscheidend ist.

**Ein möglicher Plan:** Wir stellen eine konzertierte Aktion zur Debatte, um die Forschungsförderung und Unterstützung der Kommerzialisierung im Bereich von Bioraffinerien und synthetischen Kraftstoffen zu fokussieren und – wo sinnvoll – zu erhöhen. Eine Arbeitsgruppe bestehend aus Vertretern der Forschung, Industrie und Politik sollte dabei eine Priorisierung und eine ehrliche Bestandsaufnahme von Fähigkeiten und Förderungen vornehmen, inklusive der Aktivitäten im Rahmen der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie. Es sollte sichergestellt werden, dass Deutschlands Forschung in den ausgewählten Bereichen global wettbewerbsfähig ist und dass sie möglichst geringen technologischen Beschränkungen unterworfen ist.

#### 4. Innovative Geschäftsmodelle im Anlagenbau (z.B. in der Photovoltaik)

**Die Herausforderung:** Erst die heutigen leistungsfähigen Rechner- und Datenkapazitäten erlauben eine tiefe Integration entlang der Wertschöpfungskette. Fehlende Transparenz und/oder hohe Transaktionskosten haben bisher den Weg zu einem Interessenabgleich von Hersteller (möglichst hoher Absatz) und Kunde (möglichst geringe Kosten) und einer angemessenen Risikoverteilung verhindert. Nun besteht mit Werkzeugen der Industrie 4.0 und kostengünstigen Systemen zur Vertragsabwicklung tatsächlich die Möglichkeit, gemeinsam nicht nur die Produktivität von Anlagen zu steigern und so Effizienzgewinne zu erzeugen wie es zum Beispiel mit "Smart Services" erfolgt, sondern auch die Durchgängigkeit von Informationen für neue Geschäftsmöglichkeiten zu nutzen.

**Die Idee für Deutschland:** Angewandt auf den Bereich der Circular Economy heißt dies, dass die Hersteller von Produktionsanlagen und Maschinen das Management von Stoffströmen über den eigentlichen Produktionsprozess hinaus berücksichtigen und in ihr Geschäftsmodell einbinden. Dies erfordert das Denken in Netzwerken, die auch die Zulieferer von Rohmaterialien und die Beteiligten in der Nutzungsphase einschließen. So könnten zum Beispiel die Hersteller von landwirtschaftlichen Nutzmaschinen in Zusammenarbeit mit Landwirten, Wasserversorgern und Umweltbehörden ein neues Modell zur Bewirtschaftung von Flächen entwickeln: Dieses optimiert den Stickstoffeintrag auf Basis von Boden-, Wetter- und Pflanzendaten in Echtzeit, aber nicht nur

im Hinblick auf den maximalen Ertrag, sondern auch auf die Minimierung der Kosten zur Wasserversorgung. Über digitale Systeme könnte ein entsprechender Zahlungsausgleich stattfinden. Ähnlich könnten die Hersteller von Anlagen zur Produktion von Photovoltaik-Modulen bereits in der Konzeption berücksichtigen, wie die Module am Ende ihrer Lebenszeit optimal verwertet werden, inklusive der Geldströme, die sich aus der erweiterten Produzentenhaftung ergeben.

**Ein möglicher Plan:** Wir schlagen vor, diese neuartigen Geschäftsmodelle anhand von einer kleinen Anzahl von Maschinentypen zu erarbeiten – in einer Kooperation von Herstellern und Kunden sowie anderen Unternehmen, die bei Themen wie Finanzierung, Rechnungsabwicklung und Service eine wichtige Rolle spielen werden.

## 5. Startup-Initiative (z.B. für alternative Eiweißquellen)

**Die Herausforderung:** Proteine aus pflanzlicher oder tierischer Herkunft sind eine lebenswichtige Grundlage in der menschlichen Ernährung. Die Produktion dieser Proteine geht in der konventionellen Landwirtschaft einher mit enormem Wasser- und Landressourcenverbrauch sowie mit der Überfischung der Weltmeere für die Produktion von Fischmehl. Doch es gibt Alternativen, die ganz im Zeichen der Kreislaufwirtschaft stehen und eine nachhaltige, lokale Produktion ermöglichen: hefe-basierte Produkte, Algen, Hülsenfrüchte, soja-basierte Proteine, nachhaltige Aquakulturen, in-vitro Fleisch und Insekten. Diese sind allerdings bisher – wenn überhaupt – in frühen Stadien von Erprobung und Kommerzialisierung und stehen einer hoch entwickelten und optimierten Nahrungsmittelindustrie gegenüber.

**Die Idee für Deutschland:** Insekten zum Beispiel liefern qualitativ hochwertiges Protein und Nährstoffe und sind damit eine alternative Eiweißquelle für den menschlichen Verzehr oder als Futtermittel in der Zucht von Nutztieren.<sup>69</sup> Insekten haben einen niedrigeren umweltbedingten Fußabdruck über den gesamten Lebenszyklus, bezogen auf CO<sub>2</sub>-Ausstoß, Wasser- und Flächenverbrauch.<sup>70</sup> Ein weiterer Vorteil: Insekten sind hervorragende Recycler. Sie können bis zu 70% der Proteine und Nährstoffe aus organischem Abfall wiedergewinnen. Mit Blick auf die Umsetzung einer Circular Economy eine wichtige Funktion, wenn es um die Nährstoffkreisläufe und die Verwertung von Neben- und Koppelprodukten aus dem Lebensmittelsektor geht. Die dafür notwendigen Reformen von EU-Verordnungen werden gerade sukzessive umgesetzt.

Eine weitere vielversprechende Proteinquelle bietet sich durch Lupinen, eine Hülsenfrucht mit besonders hochwertigen und basischen Eiweißen. Lupinenprotein enthält alle essentiellen Aminosäuren in einem sehr guten Verhältnis und kann wie Mehl beigemischt werden.<sup>71</sup> Ein weiterer Vorteil: Im Anbau bindet die Lupine nennenswerte Mengen an Stickstoff und Phosphat im Boden. Diese bodenverbessernden Eigenschaften machen sie zu einer beliebten Zwischenfrucht für Landwirte.

Neben weiteren Hülsenfrüchten wie Erbsen, Saubohnen und Soja können pflanzliche Eiweiße wie Mycoprotein aus Pilzkulturen oder Algenprotein gewonnen werden. Tierische Eiweiße lassen sich zum Beispiel in hocheffizienten Aquakulturen oder im Labor (in-vitro Fleisch) herstellen.

Frankreich hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2030 eine globale Führungsrolle im Bereich "intelligente Proteine" einzunehmen. Neben einem "Nationalen Proteinplan" gibt es ein Industriekonsortium, dem alle großen französischen Lebensmittelkonzerne angehören. Mit einem Budget von 1 Milliarde Euro werden Forschungsprojekte unterstützt, die Markteinführung neuer Produkte erleichtert und innovative Start-ups gefördert.

**Ein möglicher Plan:** Über einen Zeitraum entwickelt diese Initiative mit interessierten Teilnehmern einen Aktionsplan für eine Gründerinitiative im Bereich neuer Nahrungsmittel und Proteinquellen, dem Vorbild Frankreichs folgend. Dazu werden Marktpotenziale, Technologien und Akteure bewertet und ein Mobilisierungsplan erstellt. In dessen Herz könnte ein Businessplanwettbewerb, ein Inkubationskonzept oder Kooperationen zwischen Industrie und Startups stehen. So

werden beispielsweise Möglichkeiten identifiziert, um Abfall- bzw. Nebenprodukte (z.B. Biomasse aus Zuckerindustrie oder Brauereien) in die Produktion alternativer Eiweiße fließen zu lassen, Abnahmemengen über einen längeren Zeitraum zu vereinbaren und bestehende Logistikketten zu nutzen. Im Kern stehen neue Nutzungs-, Produktions- und Produktkonzepte – hochinnovativ, ökologisch und "Made in Germany".



## Gemeinsam zur Umsetzung

Wir sehen die Circular Economy als eine Agenda der industriellen Erneuerung. Es erfordert eine gemeinsame Vision, engen Austausch und konkrete Projekte. Diese Initiative wurde gestartet, um alle drei Voraussetzungen zu schaffen. Jetzt ist der richtige – und dringende – Zeitpunkt, die deutsche Industrie für die Herausforderungen und Disruptionen des 21. Jahrhunderts aufzustellen und in Richtung der Circular Economy zu bewegen. Gerade aus einer Position der Stärke heraus ist es leichter, Unterstützung zu gewinnen, Ressourcen bereitzustellen und Investitionen zu tätigen.

Die hier vorgestellte Initiative sieht sich als Katalysator, Plattform und Sprachrohr für das wachsende Segment der deutschen Industrie, die in einem Übergang zu einer marktlich organisierten Circular Economy eine Quelle der Erneuerung, einen Innovationsmotor und ein Leitmotiv für ein neues "Made in Germany" im 21. Jahrhundert sieht. Mit acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, der Ellen MacArthur Foundation und SYSTEMIQ haben wir dabei relevante Kompetenzen gebündelt. Alle drei Partner investieren eigene Ressourcen in die Initiative. Und sie bieten der Industrie an, als Vermittler, Architekt für Allianzen und Taktgeber zu wirken. Nach der Konsultation mit Industrievertretern – startend mit einer Veranstaltung während des Weltklimagipfels in Bonn – wollen wir im kommenden Jahr drei Handlungsstränge verfolgen:

1. **Eine kleine, schlagkräftige operative Einheit aufbauen**, das zum Sprachrohr für die Circular Economy in Deutschland wird. Sie vertritt die Botschaften dieses Diskussionspapiers, entwickelt sie weiter, fungiert als Gesprächspartner für Unternehmen, Politik, Wissenschaft und Zivilgesellschaft und verbindet sich mit nationalen und internationalen Aktivitäten ähnlicher Stoßrichtung. Außerdem vernetzt es die Teilnehmer der Initiative, steuert die Projektarbeit, sichert die Ressourcen und legt eine mittelfristige Themenabfolge fest.
2. **Eine kleine Zahl konkreter Initiativen vorantreiben**, angelehnt an die oben genannten Beispiele. Dies soll immer in dem Bestreben erfolgen, durch Innovation und unternehmerisches Handeln den Wechsel hin zu zirkulären Systemen zu beschleunigen und Entwicklungsmotor für die industrielle Erneuerung zu sein.
3. **Die Idee einer nationalen Roadmap für zirkuläre Wertschöpfung verfolgen** wie sie in anderen Ländern bereits erarbeitet wurde. In Finnland und Dänemark zum Beispiel haben Konsultationsprozesse und Sektoranalysen dazu geführt, dass die Agenda für die Circular Economy breiten Rückhalt in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft hat. Dies ist von großer Bedeutung für die notwendigen Weichenstellungen in der Politik und die Veränderungsbereitschaft in der Bevölkerung. Diese Initiative bietet sich hierfür als Dialogplattform an.

Für dieses Programm wollen wir in den nächsten Monaten Unternehmen, Wissenschaft und andere Institutionen als Unterstützer finden. Als Teilnehmer sollten innovative Konzerne, Mittelständler und Startups genauso wie wissenschaftliche Einrichtungen und öffentliche Institutionen zusammenarbeiten. Die Klammer besteht also nicht in der Größe von Unternehmen und Organisationen, sondern in ihrer Bereitschaft zum aktiven Paradigmenwechsel in der Betrachtung von Ressourcen als strategischem Wettbewebsvorteil.



## QUELLEN

- <sup>1</sup> Destatis (2017): Statistisches Jahrbuch 2016.
- <sup>2</sup> acatech (2017): Wegweiser Smart Service Welt.
- <sup>3</sup> acatech (2015): Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft.
- <sup>4</sup> Unternehmensangaben; Wirtschaftspresse.
- <sup>5</sup> acatech (2016): Digitale Serviceplattformen.
- <sup>6</sup> acatech et al. (2017): Innovationsindikator 2017.
- <sup>7</sup> <https://www.cbinsights.com/research-unicorn-companies> (abgerufen am 17. Oktober 2017). Eurostat: Europe 2020 indicators – R&D and innovation.
- <sup>8</sup> Clayton Christensen (1997): The innovator's dilemma.
- <sup>9</sup> UNU-IHDP und UNEP (2014): Inclusive Wealth Report 2014.
- <sup>10</sup> Trucost. (2013). Natural Capital at Risk: The Top 100 Externalities of Business, sowie Trucost-eigene Daten.
- <sup>11</sup> UNU-IHDP und UNEP (2014): Inclusive Wealth Report 2014.
- <sup>12</sup> UN Statistics Division: Sustainable Development Goals Indicators. <http://data.un.org> (abgerufen am 6. November 2017)
- <sup>13</sup> Umweltbundesamt (2016): Die Nutzung natürlicher Ressourcen.
- <sup>14</sup> EU (2009): Verordnung zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO2-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen.
- <sup>15</sup> <http://www.mining.com/community-opposition-forces-newmont-abandon-conga-project-peru/> (abgerufen am 7. November 2017).
- <sup>16</sup> Carbon Tracker Initiative (2013): Unburnable Carbon 2013: Wasted Capital and Stranded Assets.
- <sup>17</sup> South Pole Carbon Asset Management (2016): Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Finanzmarktstabilität.
- <sup>18</sup> Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (2016): Deutschland – Rohstoffsituation 2015.
- <sup>19</sup> Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut (HWWI): Rohstoffpreisindex 1980 – 2016.
- <sup>20</sup> Bain & Company (2010): Stahl: Höhere Preise, mehr Volatilität, geringere Renditen.
- <sup>21</sup> Hamilton (2013). Historical Oil Shocks. Deloitte (2016): The oil mighty: The economic impact of oil price fluctuations.
- <sup>22</sup> Eigene Berechnungen auf Basis von Deutsche Rohstoffagentur (2016): Rohstoffinformationen.
- <sup>23</sup> Eigene Berechnungen aus Basis von Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2016): Deutschland – Rohstoffsituation 2015.
- <sup>24</sup> Deutsche Rohstoffagentur (2016): Rohstoffinformationen.
- <sup>25</sup> Deutsche Rohstoffagentur (2016): Rohstoffe für Zukunftstechnologien.
- <sup>26</sup> Wuppertal Institut. <https://wupperinst.org/themen/ressourcen/> (abgerufen am 23. Oktober 2017).
- <sup>27</sup> Global Footprint Network. <http://data.footprintnetwork.org/> (abgerufen am 23. Oktober 2017).
- <sup>28</sup> Umweltbundesamt (2017): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2015.
- <sup>29</sup> Umweltbundesamt (2017): Rohstoffproduktivität - Rohstoffentnahme und Importe im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt.
- <sup>30</sup> Bundesregierung (2016): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016.
- <sup>31</sup> Edelmannergo (2017): Trust Barometer Deutschland.
- <sup>32</sup> Ellen MacArthur Foundation, SUN, McKinsey (2015): Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe.
- <sup>33</sup> Ellen MacArthur Foundation, SUN, McKinsey (2015): Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe.

- <sup>34</sup> EPEA Internationale Umweltforschung. <http://www.epea-hamburg.org/> (abgerufen am 6. November 2017)
- <sup>35</sup> Energy Transition Commission (2017): Better Energy, Greater Prosperity.
- <sup>36</sup> VGB Powertech (2015): Levelized cost of electricity.
- <sup>37</sup> Bundesnetzagentur: Pressemitteilung vom 13. April 2017.
- <sup>38</sup> REN21 (2017): Renewables 2017. Global Status Report.
- <sup>39</sup> Agora Energiewende (2015): Insights from Germany's Energiewende. Siemens (2014). Social Cost of Electricity.
- <sup>40</sup> Bloomberg New Energy Finance (2017): New Energy Outlook.
- <sup>41</sup> Umweltbundesamt (2017): Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft und Stickstoffüberschuss.
- <sup>42</sup> TEEB Deutschland (2012): Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft.
- <sup>43</sup> Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2016): Ernte 2016: Mengen und Preise.
- <sup>44</sup> Umweltbundesamt (2016): Die Nutzung natürlicher Ressourcen 2016.
- <sup>45</sup> Deutsche Rohstoffagentur (2016): Rohstoffinformationen.
- <sup>46</sup> Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (2017): Naturgefahrenreport 2017.
- <sup>47</sup> Forschungsverbund Elbe-Ökologie (2001): Monetäre Bewertung einer nachhaltigen Entwicklung der Stromlandschaft Elbe – Endbericht.
- <sup>48</sup> Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2012): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur.
- <sup>49</sup> Knoke (2007): Finanzielle Risiken von Rein- und Mischbeständen.
- <sup>50</sup> Naturkapital Deutschland TEEB (2012): Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft.
- <sup>51</sup> McKinsey Global Institute (2017): Where machines could replace humans – and where they can't (yet).
- <sup>52</sup> The Netherlands Organization for Applied Scientific Research (2013): Opportunities for a circular economy in the Netherlands. Wijkman/ Skånberg (2015): The Circular Economy and Benefits for Society. WRAP (2015): Employment and the Circular Economy.
- <sup>53</sup> Norsk Ombruk (2017): The benefits case for remanufacturing.
- <sup>54</sup> Green Alliance (2015): Unemployment and the circular economy in Europe. A study on opportunities in Italy, Poland and Germany.
- <sup>55</sup> Forum Öko-soziale Marktwirtschaft (2017): Die Finanzierung Deutschlands über Steuern auf Arbeit, Kapital und Umweltverschmutzung.
- <sup>56</sup> acatech (2016): Industrie 4.0 im globalen Kontext.
- <sup>57</sup> acatech et al. (2017): Innovationsindikator 2017.
- <sup>58</sup> Ellen MacArthur Foundation, SUN, McKinsey (2015): Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe.
- <sup>59</sup> Ellen MacArthur Foundation, SUN, McKinsey (2016): Circular Economy: Werte schöpfen, Kreisläufe schließen.
- <sup>60</sup> Ellen MacArthur Foundation, SUN, McKinsey (2016): Achieving Growth Within.
- <sup>61</sup> Verband der Chemischen Industrie e.V. (2017): Chemie 4.0: Innovationen für eine Welt im Umbruch.
- <sup>62</sup> Advisory Board for cirkulær økonomi (2017): Anbefalinger til regeringen.
- <sup>63</sup> Sitra (2016): Leading the cycle.
- <sup>64</sup> Umweltbundesamt (2016): Die Nutzung natürlicher Ressourcen 2016.
- <sup>65</sup> Statistisches Bundesamt (2013): Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden 2011.
- <sup>66</sup> Ellen MacArthur Foundation, SUN, McKinsey (2015): Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe.
- <sup>67</sup> Öko-Institut (2017): Strategien für die nachhaltige Rohstoffversorgung der Elektromobilität.
- <sup>68</sup> IEA Bioenergy (2011): Value Added Products from Biorefineries.
- <sup>69</sup> FAO (2013): Forestry Paper 171. Edible insects: future prospects for food and feed security.
- <sup>70</sup> Oonincx et al. (2010): An exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption.
- <sup>71</sup> Lucas et al (2015): The future of lupin as a protein crop in Europe.





Bei Rückfragen und Feedback stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Susanne Kadner, acatech  
kadner@acatech.de

Sören Buttkereit, SYSTEMIQ  
soeren.buttkereit@systemiq.earth

SYSTEMIQ



ELLEN MACARTHUR  
FOUNDATION

acatech  
DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN