Deloitte.

VERBAND DER CHEMISCHEN INDUSTRIE e.V.
WIR GESTALTEN ZUKUNFT.
VCI

Chemie 4.0

Wachstum durch Innovation in einer Welt im Umbruch

Endbericht

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 04

Executive Summary 05

Motivation und Ziel der Studie 13

Methodologie 16

Umfeldanalyse 17

- Energie & Rohstoffe 18
- Business-to-Business 22
- Business-to-Consumer 28
- Landwirtschaft 29
- Pharmazie & Gesundheitswesen 31
- Zwischenfazit 34

Digitalisierung in der Chemieindustrie 42

- Transparenz & digitale Prozesse 43
- Datenbasierte Betriebsmodelle 44
- Digitale Geschäftsmodelle 51

Zirkuläre Wirtschaft und Chemieindustrie 58

Zusammenspiel zwischen Digitalisierung und zirkulärer Wirtschaft 71

Die Rolle der Chemieindustrie in ökonomischen Netzwerken 78

Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen 88

- Anforderungen an die Unternehmen und Verbände 88
- Besondere Aspekte beim politischen Regulierungsrahmen der Digitalisierung 96
- Besondere Aspekte beim politischen Regulierungsrahmen der zirkulären Wirtschaft 98
- Unterstützung durch Verbesserung der allgemeinen politischen Rahmenbedingungen 100

Glossar – Umfeldtrends 103

Quellen 106

Kontakt 111

Vorwort des VCI-Präsidenten

Die Unternehmen der chemisch-pharmazeutischen Industrie in Deutschland haben immer wieder gezeigt, dass sie die tektonischen Verschiebungen unseres Wettbewerbsumfeldes erfolgreich meistern können.

Beispiele in 150 Jahren industrieller Chemie sind der Rohstoffwandel, die Verlagerung der Wachstumszentren in die Schwellenländer und die heute breite gesellschaftliche Forderung eines nachhaltigen Wirtschaftens.

Kern unserer Wettbewerbsfähigkeit ist die Innovationskraft unserer Unternehmen: neue und verbesserte Moleküle, Produktions- und Geschäftsprozesse. Globalisierung, Spezialisierung und Fokussierung auf das Kerngeschäft haben unsere Branche seit den 1980er-Jahren in Europa geprägt. Jetzt sind wir in die nächste Phase eingetreten: „Chemie 4.0“. Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft sind dafür die prägenden Merkmale. Sie werden die Art und Weise, wie wir arbeiten, grundlegend verändern und sie fördern nachhaltiges Wirschaften.

Die Digitalisierung der Chemie bietet neue Chancen, aber auch Risiken. Sie wird Forschung und Entwicklung, Produktion und Geschäftsmodelle wandeln. Dabei ist es nicht einfach, Mythen von tatsächlichen Chancen und Risiken zu trennen, die richtigen Maßnahmen zu ergreifen und so einen Vorsprung im Wettbewerb zu erzielen. Dieser Wandel bietet für den hochentwickelten Chemie- und Pharmastandort Deutschland große Möglichkeiten, seine globale Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. Innovative Prozesse, Produkte und Dienstleistungen der Chemie- und Pharmaindustrie tragen entscheidend zu einer nachhaltigen Entwicklung der Gesellschaft bei. Unsere Branche wird auch künftig ein klassischer Lieferant von Werkstoffen sein, gleichzeitig wird aber unsere Rolle als Dienstleister noch wichtiger werden.

Vor diesem Hintergrund haben der VCI und seine Mitgliedsfirmen gemeinsam mit Deloitte Consulting untersucht, welche Entwicklungen das Chemie- und Pharmageschäft bis 2030 beeinflussen werden und was heute notwendig ist, um morgen die Chancen des Wandels zu nutzen. Daraus haben wir Empfehlungen abgeleitet, die sich an den Verband und die Unternehmen sowie an die Politik richten. Nur gemeinsam werden wir die Rolle der Chemie als Innovationsbasis für den Wirtschaftsstandort Deutschland ausbauen können.

Mein besonderer Dank gilt den vielen Experten, gerade auch aus den Mitgliedsunternehmen, die an den zahlreichen Workshops teilgenommen und zur Studie beigetragen haben, sowie den mittelständischen Unternehmen, die sich an der Online-Umfrage beteiligt haben. Ihr Wissen und ihre Einschätzung zur Zukunft der Branche haben diese Studie erst möglich gemacht.

Dr. Kurt Bock,
Präsident des Verbandes der Chemischen Industrie e.V.

Executive Summary

Die Chemieindustrie muss ihr bisheriges Geschäftsmodell erweitern, um langfristig erfolgreich zu sein.

Das ist das Ergebnis einer systematischen Analyse relevanter Trends im deutschen Chemie- und Pharmageschäft[i] (zusammenfassend: Chemieindustrie). Eine Verbesserung der politischen Rahmenbedingungen sollte diesen Prozess flankieren.

Die Studie „Chemie 4.0" zeigt, welche Wachstumschancen die Chemie in Deutschland in einer Welt des Umbruchs durch Innovationen realisieren kann, welche tiefgreifenden Veränderungen in den Unternehmen dafür nötig sind, und wie Verbände und Politik diesen Prozess begleiten können. Der Begriff „Chemie 4.0" steht dabei für eine neue Entwicklungsphase der chemisch-pharmazeutischen Industrie, in der die Schlüsselthemen Digitalisierung (siehe Kapitel „Digitalisierung in der Chemieindustrie") und zirkuläre Wirtschaft (siehe Kapitel „Zirkuläre Wirtschaft und Chemieindustrie") sowie deren Zusammenwirken eine zentrale Rolle spielen. Durch die erfolgreiche Transformation zur „Chemie 4.0" kann die Branche einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der UN-Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDG) liefern.

Die Entwicklung von Chemie 3.0 zu Chemie 4.0

	Chemie 3.0 **Globalisierung & Spezialisierung**	**Chemie 4.0** **Digitalisierung & Zirkuläre Wirtschaft**
Treiber des Wandels	Globalisierung, europäischer Binnenmarkt, wachsende Konkurrenz durch gasbasierte Chemie, Einfluss Finanzmärkte auf Unternehmensstrategien, Kommodifizierung	Digitale Revolution, Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Schließen von Stoffkreisläufen
Rohstoffe	Steigender Einsatz nachwachsender Rohstoffe und von Erdgas	Intensive Nutzung von Daten, Verwertung kohlenstoffhaltiger Abfälle, H_2 aus erneuerbaren Energien in Kombination mit CO_2 wird für die Produktion von Grundchemikalien eingesetzt
Technologie	Neue Synthese- und Produktionsverfahren durch Bio- und Gentechnologie, Vergrößerung einzelner Verfahren	Digitalisierung der Produktionsprozesse
Forschung	Enge Kooperation von universitärer Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung in Unternehmen	Dezentralisierung von F&E in den Kundenmärkten, Nutzung von Big Data, gemeinsame Entwicklung mit Kunden
Unternehmensstruktur	Internationalisierung Handel und Vor-Ort-Produktion im Ausland, Spezialisierung und Wachstum Mittelstand, Konsolidierung durch M&A, Entstehung Chemieparks	Flexiblere Kooperationen im Rahmen von ökonomischen Netzwerken, digitale Geschäftsmodelle und Konsolidierung
Produkte	Verbreiterung Produktpalette, Spezialitätenchemie orientiert an spezifischen Kundenbedarfen, neue Medikamente, Ersatz klassischer Werkstoffe durch chemische Produkte	Erweiterung des Spektrums der Wertschöpfung: Chemie wird zum Anbieter umfassender und nachhaltiger Lösungen für Kunden und Umwelt
Umwelt, Gesundheit und Sicherheit	Produktionsintegrierter Umweltschutz, zunehmende Produktsicherheit durch erweiterte Betrachtung der Stoffeigenschaften, Responsible Care	Nachhaltigkeit wird mit Chemie[3] (Ökologie, Ökonomie und Soziales) zum umfassenden Leitbild und Zukunftskonzept der Branche

[i] Branchenabgrenzung gemäß NACE 20/21.

Situations- und Trendanalyse

Aktuell gutes wirtschaftliches Umfeld

Deutschland steht wirtschaftlich im internationalen Vergleich gut da. Der Arbeitsmarkt ist in ausgezeichneter Verfassung. Deutsche Produkte sind weltweit gefragt. Die Außenhandelsbilanz ist stark positiv. Diese gute Performance hängt in besonderem Maße von der Wirtschafts- und Innovationskraft der heimischen Industrie ab, für die eine starke chemische und pharmazeutische Industrie wichtiger Partner und essenzieller Wachstumsmotor ist. Politik und Wirtschaft müssen allerdings aktiv daran arbeiten, diese Erfolgsgeschichte fortzuschreiben. Denn der Industriestandort Deutschland, und damit auch der Chemie- und Pharmastandort, steht vor großen strategischen und strukturellen Herausforderungen.

Wandel im gesellschaftlichen Umfeld

Nachhaltiges Wirtschaften und nachhaltiger Konsum gewinnen in der Gesellschaft an Bedeutung. Dies spiegelt sich unter anderem in den Bemühungen um höhere Ressourceneffizienz, treibhausgasneutrale Produktion sowie den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien und der Bioökonomie („Biologisierung" der Branche) wider. Das zunehmende Gesundheitsbewusstsein, der Wunsch nach Individualisierung von Produkten und sich ändernde Präferenzen der Konsumenten in einer „Sharing Economy" sind weitere wichtige Entwicklungstendenzen, auf die sich Unternehmen künftig einstellen müssen. Ferner führen die unter dem Schlagwort Digitalisierung zusammengefassten Entwicklungen zu umfassenden Veränderungen für alle Wirtschaftsbereiche.

Wettbewerb in der Chemie intensiviert sich

Das Wettbewerbsumfeld für die Chemie in Deutschland ändert sich. Die Nachfrage nach Chemieprodukten wird in Westeuropa in den kommenden Jahrzehnten insgesamt nur verhalten steigen. Größere Wachstumschancen liegen in den Schwellenländern Asiens, Südamerikas und längerfristig auch Afrikas. Deutsche Unternehmen und internationale Wettbewerber investieren in diese Märkte und ersetzen Exporte durch Produktion vor Ort. Aber auch die lokalen Produzenten bauen ihre Produktionskapazitäten aus, insbesondere in China. Darüber hinaus entstehen in den USA neue petrochemische Anlagen als Folge günstiger Energie- und Rohstoffkosten durch Schiefergas. Im rohstoffreichen Mittleren Osten hat sich die Produktionskapazität der Petrochemie in den letzten zehn Jahren verdoppelt, ein weiterer Kapazitätsausbau ist abzusehen. Diese zusätzlichen Kapazitäten führen zu einem großen und vergleichsweise kostengünstigen Angebot an Basischemie-Produkten auf dem Weltmarkt.

Inkrementelle Innovationen und disruptive Veränderungen im Chemiegeschäft

Das klassische Chemiegeschäft bietet den Unternehmen weiterhin gute Wachstumschancen: durch kontinuierliche Innovationen, die einen verbesserten Kundennutzen haben und sich weitgehend im Rahmen bestehender Produktportfolios und Prozesstechnologien sowie etablierter Geschäftsmodelle abspielen. Hierzu zählen zum Beispiel der Leichtbau in der Automobilindustrie, Innovationen auf Basis bewährter Wirkstoffe in der Medizin und

Produkte für energie- und materialeffizienteres Bauen. Solche Innovationsprozesse sind Teil des bestehenden Geschäfts- und Erfolgsmodells der Chemieindustrie in Deutschland. Die chemische Industrie in Deutschland ist gut aufgestellt, um diese Herausforderungen zu meistern. Sie wird damit auch in Zukunft einen entscheidenden Beitrag leisten und ihre Rolle als Innovations- und Wachstumsmotor der deutschen Industrie wahrnehmen.

Das Umfeld der Chemieindustrie in Deutschland verändert sich heute aber dynamischer als in den vergangenen Jahrzehnten. Disruptive Veränderungen in der Technologie, in der Gesellschaft und im Markt- und Wettbewerbsumfeld der Chemie werden zunehmen. Unternehmen sind daher gezwungen, bestehende Geschäftsmodelle zu überprüfen, neue zu entwickeln und sich gegebenenfalls strategisch neu auszurichten. Die Energiewende mit der Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien und die Mobilitätswende mit der Umstellung auf teilweise autonom fahrende, elektrisch angetriebene Car-Sharing-Flotten sind prominente Beispiele für Veränderungen mit erheblichen Auswirkungen auf das Chemiegeschäft.

Derartige disruptive Veränderungen haben durchschlagende Auswirkungen auf Produktportfolios, Prozesstechnologien und Wertschöpfungsstrukturen. Die Entwicklung der Elektromobilität mit sich neu bildenden Wertschöpfungsstrukturen in der Batterietechnik ist ein einschlägiges Beispiel für technologisch getriebene disruptive Veränderungen. Sie bieten den Chemiefirmen einerseits Chancen in neuen Wachstumsfeldern, stellen aber auch große Herausforderungen, Produkte und Dienstleistungen an die neuen Rahmenbedingungen anzupassen. Darüber hinaus ändern sich die Wertschöpfungsstrukturen: Durch die fortschreitende Digitalisierung und die Weiterentwicklung zirkulärer Wirtschaftsmodelle können sich Geschäftsmodelle und Rollenverteilung im Industrienetzwerk in den kommenden Jahren grundlegend verändern.

Schwerpunkte Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft

Digitale Transformation in der Chemieindustrie

Die Digitalisierung lässt sich in drei Kategorien mit verschiedenen Schwerpunkten unterteilen.

- Transparenz und digitale Prozesse umfassen das Sammeln und die erste Nutzung digitaler Daten bei operativen Prozessen innerhalb der Chemieunternehmen. So werden Effizienzpotenziale im Rahmen weitgehend unveränderter Produktions- und Geschäftsprozesse gehoben. Insbesondere in ihren kontinuierlichen und diskontinuierlichen Produktions-, aber auch in den Geschäftsprozessen ist die chemische Industrie hier vergleichsweise weit entwickelt. Dennoch bietet die Digitalisierung mit der Möglichkeit einer systematischen Erhebung digitaler Massendaten eine neue Grundlage, um Produktionsprozesse weiter zu automatisieren.

- Datenbasierte Betriebsmodelle nutzen betriebliche Massendaten intensiv zur Entscheidungsfindung und Effizienzsteigerung, gegebenenfalls werden sie zusätzlich mit externen Daten verknüpft. Entsprechende Anwendungen – z.B. in der vorausschauenden Wartung, in Prognoseverfahren und bei der Anwendung von Konzepten der virtuellen Realität und der fortgeschrittenen Simulation in der Forschung – werden von der Chemie derzeit vorangetrieben.

- Digitale Geschäftsmodelle bezeichnen Wertschöpfungsstrukturen, die bestehende Prozesse, Produkte oder Geschäftsmodelle fundamental verändern. Digitale Geschäftsmodelle zeichnen sich dadurch aus, dass Produkte und Services digital ergänzt werden, um den Kundennutzen zu steigern. Oft geschieht dies nicht durch ein einzelnes Unternehmen, sondern in digitalen Netzwerken, in denen verschiedene Anbieter gemeinsam Lösungen für den Kunden erbringen. Die Kunden sind dabei aktiv eingebunden und spezifizieren flexibel ihren jeweiligen Bedarf. Die Verknüpfung von digitalen Dienstleistungen mit Produkten der Chemieindustrie in der Digitalisierung der Landwirtschaft, bei der Additiven Fertigung (3D-und 4D-Druck) und in E-Health-Konzepten im Gesundheitssektor sind Beispiele für aktuelle Entwicklungen in diesem Bereich. Hier befindet sich die Branche derzeit in einer Aufbruch- und Entwicklungsphase.

Die digitale Transformation der deutschen Chemieindustrie hat begonnen. Datenbasierte Betriebsmodelle finden mehr und mehr Anwendung. Die hohe Bedeutung digitaler Geschäftsmodelle für die Zukunftsfähigkeit ist erkannt. Die Chemieunternehmen planen in den nächsten drei bis fünf Jahren mehr als eine Milliarde Euro in Digitalisierungsprojekte oder neue digitale Geschäftsmodelle zu investieren.

Schlüsselrolle der Chemieindustrie in der zirkulären Wirtschaft

Das in dieser Studie zugrunde gelegte Konzept der zirkulären Wirtschaft umfasst alle Beiträge zur Schonung von Ressourcen. Dies betrifft alle Aktivitäten,

- um die Ressourceneffizienz in allen Stufen der Wertschöpfungskette (Lieferanten, Chemieindustrie, Kunden) zu steigern,

- um die Lebensdauer von Produkten und Komponenten zu erhöhen und den Ressourcenverbrauch in der Anwendung zu reduzieren,

- um Kreisläufe u.a. durch Wiederverwendung, Recycling, stoffliche und energetische Verwertung oder biologischen Abbau möglichst weitgehend zu schließen und Reststoffe möglichst effizient zu verwerten.

Nur durch ein solch umfassendes Verständnis der zirkulären Wirtschaft werden ihre Bedeutung und der Beitrag, den die Chemieindustrie dazu leisten kann, deutlich. Es ist Aufgabe, Herausforderung und Chance für Chemieunternehmen, alle Aspekte der zirkulären Wirtschaft über den gesamten Produktlebenszyklus zu berücksichtigen. Die Chemieindustrie kann zirkuläre Wirtschaftskonzepte insbesondere durch Optimierung des Produktdesigns, die Steigerung der Ressourceneffizienz in ihren eigenen Prozessen und in den Produktionsprozessen ihrer Kunden, durch Rohstoff- und Materialrecycling und durch Aufbereitung und Reinigung von Produkten unterstützen.

Ein außergewöhnlich großer Anteil der künftigen Veränderungen hat disruptiven Charakter für die Chemieindustrie.

Gegenseitige Verstärkung von Digitalisierung und zirkulärer Wirtschaft
Bei allen genannten Aspekten spielen das Generieren sowie die Analyse digitaler Massendaten und deren Austausch eine immer wichtigere Rolle: Die Digitalisierung kann den Ausbau zirkulärer Geschäftsmodelle beschleunigen und diese effizienter machen. Digitalisierungsprozesse unterstützen ein nachhaltiges Produktdesign, erhöhen die Ressourceneffizienz in der Produktion der Chemieindustrie und bei ihren Kunden und steigern die Effizienz von Rücknahme- und Recyclingsystemen. Das Zusammenspiel von zirkulärer Wirtschaft und Digitalisierung bietet zusätzliche Optionen für die Erreichung der UN-Nachhaltigkeitsziele.

Potenzial in ökonomischen Netzwerken
Digitale Geschäftsmodelle und Geschäftsmodelle in der zirkulären Wirtschaft basieren vielfach auf Netzwerken verschiedener Unternehmen. Netzwerke charakterisieren sich dadurch, dass sie den Kunden ein Gesamtangebot aus Dienstleistungen und Produkten aller am Netzwerk beteiligten Unternehmen anbieten können. Unternehmen, die in diesen komplexen und dynamischen ökonomischen Netzwerken erfolgreich sein wollen, müssen entsprechende Netzwerkkompetenzen beweisen.

Grundsätzlich haben Chemieunternehmen bereits eine hohe Netzwerkbereitschaft und -fähigkeit, da sie sich seit jeher in einem komplexen Umfeld bewegen: Sie betreiben komplexe Produktionsverbünde in Verbundstandorten oder Chemieparks und haben es mit einer großen Anzahl verschiedener Lieferanten und Kunden in einem breiten Spektrum von Abnehmerindustrien zu tun.

Die Chancen digitaler ökonomischer Netzwerke werden von der Chemieindustrie jedoch noch nicht voll ausgeschöpft. Zur besseren Erschließung dieser Chancen müssen Chemieunternehmen nicht nur die Entstehung und die Dynamiken ökonomischer Netzwerke frühzeitig erkennen, sondern auch die Rolle ihres Unternehmens in diesen Strukturen identifizieren und strategisch gestalten. Für viele Unternehmen sind diese komplexen ökonomischen Netzwerke mit neuen Partnern aus anderen Bereichen allerdings noch Neuland, das durch Unsicherheiten und Risiken geprägt ist.

Handlungsempfehlungen

Empfehlungen an Unternehmen und ihre Verbände

Chancen nutzen und strategische Ziele setzen
Die Zukunftsbedeutung der digitalen Geschäftsmodelle erfordert es, dass sich die chemische Industrie in Deutschland noch intensiver damit beschäftigt, digitale Geschäftsmodelle zu identifizieren, zu bewerten und einzuführen. Geschäftsmodelle, die von Netzwerken entwickelt werden, bedürfen umfassender Analysen der Anreizstrukturen, Wertbeiträge und Vergütungsstrukturen.

Unternehmen müssen Digitalisierung, zirkuläre Wirtschaft und Innovation als Bestandteil der Unternehmensstrategie definieren. Für das Geschäftsmodell sind Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft auch in ihrer Wechselwirkung zu betrachten. Auch müssen klassische betriebswirtschaftliche Erfolgsparameter um neue Bewertungskriterien ergänzt werden. Diese sollten die Eigenschaften neuer Produktions- und Wertschöpfungsstrukturen (höhere Flexibilität, kleinere Losgrößen/Personalisierung, Bewertung von bestehenden und neu generierten Daten) berücksichtigen.

Digitalisierung kann den Ausbau zirkulärer Geschäftsmodelle ermöglichen, beschleunigen und effizienter machen.

Ressourcen ausbauen
Digitale und zirkuläre Geschäftsmodelle erfordern technische Kompetenz und Netzwerkkompetenz. Die Chemieindustrie hat eine gute Startposition, da ihr Kerngeschäft durch komplexe Wertschöpfungs- und Verbundstrukturen sowie Kooperationen von großen Unternehmen mit mittelständischen Spezialisten geprägt ist. Diese Kompetenzen und Strukturen der Chemie müssen aber erweitert und angepasst werden, um noch vorhandene Barrieren zu überwinden und Wachstumschancen voll auszuschöpfen. Diese Veränderungen sind risikoreich und erfordern hohe Investitionen in Bildung, Sachkapital und Software.

Unternehmenskultur transformieren
Die erfolgreiche Entwicklung und Skalierung neuer Geschäftsmodelle für Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft, gerade auch an der Schnittstelle zwischen beiden Feldern, erfordern Unternehmenskulturen mit Start-up-Charakter. Innovationszyklen werden kürzer und neue Produkte und Geschäftsmodelle müssen agil und zeitnah umgesetzt werden. Wichtige Bausteine der erforderlichen Unternehmenskultur sind Transparenz und Offenheit, Agilität und Fehlertoleranz sowie eine Kultur der Kooperation und Kommunikation auch über Unternehmensgrenzen hinweg. Firmen müssen das mögliche Spannungsfeld zwischen tradiertem Geschäft und neuen Geschäftsmodellen in der operativen Geschäftstätigkeit bewältigen und Strukturen schaffen, um auch parallel in verschiedenen Modellen operieren zu können. Dazu gehört auch, die Skalierung von neuen Geschäftsmodellen zu ermöglichen und zuzulassen, die gegen das Kerngeschäft gerichtet sein können („gesteuerte Kannibalisierung"). Große Teile des Geschäftsmodells der chemischen Industrie basieren darüber hinaus auf dem Schutz von geistigem Eigentum: Dies stellt ein weiteres mögliches Hemmnis für einen schnellen Kulturwandel in Richtung Offenheit und Kooperation über Unternehmensgrenzen hinaus dar und muss offen diskutiert werden. Die Verbände sollten den Wandel der Branchenkultur aktiv unterstützen.

Kooperationen und Plattformen aufbauen
Digitale und zirkuläre Geschäftsmodelle erfordern weitreichende Kooperationen innerhalb der chemischen Industrie, aber auch über Industriegrenzen hinaus. Die chemische Industrie kann über ihre Verbände den Aufbau von Plattformen zum Wissensaustausch und zur Anbahnung von Partnerschaften innerhalb der Industrie fördern, sich als offener und attraktiver Partner für Start-ups und Technologiefirmen positionieren und Forschungskooperationen ausbauen. Die Verbände der Chemie können dies aktiv unterstützen, indem sie Kriterienkataloge (Best-Practice-Analysen, Toolboxen, Leitfäden) entwickeln, um digitale und zirkuläre Geschäftsmodelle adäquat zu bewerten und im Unternehmen abzubilden.

Neue Beteiligungskonzepte entwickeln
Die Geschwindigkeit und Komplexität der Veränderungen kann schnell zur Ablehnung von Innovationen führen. Über eine verstärkte Kommunikation hinaus sollten die Verbände und Unternehmen ihre Innovationsentwicklung für eine stärkere Beteiligung von Politik und weiteren gesellschaftlichen Interessengruppen öffnen. Das für den Erfolg in der Digitalisierung erforderliche Netzwerk-Denken und -Handeln sollte sich auch auf die Zusammen-

arbeit mit gesellschaftlichen Stakeholdern beziehen. Die Verbände können hierfür zusammen mit Unternehmen neue Beteiligungsansätze entwickeln.

Empfehlungen zu politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen

Digitale Bildung fördern
Die bedarfs- und zielgruppengerechte Vermittlung von digitalen Kompetenzen in der beruflichen und akademischen Bildung und Weiterbildung ist ein Erfolgsfaktor für die deutsche Wirtschaft. Die Politik kann diesen Wissensaufbau unterstützen, indem sie die geeigneten Rahmenbedingungen und Infrastrukturen schafft, um digitales Know-how an Schulen und Hochschulen zu vermitteln. Universitäten sind ebenfalls gefordert, sich für berufsbegleitende Weiterbildungsangebote zu öffnen.

Technische Infrastruktur ausbauen, Datensicherheit verbessern, Datenschutzregelungen prüfen
Ein schnelles und stabiles Internet, das Unternehmen, Lieferanten, Kunden und Mitarbeiter flächendeckend verbindet, ist dringend erforderlich. Der Breitbandausbau muss Fahrt aufnehmen. Die Infrastruktur für die Telekommunikation muss bis 2025 flächendeckend ausgebaut werden. Der technische Infrastrukturausbau muss vom Aufbau eines leistungsfähigen IT-Sicherheitsnetzwerks zwischen Behörden, Unternehmen und Forschung in Deutschland und Europa begleitet werden. Es ist zu prüfen, inwieweit datenschutzrechtliche Bestimmungen die Entwicklung endkundenorientierter, individualisierter Geschäftsmodelle hemmen können und Anpassungen des Datenschutzrechts möglich und erforderlich sind. Maschinendaten müssen so nutzbar sein, dass Innovationen bei der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen nicht behindert werden. Hierbei sind vertragliche Vereinbarungen für die Datennutzung und den sicheren Umgang mit Daten gesetzlichen (Eigentums-)Regelungen vorzuziehen.

Kooperationen und unbürokratischen Aufbau von Plattformen fördern
Die öffentliche Hand sollte den Aufbau der erforderlichen Netzwerkstrukturen, die Etablierung industrieübergreifender Plattformen und Innovationscluster für den Wissensaustausch unterstützen. Wichtig ist hier die gleichmäßige Berücksichtigung aller Branchen, um alle Synergien möglichst umfassend zu erkennen und auszuschöpfen.

Dialog zu Notwendigkeit und Perspektiven der Digitalisierung führen
Politik sollte Ängste vor Veränderungen durch Digitalisierung ernst nehmen und Bürgerdialoge initiieren, ergänzt durch Online-Foren und begleitende Medienarbeit zum Thema Digitalisierung. Dabei ist es wichtig aufzuzeigen, dass Digitalisierung zwar einen steten Veränderungs- bzw. Anpassungsprozess bedeutet, aber eben auch die gesamtwirtschaftliche Produktivität erhöhen, ein eigenbestimmteres Leben fördern und ein nachhaltigeres Leben ermöglichen kann. Hier sollte auch der enge Bezug zu den demografischen Problemen Deutschlands verdeutlicht werden: Digitalisierung ist ein wichtiger Baustein, um die ökonomischen Probleme des demografischen Wandels in Deutschland zu bewältigen.

Zirkuläre Wirtschaft als ganzheitlichen und offenen Ansatz verstehen
Zirkuläre Wirtschaft umfasst Effizienzgewinne auf jeder Stufe der Wertschöpfung und im gesamten Produktlebenszyklus. Abfallvermeidung durch Mehrfachnutzung, höhere Effizienz durch die Nutzung von Nebenprodukten und Abfällen als Rohstoff, energetische Verwertung von Abfällen, Nutzung nachwachsender Rohstoffe als CO_2-Kreislauf und Nutzung von CO_2 als Rohstoff sowie Feedstock-Recycling: Dies alles sind Optionen für die Entwicklung hin zu einem effizienten Ressourceneinsatz durch effektive Verwertung. Welche dieser Verfahren jeweils im Detail Anwendung finden, erfordert eine detaillierte Machbarkeitsanalyse, die nach Maßgabe technischer Optionen unter Abwägung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte durchzuführen ist. Der vorhandene Regulierungsrahmen sollte auf Hemmnisse für die Erweiterung zirkulärer Wirtschaftskonzepte geprüft werden.

Gesellschaftliches Bewusstsein für zirkuläre Wirtschaft schaffen
Zirkuläre Wirtschaft kann ohne gemeinschaftliche Bemühungen aller Branchen sowie der Konsumenten nicht erfolgreich etabliert werden. Die Politik sollte daher ein grundlegendes Verständnis durch entsprechende Dialoge und Bildungsangebote auf gesellschaftlicher Ebene fördern und Transparenz über Ziele und Kosten schaffen.

Innovationsförderung erweitern
Politische Fördermaßnahmen sollten den Paradigmenwechsel in der Chemieindustrie und ihren Kundenindustrien flankieren. Investitionen in Zukunftsfelder sollten angeregt werden durch eine für alle Unternehmen offene Forschungsförderung als Projektförderung und eine ergänzende steuerliche Förderung, Anlauffinanzierungen im Bereich neuartiger Projekte der zirkulären Wirtschaft, die Erleichterung des Zugangs zu Wagniskapital sowie die Förderung von Start-ups und Private-Public-Partnerschaften zum Beispiel als Pilotprojekte. Solche Maßnahmen würden dem neuen dynamischen Geschäftsumfeld Rechnung tragen.

Regulierungsrahmen prüfen
Angesicht der Dynamik und Offenheit aktueller Entwicklungen in der digitalen und der zirkulären Wirtschaft ist es wichtig, Freiräume zu lassen. Die Politik sollte bestrebt sein, Gesetze und Regularien europaweit und über Industriegrenzen hinweg zu harmonisieren, widersprüchliche oder redundante Vorschriften abzubauen und regulatorische Unsicherheiten durch eine konsistente, ganzheitliche Gesetzgebung mit hoher Transparenz über die zukünftigen Rahmenbedingungen zu reduzieren. Neue und bestehende Regulierungen sollten in einem „Innovationscheck" insbesondere dahingehend auf den Prüfstand gestellt werden, ob und inwieweit sie Innovationen und die Weiterentwicklung beziehungsweise Neuentwicklung von Geschäftsmodellen fördern oder eher hemmen.

Die Chemieindustrie muss ihre Wirtschaftsweise und ihr Portfolio von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen hinterfragen und anpassen. Die Politik ist gefragt, diese Anstrengungen industriepolitisch zu flankieren und global wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen für die Chemieindustrie zu schaffen.

Motivation und Ziel der Studie

Die chemische Industrie ist ein wichtiger Wachstumsmotor für die gegenwärtige starke Leistung der deutschen Wirtschaft.

Um diesen Erfolg langfristig fortzusetzen, sind allerdings erhebliche Anstrengungen erforderlich. Denn wie die deutsche Industrie insgesamt steht auch der Chemie- und Pharmastandort vor elementaren strategischen und strukturellen Herausforderungen.

Zum einen vollzieht sich bereits seit längerem ein Paradigmenwechsel in den Nachfragestrukturen und gesellschaftlichen Zielsetzungen. Der Wille, Ressourcen effizient und umweltschonend zu nutzen, hat spürbare Auswirkungen auf die Energieversorgung und Konsumgewohnheiten. Der Trend zur „Sharing Economy" ist ein unübersehbares Beispiel des Veränderungsprozesses. Dies führt dazu, dass von Unternehmen Nachhaltigkeitsstrategien erwartet werden, die Beiträge zu den Nachhaltigkeitszielen der UN erbringen. Ferner führt die Digitalisierung im Wirtschafts- und Alltagsleben zu großen und schnellen Veränderungen. Dies stellt die Chemieindustrie, die in der Regel längere Innovations- und Investitionszyklen als ihre Partner in den Wertschöpfungsketten hat, vor große Herausforderungen. Die Industrie sucht über alle Branchen hinweg nach Wegen, um diese neuen Anforderungen besser zu verstehen und passende Lösungen anzubieten. Insbesondere digitale und nachhaltige Innovationen gewinnen in diesem Kontext erheblich an Bedeutung.[1] Die Chemieunternehmen planen, in den nächsten drei bis fünf Jahren mehr als eine Milliarde Euro in Digitalisierungsprojekte oder neue digitale Geschäftsmodelle zu investieren.

Zum anderen wird die Nachfrage nach Chemieprodukten in Westeuropa in den kommenden Jahrzehnten nur verhalten wachsen, der Blick richtet sich deshalb auf Asien, Südamerika und längerfristig auf Afrika. Aufgrund des Ausbaus der Produktionskapazitäten in diesen Märkten durch internationale und lokale Mitbewerber sowie das Entstehen neuer Kapazitäten in rohstoffreichen Regionen steht das Wettbewerbsumfeld für die Chemie insgesamt vor einem Umbruch. Darüber hinaus erweitern Produzenten in Schwellen- und rohstoffreichen Ländern ihren Fokus auf Bereiche der Spezialchemie, die bisher oft durch deutsche Exporte abgedeckt werden.

Zudem verändern neue Technologien das Wettbewerbsumfeld und die Geschäftsbasis der Chemie. Biotechnologie oder Additive Fertigung ermöglichen beispielsweise Mittelständlern und Start-ups attraktive Geschäftschancen mit schneller Skalierbarkeit oder mit kleinen Volumina in Marktsegmenten, die bisher überwiegend von Großunternehmen bedient werden konnten. Die Digitalisierung und die Entstehung von neuen ökonomischen Netzwerken erhöhen die Anzahl an Wettbewerbern für die Chemie und Pharmazie, da neue Unternehmen, oft mit

Hintergrund in der Digitalisierung, sowohl in den etablierten als auch in sich entwickelnden neuen Märkten ihre Chancen suchen.[2]

Für die Chemieindustrie in Deutschland bedeuten diese Veränderungen eine weitere Steigerung der Wettbewerbsintensität sowohl im Heimatmarkt Europa als auch in den Exportmärkten. In Europa nimmt der Importdruck aus rohstoffreichen Regionen auf Basischemie und Zwischenprodukte zu. In den Exportmärkten wird sich der Wettbewerb mit lokalen Anbietern und anderen Importeuren intensivieren. Zwar wird die deutsche Chemieindustrie auch in Zukunft um rund 1,5% pro Jahr wachsen. Der weiterhin starke Zuwachs der Chemieproduktion in den Schwellenländern, vor allem in China, wird den Marktanteil Deutschlands aber sinken lassen: 2005 hatte Chemie aus Deutschland noch 7% globalen Marktanteil, 2015 waren es bereits weniger als 5%, und 2030 wird der Marktanteil voraussichtlich unter 4% liegen.[3]

Damit verändert sich das Umfeld der Chemieindustrie in Deutschland nicht nur stärker als in den vergangenen Jahrzehnten, sondern es wird künftig auch disruptive Veränderungen geben, auf die sich die Unternehmen einstellen müssen. Die Digitalisierung der Landwirtschaft, die personalisierte Medizin oder die Mobilitätswende sind prominente Beispiele für Veränderungen mit erheblichen Auswirkungen auf das Chemiegeschäft.

Diese Veränderungen zeigen, dass sich die Chemieindustrie in Deutschland im Übergang zu einer neuen Entwicklungsphase befindet. Nach Gründerzeit und Kohlechemie (Chemie 1.0), dem Aufkommen der Petrochemie (Chemie 2.0), der zunehmenden Globalisierung und Spezialisierung (Chemie 3.0) tritt die Industrie in die neue Phase der Chemie 4.0 ein, in der die Themen Digitalisierung, Nachhaltigkeit und zirkuläre Wirtschaft eine Schlüsselrolle spielen (siehe Abbildung). Diese Themen bestehen nicht unabhängig voneinander: Besonders das Zusammenspiel zwischen Digitalisierung und der zirkulären Wirtschaft ist von wachsender Bedeutung und trägt dazu bei, die Nachhaltigkeitsziele der UN zu erreichen.

Die Chemieindustrie in Deutschland befindet sich im Übergang zu einer neuen Entwicklungsphase; der Ära Chemie 4.0.

Die Merkmale von Chemie 4.0

	Chemie 1.0: Gründerzeit & Kohlechemie (1865)	Chemie 2.0: Anfänge der Petrochemie (1950)	Chemie 3.0: Globalisierung & Spezialisierung (1980)	Chemie 4.0: Digitalisierung & Zirkuläre Wirtschaft (2010)
Treiber des Wandels	Digitale Revolution, Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Schließen von Stoffkreisläufen			
Rohstoffe	Intensive Nutzung von Daten, Verwertung kohlenstoffhaltiger Abfälle, H_2 aus erneuerbaren Energien in Kombination mit CO_2 wird für die Produktion von Grundchemikalien eingesetzt			
Technologie	Digitalisierung der Produktionsprozesse			
Forschung	Dezentralisierung von F&E in den Kundenmärkten, Nutzung von Big Data, gemeinsame Entwicklung mit Kunden			
Unternehmens-struktur	Flexiblere Kooperationen im Rahmen von ökonomischen Netzwerken, digitale Geschäftsmodelle und Konsolidierung			
Produkte	Erweiterung des Spektrums der Wertschöpfung: Chemie wird zum Anbieter umfassender und nachhaltiger Lösungen für Kunden und Umwelt			
Umwelt, Gesund-heit und Sicherheit	Nachhaltigkeit wird mit Chemie[3] (Ökologie, Ökonomie und Soziales) zum umfassenden Leitbild und Zukunftskonzept der Branche			

Die vorliegende Studie analysiert diesen Umbruch im Detail unter folgenden Leitfragen:

- Wie kann die Chemieindustrie am Standort Deutschland ihre Wertschöpfungspotenziale im Inland erweitern und zugleich ihre internationale Wettbewerbsposition verbessern?
- Wie kann die Branche die Digitalisierung umfassend nutzen, attraktive digitale Geschäftsmodelle frühzeitig erkennen und damit neue Geschäftspotenziale erschließen, die über das Herstellen von Chemieprodukten und Materialien hinausgehen?
- Wie kann die Branche dazu beitragen, Stoffkreisläufe zu schließen, den Ressourcenverbrauch zu minimieren und damit gleichermaßen soziale, ökonomische und ökologische Ziele erreichen?
- Wie können die wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen besser gestaltet werden, damit die Chemieindustrie auch künftig Innovations- und Wachstumsmotor des Industriestandorts Deutschland bleibt und einen essenziellen Beitrag zum Wohlstand unseres Landes leistet?

Methodologie

Die Studie ist in drei Abschnitte unterteilt:

- die Umfeldanalyse, die wichtige Entwicklungstrends bis 2030 beschreibt und deren Auswirkungen auf das deutsche Chemie- und Pharmageschäft analysiert,
- die Detailanalyse von Chancen und Risiken der Digitalisierung und der zirkulären Wirtschaft,
- die Ableitung von Handlungsempfehlungen für Unternehmen und Politik.

Die Analyse erfolgte in einem mehrstufigen Prozess unter Einbeziehung der Expertise von Mitgliedsunternehmen des VCI, von Experten aus VCI, Deloitte und Verbänden der Zuliefer- und Kundenindustrien sowie von Vertretern aus Wissenschaft und Politik.

Umfeldanalyse

In der ersten Phase der Umfeldanalyse wurden die wichtigsten Trends auf Basis einer umfassenden, durch künstliche Intelligenz unterstützten Literaturanalyse des Deloitte Center for the Long View identifiziert. Im Rahmen eines Expertenworkshops wurden daraus 30 Trends für die weitere Analyse priorisiert, die voraussichtlich einen signifikanten Einfluss auf die chemische und pharmazeutische Industrie in Deutschland bis 2030 haben werden.

Anschließend wurden fünf Expertenworkshops und rund 40 Experteninterviews durchgeführt, in denen die Entwicklungen in den Energie- und Rohstoffmärkten, in den Pharma- und Gesundheitsmärkten, im Business-to-Consumer und im Business-to-Business-Geschäft der Chemieindustrie sowie Besonderheiten des Standorts Deutschland analysiert wurden. Jeder der 30 Trends wurde im Detail analysiert, seine Auswirkungen auf die chemische Industrie in Deutschland abgeleitet und bestimmt, ob dieser Trend unter den aktuellen Rahmenbedingungen eine Chance oder ein Risiko für die Chemieindustrie in Deutschland darstellt.

Detailanalyse

Aufbauend auf der Umfeldanalyse wurden in der Detailanalyse die Auswirkungen und Chancen der Digitalisierung und der zirkulären Wirtschaft als Schlüsselthemen untersucht. Dazu wurden mit Experten aus Mitgliedsunternehmen und Verbänden sowie weiteren externen Experten aus Wissenschaft und Politik jeweils zwei Workshops zu Digitalisierung und zirkulärer Wirtschaft durchgeführt. Die dort diskutierten Ansatzpunkte wurden anschließend im Rahmen von Literaturrecherchen und zusätzlichen Analysen vertieft. Insbesondere wurden der Zusammenhang zwischen Digitalisierung und zirkulären Wirtschaftskonzepten vertiefend behandelt und mögliche Rollen der Chemieunternehmen in (digitalen) ökonomischen Netzwerken betrachtet.

Mittelstandsumfrage

Ergänzt wurden die Analysen durch eine breit angelegte Befragung mittelständischer Chemie- und Pharmaunternehmen. Ziel der Befragung war es festzustellen, inwieweit der Mittelstand auf die digitale und zirkuläre Transformation vorbereitet ist, welche mittelstandsspezifischen Herausforderungen auftreten und was der Mittelstand an Unterstützung von Politik und Verbänden erwartet. Insgesamt haben sich 124 mittelständische Unternehmen aus allen Bereichen der Chemie- und Pharmaindustrie beteiligt (Rücklaufquote >15%).

Handlungsempfehlungen

Aus der Summe der Ergebnisse wurde eine Reihe von Handlungsempfehlungen abgeleitet, die Chemieindustrie und Politik gemeinsam umsetzen sollten.

Umfeldanalyse

Dieses Kapitel benennt und bewertet Trends mit besonderer Auswirkung auf das Chemiegeschäft und zeigt die zugrunde liegenden Muster auf.

Im Rahmen der Studie wurden 30 Trends identifiziert, die für die chemische und pharmazeutische Industrie in Deutschland bis zum Jahr 2030 von besonderer Bedeutung sein werden. Diese Trends wurden hinsichtlich der zugrundeliegenden Treiber analysiert und bezüglich ihrer voraussichtlichen Tragweite beurteilt.

Übersicht der analysierten Umfeldtrends (siehe „Glossar - Umfeldtrends“)

Energie & Rohstoffe
- Rohstoffversorgung für Deutschland
- Power-to-X
- Waste-to-Chemicals
- Carbon Capture Storage/ Utilization
- Nachwachsende Rohstoffe
- Bio-Raffinerien
- Industrielle Biotechnologie

Business to Business
- Materialeffizientes Bauen
- Energieeffiziente Gebäude
- Modulares Bauen
- Elektromobilität
- Leichtbau im Automobil
- Neue Mobilitätskonzepte
- Additive Fertigung
- Materialmix bei Verpackungen
- Bio-Kunststoffe bei Verpackungen
- Erneuerbare Energien – Erzeugungstechnologien

Business to Consumer
- Personalisierung von Konsumprodukten
- Wahrnehmung der Chemie
- Veränderung Beziehung Chemie - Endkunden

Landwirtschaft
- Urban Farming
- Agrarwende
- Gentechnisch veränderte Pflanzen
- Genome Editing als Präzisionszüchtung
- Digitalisierung der Landwirtschaft

Pharmazie & Gesundheitswesen
- Personalisierte Medizin
- Genome Editing in der medizintechnischen Anwendung
- E-Health
- Neue Medizintechnik
- Selbstmedikation

Energie & Rohstoffe

Die Rohstoffversorgung der chemischen Industrie in Deutschland ist stark von Erdölderivaten geprägt. 2015 entfielen 75% der Rohstoffbasis der organischen Chemie auf Naphtha und andere Erdölderivate, 11% auf Erdgas, 1% auf Kohle und 13% auf nachwachsende Rohstoffe.[4] Fossile Energieträger werden den Energie- und Rohstoffeinsatz der deutschen chemischen Industrie für die nächsten Jahre weiterhin dominieren. Im Gegensatz zur gasbasierten US-amerikanischen Chemieindustrie verwendet die deutsche Petrochemie vorwiegend Naphtha als Grundstoff für die Erzeugung organischer chemischer Produkte. Diese Struktur wird sich voraussichtlich auf absehbare Zeit nicht ändern, da preiswertes Schiefergas in Deutschland nicht zur Verfügung steht und die bestehende Produktionsstruktur auf die Verarbeitung von Ölderivaten ausgerichtet ist.

Gleichwohl ändert sich der Energie- und Rohstoffmix in der Chemieindustrie im längerfristigen Trend. Zwei Grundtendenzen sind hier wichtig: zum einen der zunehmende Anteil an erneuerbaren Energien (im Wesentlichen Wind- und Solarenergie) an der Stromproduktion, zum anderen die verstärkte Nutzung alternativer Rohstoffe (nachwachsende Rohstoffe, u.a. in Bioraffinerien, CO_2 durch Carbon Capture Utilization, kohlenstoffhaltige Abfälle (Waste-to-Chemicals). Potenzial bieten die Kopplung von Energieerzeugung und der Stromverbrauchssteuerung in der chemischen Produktion, die Umwandlung von Strom aus erneuerbaren Quellen zu Gas, Kraftstoffen oder Chemikalien (Power-to-X) und die Weiterentwicklung der industriellen Biotechnologie zur Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe.

Sektorkopplung und Power-to-X

Schnellansicht

- Umwandlung von Strom zu Gas, Kraftstoffen oder Chemikalien
- Schlüsseltechnologie zur CO_2-Neutralität
- **Großes Potenzial für die Chemie, Auswirkungen entfalten sich verstärkt nach 2030**

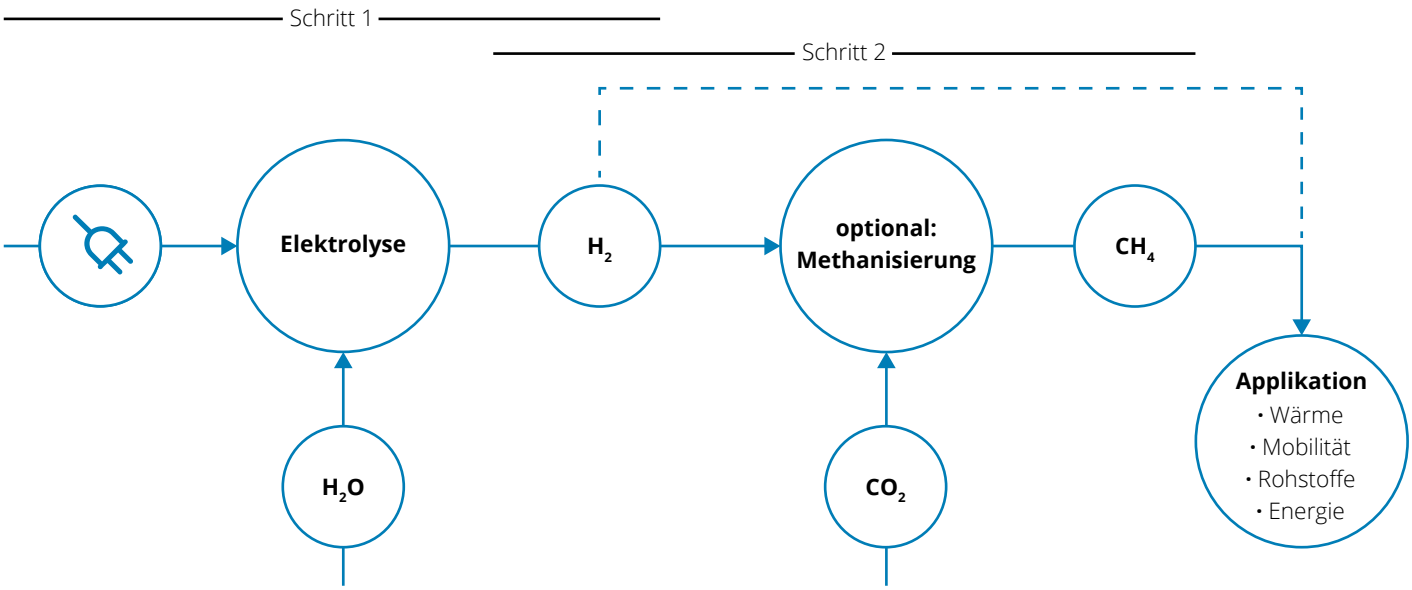
Power-to-X beschreibt eine Möglichkeit, die durch zunehmende erneuerbare Energien verursachte Volatilität in der Stromerzeugungsmenge zu reduzieren bzw. intelligent zu nutzen.

Im Jahre 2016 wurden in Deutschland insgesamt 648,4 TWh Strom erzeugt.[5] Davon stammten rund ein Drittel (188,3 TWh) aus erneuerbaren Quellen, 115,5 TWh davon aus wetter- und tageszeitabhängiger Photovoltaik und Windkraft. Etwa 4,7 TWh Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung-Anlagen und aus erneuerbarer Energie mussten nach Angaben der Bundesnetzagentur

im Jahr 2015 abgeregelt werden[6], da die Netzkapazitäten nicht ausreichten. Diese Problematik wird mit weiterem Ausbau der erneuerbaren Energien wachsen.

Batterien können die Schwankungen im Anfall erneuerbarer Energien derzeit weder in Hinblick auf die benötigte Kapazität noch die benötigte Speicherdauer ausgleichen. Die Kopplung der Energiewirtschaft mit anderen Industriezweigen, die Energie für unterschiedliche Zwecke nutzen, bietet eine umweltverträgliche Lösung, um überschüssigen Strom sinnvoll zu nutzen. Die Chemie kann in dieser Sektorkopplung eine Schlüsselrolle übernehmen. Einerseits kann die Produktion in stromintensiven Anlagen in gewissen Grenzen über intelligente Netze (Smart Grids) an das Stromangebot angepasst werden. Andererseits können Angebotsspitzen der volatilen erneuerbaren Energien zur Erzeugung von Rohstoffen für die chemische Produktion genutzt werden. Power-to-X bezeichnet Technologien, die Strom vorzugsweise aus erneuerbaren Quellen nutzen, um mittels Elektrolyse aus Wasser Wasserstoff zu erzeugen und diesen optional durch Reaktion mit CO_2 in Synthesegas und Methan umzuwandeln. Diese Gase können als Energiespeicher genutzt werden, aber auch als Ausgangsbasis für synthetische Kraftstoffe und chemische Produktionsprozesse dienen.

Schematische Darstellung des Power-to-X-Prozesses



Power-to-X ist somit von herausragender Bedeutung, um nicht nur die Versorgungsnetze zu entlasten, sondern darüber hinaus nachhaltig stoffliche Ressourcen herzustellen und den Anteil der fossilen Rohstoffe zu reduzieren. Zusätzlich zum Strom aus erneuerbaren Energien nutzen die Technologien CO_2 als Kohlenstoffquelle. Dies stellt eine Form des Carbon Capture Utilization dar.

Carbon Capture Storage / Carbon Capture Utilization

Carbon Capture Storage (CCS) und Carbon Capture Utilization (CCU) beschreiben die Speicherung (z.B. unterirdisch) bzw. die rohstoffliche Verwendung von CO_2 aus Prozessen oder aus der Luft. Bei einer vollständigen Kreislaufführung des eingesetzten CO_2 könnte dies in eine treibhausgasneutrale Zukunft führen. Power-to-X bietet der Chemie die Chance, zentral an einem sektorübergreifenden System der Energieversorgung und der Nachhaltigkeit zu partizipieren.

Viele innovative kleine Unternehmen sind bereits im Bereich Power-to-X aktiv. Mit mehr als 100 Power-to-Gas-Pilotanlagen[7] wird in Deutschland an neuen, effizienten und kostengünstigeren Power-to-X-Technologien intensiv geforscht. Diesem Ziel widmet sich auch die nationale Plattform „Konsortium P2X", die durch das „Kopernikus"-Programm des Bundesforschungsministeriums gefördert wird.[8] Hier soll u.a. erprobt werden, ob sich die Umwandlung von Wasser und CO_2 zur Herstellung von Wasserstoff oder von Synthesegas über Elektrolyse bzw. Co-Elektrolyse als vielseitig einsetzbare Basisprodukte lohnt und ob man darauf aufbauend Kohlenwasserstoffe oder Oxo-Verbindungen synthetisieren kann.[9] Im Rahmen des „Kopernikus"-Projektes soll zunächst eine Analyse der verfügbaren Ansätze und Technologien erstellt werden, um sämtliche Informationen über die technische Reife, die gesellschaftliche Akzeptanz und die Möglichkeiten zur Implementierung in die heutigen Infrastrukturen bewerten zu können. Innerhalb von zehn Jahren sollen neue technologische Entwicklungen zur industriellen Reife gebracht werden, um die großtechnischen Voraussetzungen für die stoffliche Speicherung von mehr als 90% der erneuerbaren Energien zu liefern.[10]

Die im Rahmen der vorliegenden Studie befragten Experten aus der Chemie und dem Rohstoff- und Energiesektor haben Power-to-X als einen Trend eingeschätzt, der eine große Relevanz hat, allerdings im Zeithorizont der Studie bis 2030 nur allmählich an Bedeutung gewinnt. Bis 2050 sind dagegen signifikante Auswirkungen auf die Chemie zu erwarten. Die Geschwindigkeit dieses Prozesses ist auch abhängig von den innovations- und energiepolitischen Rahmenbedingungen (siehe Kapitel „Unterstützung durch Verbesserung der allgemeinen politischen Rahmenbedingungen").

Industrielle Biotechnologie

Schnellansicht

- Prozessoptimierung durch biotechnologische Verfahren in der industriellen Produktion
- Impulsgeber für die Bioökonomie
- **Große Wachstumspotenziale für die Chemie**

Unter industrieller Biotechnologie wird die Nutzung biotechnologischer Verfahren in der industriellen Produktion verstanden. Mit ihrer Hilfe kann Biomasse effektiver und effizienter zu biobasierten Produkten wie Biopharmazeutika, Chemikalien, Kunststoffen bis hin zu Energieträgern verarbeitet werden.
Der Einsatz von Biotechnologie in der chemischen Industrie ist nicht neu. Er hat sich überall dort durchgesetzt, wo technische und ökonomische Vorteile gegenüber traditionellen Verfahren bestehen. Dies ist generell der Fall, wenn Produkte auf dem klassischen Weg nicht oder nur sehr schwer herzustellen sind und leistungsfähigere oder umweltverträglichere Syntheseverfahren z.B. durch den Einsatz bestimmter Bakterienstämme oder Enzymsysteme zur Verfügung stehen. Ein Beispiel ist die Aminosäure L-Cystein, die traditionell aus tierischen Ausgangsstoffen gewonnen wird. In der IBT wird die Aminosäure hingegen durch Fermentation aus Glucose und anorganischen Salzen erzeugt.[10]

Die eigentliche Syntheseleistung erbringen metabolisch verbesserte Bakterien (Escherichia coli), deren Stoffwechsel gezielt durch molekularbiologische Eingriffe für die Produktion von L-Cystein optimiert wurde.

Industrielle Biotechnologie hat ein breites Anwendungsfeld. Am häufigsten wird sie derzeit für die Produktion von Biopharmazeutika und Bioethanol eingesetzt. Aber auch industrielle Enzyme, Glucose, Aminosäuren und Feinchemikalien wie Vitamin B2 und Vitamin C sind etablierte Produkte der IBT. So wird der globale Enzymmarkt schätzungsweise mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 8% von 4,8 Milliarden US-Dollar im Jahr 2013 auf über 7,1 Milliarden US-Dollar im Jahr 2018 anwachsen.[11]

Innovationspolitisch wird der industriellen Biotechnologie ein hoher Stellenwert beigemessen: Sie gilt als technische Basis und Impulsgeber für eine Bioökonomie und eine „Biologisierung" der Chemie- und Pharmaproduktion. Ein Großteil der Mikroorganismen sind heute noch nicht erfasst oder können noch nicht kultiviert werden. Daher birgt ihre Biodiversität ein enormes Potenzial. Deshalb werden der industriellen Biotechnologie große Wachstumschancen attestiert. Sie wird als eine der Schlüsseltechnologien zum Erhalt und Ausbau der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie eingestuft. Die traditionell forschungsintensive und innovative chemische Industrie in Deutschland hat daher strategisch Kompetenzen und Netzwerke aufgebaut, um eine Schlüsselrolle in der IBT einzunehmen.

Im Mittelpunkt stehen

- die Etablierung umweltfreundlicherer, klimaschonenderer und saubererer Produktionsverfahren,
- die Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen,
- die Senkung von Investitionskosten,
- die Reduzierung von Energie- und Entsorgungskosten,
- die Entwicklung neuer Produkte und Systemlösungen mit hohem Wertschöpfungspotenzial, um damit die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern.

Die Umsetzung der industriellen Biotechnologie in der Chemieindustrie wird dabei eher als Evolution und nicht als Revolution gesehen.[12] Erkenntnis- und Innovationsfortschritte werden vermutlich eher inkrementell sein, die Verbreitung wird allmählich steigen. Omics-Technologien[ii], die vier Säulen der Biotechnologie, und molekularbiologische Methoden können aber dazu beitragen, dass die industrielle Biotechnologie auch disruptives Potenzial entfaltet. Bei künftiger Regulierung sollte beachtet werden, dass diese mit dem wissenschaftlichen und technischen Fortschritt in der Biotechnologie Schritt hält, damit große und kleine Unternehmen diese Technologien nutzen können.

[ii]Omics-Technologien umfassen Genomics, Transcriptomics, Proteomics und Metabolomics. Sie werden zur Analyse und gesamtheitlichen Charakterisierung von Genen, RNA-Abschriften, Proteinen und Stoffwechselprodukten sowie ihrer Wechselwirkungen in einzelnen Zellen bis hin zu Organismen eingesetzt.

Business-to-Business

Im Geschäft mit industriellen Kunden der Chemieindustrie zeichnen sich Änderungen in der Angebots- und Nachfragestruktur ab. Im Mittelpunkt der Trendanalyse stehen die Bau- und die Autoindustrie als wichtige Abnehmerindustrien der chemischen Industrie. Darüber hinaus erweitern sich im Zuge der Digitalisierung die Gestaltungsmöglichkeiten für Geschäftsmodelle mit Industriekunden. Als Beispiel für diese Veränderungen kann der 3D-Druck herangezogen werden, der im Betrachtungszeitraum erhebliches Wachstumspotenzial hat.

Bauindustrie – Produktoptimierung für höhere Material- und Energieeffizienz

Schnellansicht

- Produktoptimierung zur besseren Verwendbarkeit und Erhöhung der Dauerhaftigkeit
- Viele Produkte mit baldiger Marktreife erwartet
- **Mittelgroßes Potenzial für die Chemie**

Produkte für die Bauindustrie werden in Hinblick auf Ressourcenschonung und Umweltschutz, Dauerhaftigkeit, kostengünstige und umweltschonende Verarbeitung sowie höhere Energieeffizienz laufend optimiert. Unter materialeffizientem Bauen wird hier die Optimierung der Eigenschaften von Bauteilen und Bauprodukten in ihrer Gesamtheit verstanden. Die Verbesserung der Materialeffizienz soll eine schnellere, einfachere und energieeinsparende Verarbeitung ermöglichen. Die Bauindustrie sieht in materialeffizientem Bauen einen Weg, auf den hohen Wettbewerbs- und Kostendruck zu reagieren und gleichzeitig dem Mangel an qualifiziertem Nachwuchs zu begegnen. Höhere Materialeffizienz am Bau ist ein langsam fortschreitender Trend, da die Industrie einerseits von vielen einschränkenden regulatorischen Einflüssen bestimmt wird und andererseits tendenziell konservativ bei der Markteinführung neuer Materialien ist.

Aus Sicht der chemischen Industrie bietet der Trend zu materialeffizienterem Bauen eine Reihe von Chancen. So erhöht die Nachfrage nach immer effizienteren Materialien beispielsweise den Bedarf an Additiven für klassische Baumaterialien, für funktionelle Beschichtungen sowie für innovative Mehrkomponenten-Systeme. Eine Besonderheit in der Bauindustrie sind die langen Lebenszyklen der Bauwerke, Bauteile und Produkte von 30 Jahren und mehr. Im Zuge der Produktoptimierung muss die chemische Industrie den gesamten Lebenszyklus der neuen Materialien berücksichtigen. Ein erhöhter Anwendungsnutzen bzw. erhöhte Effizienz in der Anwendung müssen zusammen mit der Herausforderung betrachtet werden, das Material am Ende des Lebenszyklus zu recyceln (Beispiel Faserbeton). Diese übergeordnete Betrachtung wird heute bereits von Gebäudeversicherern gefordert, die das versicherte Risiko des Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus bis hin zum Rückbau des Gebäudes minimieren wollen. Hierzu sind die intensive Nutzung von Daten und die Digitalisierung der Prozesse notwendig.

Regulatorische Anforderungen und Förderprogramme werden auch in Zukunft für wachsende Nachfrage nach energieeffizienten Gebäuden durch energieeffiziente Baumaterialien und energieeffiziente Gebäudetechnik sorgen. Ein weiteres Wachstumsfeld ist das modulare Bauen aus fertigen Einzelteilen. Kostensparende Standardisierung bei gleichzeitig zunehmender Möglichkeit der Individualisierung eröffnet hier einen zunehmend größeren Markt. Die chemische Industrie in Deutschland kann als Innovationspartner zusammen mit anderen Beteiligten (Bauindustrie, Baustoffindustrie etc.) von diesen Entwicklungen profitieren.

Elektromobilität

Schnellansicht

- Antrieb via Elektromotoren
- Stark regulatorisch getrieben
- **Wachstumsfelder, aber auch Risiken für das Kerngeschäft**

Der Trend zur Elektromobilität beschreibt den Wandel vom Verbrennungsmotor hin zum elektrischen Antrieb in allen Teilbereichen der Mobilität, insbesondere aber bei der Personenbeförderung.

Die gesellschaftliche und regulatorische Debatte um die Nachhaltigkeit von rund 45 Millionen PKW[13] mit Verbrennungsmotor auf deutschen Straßen hat die Entwicklung der Elektromobilität forciert. Das Ziel, bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge (EV) auf deutschen Straßen im Einsatz zu haben[14], ist jedoch noch weit entfernt. Der Bestand stieg von 2015 auf 2016 zwar um 38%, jedoch nur auf eine Gesamtanzahl von 50.970 EV[15]. Das entspricht lediglich 0,1% des PKW-Bestands in Deutschland.

Auf globaler Ebene gewinnt die Elektromobilität immer mehr an Bedeutung. 2016 gab es weltweit etwa 2 Millionen Elektrofahrzeuge (vollelektrisch und Plug-in Hybrids). Das entspricht einem Anstieg von 58% zum Vorjahr. Die wichtigsten Märkte sind die USA mit einem Bestand von 570.000 EV und China mit etwa 643.000 EV[18] im Jahr 2016. Die Elektromobilität wird bis 2030 weiter an Bedeutung gewinnen. Experten schätzen, dass 2030 weltweit 27%[16] und in Europa 20%[17] der Neufahrzeuge Elektrofahrzeuge sein werden. Bei einem globalen Umsatz von 4 Billionen US-Dollar für Automobilneuverkäufe im Jahre 2030[18] würde dies einen Umsatz mit Elektrofahrzeugen von mehr als einer Billion US-Dollar bedeuten. Allerdings sind diese Schätzungen mit beträchtlicher Unsicherheit behaftet. Das weitere Marktwachstum hängt in erheblichem Umfang vom Fortschritt in der Batterietechnologie, dem Ausbau der Ladeinfrastruktur und von staatlicher Förderung der Elektromobilität ab. Angesichts der prognostizierten Volumina und der Tragweite der damit verbundenen Änderungen in der Nachfragestruktur muss das Elektrofahrzeug als disruptive Produktinnovation angesehen werden, die große Herausforderungen an alle etablierten Hersteller und ihre Zulieferindustrien, inklusive der chemischen Industrie, stellt. Für die chemische Industrie hat der Trend zur Elektromobilität weitreichende Auswirkungen, weil der an den Verbrennungsmotor gekoppelte Chemikalien- und Materialieneinsatz zurückgeht bzw. für den Anteil der Elektroautos fast ersatzlos wegfällt (z.B. Abgaskatalysatoren, temperaturbeständige Hochleistungskunststoffe, Öl-Additive, Kühlflüssigkeiten, Chemikalien für die Metallverarbeitung). Im Gegenzug entstehen neue Wachstumsfelder für Chemieunternehmen, beispielsweise in der Herstellung innovativer Batteriematerialien. Das Batterie-Recycling könnte weiteres Potenzial bieten.

Leichtbau im Automobil

Schnellansicht

- Gewichtsreduktion bei Fahrzeugen
- Indirekt regulatorisch getrieben
- **Großes Potenzial für Chemie**

Leichtbau im Automobil ist im Zusammenhang mit der Elektromobilität, aber auch geringerem Kraftstoffverbrauch bei konventionellen Antrieben von besonderer Bedeutung. Verschiedene Prognosen verdeutlichen dies: So kann das Gewicht von Autos im Zeitraum von 2012 bis 2020 über alle Fahrzeugklassen hinweg voraussichtlich um mehr als 10% reduziert werden.[19] Dies wird insbesondere durch den Ersatz von Metallen und Glas durch Kunststoffe möglich. Der Kunststoff-Anteil im Auto steigt einer Prognose zufolge bis 2020 auf 18%, von nur 14% im Jahr 2000 und 16% im Jahr 2010.[20] Auch Carbon-Verbundstoffe sind auf dem Vormarsch. Sie kamen bisher lediglich in Nischen wie dem Sportwagenbau zur Anwendung und finden nun im Zuge der Elektromobilität Zugang zum Massenmarkt. Schätzungen zufolge können Carbon-Verbundstoffe durchschnittlich etwa 200 kg Gewicht einsparen, dies entspricht circa 13% des durchschnittlichen Fahrzeuggewichts eines PKW.[21]

Innovative und hochpreisige (Verbund-) Werkstoffe für Elektrofahrzeuge bieten daher Wachstumschancen für die Chemie: Der Anteil technischer und Hochleistungs-Polymere im Automobil wird zwischen 2015 und 2023 voraussichtlich mit einer jährlichen Wachstumsrate von 2,8% wachsen.[22]

Neben der Einsparung beim Materialgewicht tragen neue Produktionsverfahren wie die Additive Fertigung (3D-Druck) dazu bei, bei komplexen Bauteilen aus Kunststoffen und Metallen konstruktiv Material und Gewicht einzusparen (siehe Abschnitt Additive Fertigung in diesem Kapitel). Tier-1-Automobilzulieferer[iii] erwarten nach einer Deloitte-Umfrage[23], dass stärkere und leichtere Materialien sowie neue Fertigungsverfahren wie der 3D-Druck großen Einfluss auf ihr Geschäft haben werden. Damit hat die Elektromobilität große Auswirkungen auf die Chemie in Deutschland, sowohl innerhalb des bisherigen Kerngeschäfts (Leichtbau) als auch darüber hinaus (Batteriematerialien, Additive Fertigung).

Neue Mobilitätskonzepte

Schnellansicht

- Car-Sharing, intermodaler Transport, autonomes Fahren
- Revolution der Mobilität
- **Auswirkungen entfalten sich verstärkt nach 2030**

Unter dem Trend der neuen Mobilitätskonzepte werden Elemente wie intermodaler Transport (das Wechseln zwischen Verkehrsmitteln nach Bedarf und vorhandener Infrastruktur), die Nutzung von Car-Sharing-Angeboten und das autonome Fahren zusammengefasst. Die Automobilindustrie sieht sich hier einem potenziell disruptiven Trend gegenüber, der die nachgefragten Produkte wie auch die Käuferstrukturen grundlegend ändern könnte: Die neuen Mobilitätskonzepte stehen in Konkurrenz zum bisherigen Geschäftsmodell mit kundenspezifisch ausgestatteten, im Kundeneigentum befindlichen Fahrzeugen, die individuell gesteuert werden.

Intermodaler Transport sowie Car-Sharing sind bereits heute Realität. Im Januar 2017 nutzten 1,7 Millionen Menschen in Deutschland Car-Sharing-Angebote.[24] Bis 2021 werden mehr als 2 Millionen Nutzer in Deutschland und 35 Millionen Nutzer weltweit erwartet.[25] Das autonome Fahren befindet sich aktuell noch in der Pilotphase. Die Bundesregierung verfolgt das Ziel, dass Deutschland „Leitanbieter für automatisierte und vernetzte Fahrzeuge" bleibt und „Leitmarkt" wird. Der Bundestag hat daher im März 2017 den Weg für Stufe 3 „Hoch-automatisiert" und Stufe 4 „Voll-Automatisiert" (siehe Abbildung) auf deutschen Straßen freigemacht. Laut Gesetzentwurf dürfen künftig auch solche Fahrzeuge eingesetzt werden, die für eine bestimmte Zeit und in bestimmten Situationen die Kontrolle über das Fahrgeschehen übernehmen. Der Fahrer hat aber grundsätzlich die letzte Verantwortung für das Fahrzeug, es fährt also nicht fahrerlos wie in Stufe 5.[26]

[iii] Zulieferer, die direkt an den Autohersteller liefern

Die fünf Stufen bis zum fahrerlosen Fahren

Fortgeschrittene Fahrassistenzsysteme | **Autonomes Fahren**

5: Fahrerlos
- System kann während der ganzen Fahrt alle Situationen automatisch bewältigen. Kein Fahrer erforderlich

4: Vollautomatisiert
- Komplette Autonomie in der meisten Zeit
- Nicht erwartet, dass die Kontrolle zu jeder Zeit übernommen werden kann
- Erwartet 2020-2025 (bei geringen Geschwindigkeiten) und bis 2025-2030 (bei höherer Komplexität)

3: Hochautomatisiert
- Autonomes Handeln in den meisten Sequenzen
- Einfache gelegentliche Kontrollübernahme und komfortable Übergangsphasen
- Erwartet in 2018-2020

2: Teilautomatisiert
- Automatisierung multipler Kontrollfunktionen
- Zu jeder Zeit zugänglich
- Adaptiver Tempomat und Spurenhalteassisitent

1: Assistent
- Einzelne Kontrollfunktionen automatisiert
- Fahrer delegiert Aufgaben, behält aber die Kontrolle
- Tempomat, automatisches Bremsen, Spurhalteassistent

Die neuen Mobilitätskonzepte haben Einfluss auf die Chemienachfrage. In diesen Systemen werden Kraftfahrzeuge voraussichtlich stärker standardisiert sein (weniger Premium, voraussichtlich kleinere Fahrzeuge), und die Kundenstruktur verändert sich (Flottenmanager statt Privatpersonen). Die hohe Beanspruchung der Fahrzeuge verkürzt tendenziell ihre Nutzungsdauer. Insgesamt wird mit einem stagnierenden oder sogar leicht rückläufigen Fahrzeugbedarf gerechnet. Die größere Käufermacht von professionellen Großkunden wie Flottenmanagern kann zu höherem Preisdruck auf Lieferanten und somit auch auf die Chemieindustrie führen.

Die Veränderung der Mobilität bietet der Chemie jedoch auch Chancen. Diese ergeben sich aus dem Bedarf an robusten, strapazierfähigen und langlebigen Materialien, die der hohen Auslastung der Fahrzeuge mit wechselnden Benutzern gerecht werden. Eine weitere Chance bieten neue Anwendungen in autonomen Fahrzeugen für höheren Komfort der Passagiere während der Fahrt, etwa im Unterhaltungssegment. Beispiele für solche Anwendungen sind flexible Sitzsysteme und Entertainmentangebote. Dieses Potenzial ist an die Marktdurchdringung von autonomen Fahrzeugen gebunden, die voraussichtlich erst nach 2030 ein signifikantes Volumen erreicht.

Additive Fertigung

Schnellansicht

- Objekte werden auf Basis digitaler Modelle vor Ort gedruckt
- Neue digitale Geschäftsmodelle werden ermöglicht
- **Großes Potenzial für die Chemie**

Additive Fertigung, auch 3D-Druck genannt, ist ein Fertigungsverfahren, das es ermöglicht, ein dreidimensionales Objekt in sequenziellen Schichten aus verschiedenen Materialien auf Basis eines digitalen Modells zu produzieren. Neben der individuellen und dezentralen Herstellung auch komplexer Formen kann dies den Materialbedarf reduzieren und zu Effizienzgewinnen führen. General Electric hat beispielweise eine Brennstoffdüse entworfen, die 5-fach stabiler als herkömmliche Düsen ist und zusätzlich einen optimalen Brennstofffluss ermöglicht. Durch die Möglichkeiten der Additiven Fertigung konnte das Gewicht der Düse um 25% reduziert und ihr Design von 20 Einzelkomponenten auf ein einziges Teil vereinfacht werden.[27]

In anderen Applikationen, wie dem 3D-Druck von Gebäuden, lassen sich sogar Materialeinsparungen von bis zu 60% realisieren.[28]

Der Umsatz, der mit additiven Fertigungsverfahren erzielt wird, ist in den letzten Jahren um etwa 30% pro Jahr gewachsen. Die Verfahren erreichen vielfach die Serienreife. 2015 betrug der weltweite Umsatz für 3D-gedruckte Produkte 5,2 Milliarden US-Dollar.[29]

Die Additive Fertigung wirkt sich auf Produktion, Design und Lieferketten der verschiedensten Branchen aus. So kann additive Fertigung grundsätzlich ein Engineering der nächsten Generation mit Rapid Prototyping und kurzen Innovationszyklen ermöglichen und Produkte unter Einbindung des Kunden personalisieren. Ein Beispiel dafür ist das Angebot der Plattform „Shapeways", die vom Kunden entworfene Produkte 3D-druckt.[30] Weiterhin kann Additive Fertigung einen Beitrag leisten, Lieferketten durch flexible Just-in-time-Produktion sowie kostengünstige Produktion nah am Kunden zu optimieren. Dies hat bereits dazu geführt, dass aus den USA oder Europa nach Asien abgewanderte Branchen (z.B. die Textilindustrie) an ihre alten Standorte zurückkehren. Reebok erstellt erste (hochpreisige) Teile seiner Produktpalette via 3D-Druck in den USA.[31] Diese Dezentralisierung kann allerdings exportorientierte Branchen negativ betreffen.

Obwohl die Einführung von 3D-Druckern für die Herstellung von Medikamenten in Apotheken oder gar im Heimbereich noch eine Zukunftsvision ist, ist die Anwendung des 3D-Drucks auf Herstellerseite heute bereits Realität.[32] Bereits 2015 hat die US Food and Drug Administration (FDA) das Epilepsie-Medikament „Spritam" als weltweit erste 3D-gedruckte Tablette zugelassen. Die von Aprecia Pharmaceuticals hergestellte Tablette wird durch das abwechselnde Drucken verschiedener Schichten aus Pulver und Flüssigkeits-Tröpfchen erzeugt. Dadurch entsteht ein hochdosiertes und zugleich schnell lösliches Medikament – eine Kombination, die mit konventionellen Herstellungsmethoden bisher nicht realisierbar war.[33]

Auf der Materialseite bietet 3D-Druck der Chemie neue Möglichkeiten. So sind die hochwertigen Kunststoffe für den 3D-Druck im Vergleich zu Materialien für andere Fertigungsverfahren teilweise um das 60- bis 100-fache pro Mengeneinheit teurer und haben eine höhere Marge.[34] Allerdings erfordern die neuen Geschäftsmodelle und Vertriebsstrukturen auch beträchtliche Investitionen. Chemieunternehmen können hier ihre umfassenden Materialportfolios sowie ihre Expertise und Innovationsstärke in der Materialentwicklung und -verarbeitung nutzen, um eine große Bandbreite an Applikationen für verschiedene Industrien anzubieten.

Die Chemie kann jedoch über innovative Materialien hinaus Beiträge leisten, indem sie ihr Leistungsspektrum um digitale Dienstleistungen erweitert und eine zentrale Rolle in den sich neu formenden ökonomischen Netzwerken einnimmt. In strategischen Partnerschaften mit anderen Anbietern wie Druckerherstellern, Anbietern von Drucksoftware oder Betreibern von Druckerfarmen bietet der 3D-Druck Potenzial für neue Geschäftsmodelle, in denen die Chemie ihre Kompetenz und Kundenbasis nutzen kann.

Business-to-Consumer

Nicht nur im Geschäft mit Industriekunden, sondern auch mit Endverbrauchern zeigen sich für die Chemie relevante Trends. Dies betrifft zum einen die Möglichkeiten der Personalisierung von Produkten durch die Fertigung von kleinen Losgrößen in flexibleren Produktionsverfahren und das Angebot zusätzlicher Dienstleistungen sowie den Direktvertrieb auf Online-Plattformen. Aber auch die Verbraucherwahrnehmung von Produktion, Transport, Anwendung und Entsorgung von Chemieprodukten ist Änderungen unterworfen.

Wahrnehmung der Chemie

Schnellansicht

- Nicht faktenbasierte Stoffdiskussion, verstärkt durch soziale Medien
- **Risiko für disruptive Effekte ohne Gewinner**

Dieser Trend beschreibt die gesamthafte Wahrnehmung der Chemie durch den Verbraucher. Chemie wird durch den Endverbraucher gerade im konsumnahen Bereich wie bei Wasch- und Reinigungsmitteln sowie Körperpflege und Kosmetika direkt wahrgenommen. Hier besteht auch eine besondere Sensitivität für möglicherweise irreführende, nicht faktenbasierte Informationen über chemische Inhaltsstoffe, die durch die Dynamik in sozialen Netzwerken oder Kampagnen gegenüber dem Endverbraucher verstärkt werden kann. Jüngere Beispiele für solche Entwicklungen sind die Diskussionen um Parabene, die als Konservierungsstoffe in der Kosmetikindustrie verwendet werden, und Aluminium-Salze, die in Deodorants Anwendung finden. Unmittelbar betroffen sind von diesen Problemen überwiegend einzelne (Markenartikel-)Hersteller, aber dies hat auch mittelbare Auswirkungen auf die Chemie insgesamt durch ein negatives Image und die „Auslistung" von bestimmten Inhaltsstoffen. Die wirtschaftlichen Auswirkungen auf einzelne Chemieunternehmen können, insbesondere bei spezialisiertem und kleinem Produktportfolio, massiv sein. Gleichzeitig erlauben die bestehenden Regularien oft nicht, neue (Ersatz-)Inhaltsstoffe zu entwickeln beziehungsweise zu testen. Die Chemieindustrie ist gefordert, auf solche Entwicklungen frühzeitig und effektiv zu reagieren, um über Vorteile und mögliche Risiken von chemischen Inhaltsstoffen und neuen Technologien breit angelegt zu informieren. Die Stakeholder müssen frühzeitig einbezogen und ihre Bedenken aufgenommen und adressiert werden. Dafür sollten neue Beteiligungskonzepte in der Zusammenarbeit mit Stakeholdern entwickelt werden. Die Nachhaltigkeitsinitiative Chemie³ ist ein gutes Beispiel für diese Art von Beteiligungskonzept.

Landwirtschaft

In der Landwirtschaft, in der Pflanzenzüchtung und beim Pflanzenschutz- und Düngemitteleinsatz zeichnen sich erhebliche technologische Veränderungen ab. Darüber hinaus ändern sich Kundenpräferenzen, und es entwickeln sich neue Anwendungsgebiete. Der Wunsch nach besonders umweltfreundlicher Ernährung und das veränderte Verbraucherverhalten werden neue Geschäftsmodelle ermöglichen.

Urban Farming beschreibt Konzepte zur stadtnahen bzw. innerstädtischen Erzeugung von Agrarprodukten unter Einsatz modernster Kontroll- und Steuerungstechnologie, die den Verbrauch an Energie, Wasser, Dünger und Pflanzenschutzmitteln minimieren soll. Abgesehen von einigen Ballungszentren wird Urban Farming im Betrachtungszeitraum bis 2030 aber voraussichtlich nur eine geringe Bedeutung für die Agrarwirtschaft insgesamt und damit auch für die Chemieindustrie haben.

Ähnlich werden die Bestrebungen von Nicht-Regierungsorganisationen und Grünen zur Agrarwende bewertet, die eine zunehmende Rolle in der öffentlichen Diskussion in Deutschland, aber auch auf internationaler Ebene spielen. Dieser Trend beschreibt das Bestreben zu einer vermeintlich umweltschonenderen, nachhaltigeren Erzeugung von Agrarprodukten bei einem kompletten Verzicht auf Mineraldünger und chemischen Pflanzenschutz. Damit sind allerdings Produktivitäts- sowie Qualitätseinbußen und Kostensteigerungen verbunden, die nicht mit dem Ziel der ausreichenden Versorgung einer wachsenden Weltbevölkerung mit Nahrungsmitteln vereinbar sind.

Ein nachweislich erfolgversprechender Weg ist die Erhöhung der Produktivität in der Landwirtschaft unter anderem durch Technologien, die Nutzpflanzen resistenter bzw. toleranter gegen Schaderreger und den Klimawandel werden lassen (Präzisionszüchtung), und der effiziente Einsatz von hochwertigen Pflanzenschutzmitteln unter Einsatz digitaler Technologien (Digitalisierung der Landwirtschaft).

Genome Editing als Präzisionszüchtung

Schnellansicht

- Molekularbiologische Methode zur zielgerichteten Veränderung von DNA
- CRISPR/CAS9 als neues Verfahren
- **Potenzial für Chemie von der Gesetzeslage abhängig**

Genome Editing ermöglicht die Optimierung von Nutzpflanzen durch molekularbiologische Methoden hin zu einer Präzisionszüchtung. Neue Techniken wie CRISPR/CAS9 und die mit diesen Verfahren einhergehende erhöhte Genauigkeit und Schnelligkeit eröffnen neue Anwendungsmöglichkeiten bei der Pflanzenzüchtung und im Pflanzenschutz. So wurden beispielsweise im Weizen bestimmte Gene mittels Genome Editing gezielt ausgeschaltet, die dem Mehltau-Pilz beim Eintritt in die Zellen helfen. Sind sie ausgeschaltet, sind die Pflanzen gegen Mehltau resistent. Ob dieses Potenzial in Deutschland genutzt werden kann, wird auch von regulatorischen Rahmenbedingungen abhängen, insbesondere davon, ob Organismen, die mittels der Methoden des Genome Editing bearbeitet werden, pauschal als gentechnisch-veränderte Mechanismen eingestuft werden und gemäß der Richtlinie 2001/18/EG reguliert werden oder oder nicht. Je nach Anwendung kann eine Methode des Genome Editing eine Punktmutation auslösen, die keine gentechnische Veränderung darstellt, oder ein artfremdes Gen einführen. Nur im letzteren Fall handelt es sich um eine gentechnische Veränderung nach GenTG bzw. EU-Richtlinie 2001/18.

Eine höhere Widerstandskraft gegen Krankheiten hat für die Chemieindustrie zunächst einen Nachfragerückgang nach Pflanzenschutzmitteln zur Folge. Es ermöglicht aber gleichzeitig den Einsatz innovativer und spezifischer auf die verbleibenden Bedarfe abgestimmter Produkte, wie klimaangepasste und gegen Schaderreger resistente Pflanzensorten.

Digitalisierung in der Landwirtschaft

Schnellansicht

- Verknüpfung und Verwendung diverser Daten zur Optimierung des gesamten Pflanzenzyklus
- Neu entstehende ökonomische Netzwerke
- **Große Chancen und Risiken für Chemie**

Digitalisierung der Landwirtschaft (Precision Farming) beschreibt die Nutzung und Verknüpfung von Boden-, Wetter- und Pflanzendaten sowie anderer relevanter Daten zusammen mit digitaler Anlagentechnologie, um den gesamten Pflanzenzyklus (Aussaatzeitpunkt, Düngung, Bewässerung, Pflanzenschutz und -ernährung sowie Erntezeit) zu optimieren und damit den Ertrag auf bestehender Fläche bei gleichzeitiger Verringerung der Kosten zu erhöhen.

Die damit verbundene Effizienzsteigerung kann dazu beitragen, künftige Nahrungsmittelkrisen zu vermeiden: So wird die globale Nachfrage nach Getreide von 2015 bis 2025 um insgesamt 600 Millionen Tonnen ansteigen (1,4% durchschnittliches jährliches Wachstum).[35] Dieser Nachfrageanstieg erfordert eine deutliche Produktivitätssteigerung, da die Anbaufläche nur in geringem Maße erweitert werden kann.

Die Digitalisierung der Landwirtschaft hat in den letzten Jahren erhebliche technische Fortschritte durch bessere Datenverfügbarkeit und neue Analysemöglichkeiten gemacht. Satelliten, Drohnen, Sensoren (z.B. im Boden) und autonome Maschinen liefern genaue Informationen über den Zustand von Pflanzen und Boden und über die Ertragsentwicklung. Smarte Traktoren haben einen um 10% reduzierten Kraftstoffverbrauch[36], optische Sensoren ermöglichen ein Einsparungspotenzial des Düngemittelverbrauchs und die teilflächenspezifische Applikation von Pflanzenschutzmitteln bei Unkräutern und Gräsern sorgt für einen deutlich geringeren Mitteleinsatz. Es wird geschätzt, dass die Digitalisierung der Landwirtschaft durch mehr Informationen, bessere Analysemethoden und Automatisierung 15% der Inputkosten einsparen kann.[37] Insgesamt wird das globale Marktpotenzial der digitalen Landwirtschaft auf 10,7 Milliarden US-Dollar in 2025 geschätzt.[38]

Für die Chemieindustrie hat die Digitalisierung der Landwirtschaft verschiedene Auswirkungen. Zum einen reduziert sie die benötigte Menge Agrarchemikalien pro Flächeneinheit, zum anderen erhöht sich der Bedarf an gezielt einzusetzenden und hocheffizienten Pflanzenschutzmitteln sowie maßgeschneiderten Pflanzensorten und bietet den Unternehmen die Chance, im Bereich der digitalen Landwirtschaft neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Dabei stellt der Wandel der Geschäftsmodelle die größere und strukturell bedeutendere Herausforderung dar. Künftig bilden verschiedene Akteure wie Landmaschinen-, Düngemittel- und Pflanzenschutzmittelhersteller sowie Pflanzenzüchter, innovative Start-ups und große Technologiefirmen Plattformen, um Produkte und Services rund um Düngung, Bewässerung, Pflanzenschutz und Pflanzensorten anzubieten. Agrarchemikalien und Biologicals (biologische Pflanzenschutzmittel), Pflanzensorten und Anwendungskompetenz stellen Schlüsselfaktoren in diesen Netzwerken dar. Die Chemieindustrie ist daher in einer guten Position, sich an diesen neuen digitalen Geschäftsmodellen nicht nur zu beteiligen, sondern dort auch eine maßgebliche Rolle zu spielen.

Pharmazie & Gesundheitswesen

Der Gesundheitssektor ist in besonderem Maße durch innovative medizinische und technische Entwicklungen geprägt. Von großer Bedeutung sind die Personalisierung von Therapien, die Weiterentwicklungen in der professionellen Medizintechnik, aber auch neue digitale Anwendungen für Ärzte und Patienten.

Personalisierte Medizin

Schnellansicht

- Speziell angepasster Einsatz von Medikamenten basierend auf Biomarkern
- Aktuell fokussiert auf Onkologie, Infektionsmedizin, Stoffwechselstörungen
- **Großes Potenzial für die Pharmazie und Chemie**

Die personalisierte Medizin (auch stratifizierte Medizin genannt) beschreibt den Trend, Ursachen von Krankheiten schnell und umfassend auf molekularer Ebene zu verstehen. Die Erkenntnisse über Krankheitsmechanismen, verschiedene Subtypen von Krankheiten, unterschiedliche Krankheitsrisiken der Menschen und die unterschiedliche Wirkung von Medikamenten oder anderen Behandlungen auf einzelne Patienten werden in personalisierten Behandlungsstrategien abgebildet.[39]

Wichtige Voraussetzung und Treiber für die Entwicklung personalisierter Medizin sind Fortschritte in der Datenanalyse, Sequenzierungstechnik und der Genomik mit einer weiteren Beschleunigung und Kostenreduzierung der Gensequenzierung sowie technologischen Fortschritten beim Genome Editing. Dadurch ist es möglich, unterschiedliche Voraussetzungen und Bedürfnisse verschiedener Patientengruppen mit sehr ähnlichen genetischen Veranlagungen bzw. Biomarkern bei der Prävention und Gesundheitsversorgung durch speziell zugeschnittene Medikamente zu berücksichtigen. Bei der sogenannten Präzisionsmedizin werden diese Einflussgrößen noch um Lebensstil, soziale Faktoren und Umwelteinflüsse erweitert.

Dieser medizinische Ansatz eröffnet der innovationsstarken Pharmaindustrie in Deutschland neue Wachstumsfelder durch das Personalisieren von bestehenden Medikamenten und Wirkstoffen. Pharmaunternehmen können die gewonnenen Erkenntnisse über die grundlegenden Krankheitsmechanismen in die Wirkstoffforschung und Entwicklung übertragen und die Forschung zielgerichteter gestalten. Dies kann die Erfolgsrate von klinischen Studien erhöhen, da sich durch die Erkenntnisse über die Zugehörigkeit eines Patienten zu einer bestimmten Patientengruppe die Auswahl von Probanden auf Basis des genetischen Profils verbessern lässt. Auch die Entwicklung neuer Wirkstoffe wird durch den Durchbruch im Genome Editing erleichtert. Heutige Anwendungsfelder der personalisierten Medizin sind vor allem die Onkologie, Infektologie wie bei HIV-Therapien[40] oder Hepatitis-C-Infektionen[41], Stoffwechselstörungen sowie Muskel-Skelett-Erkrankungen.

Für eine erfolgreiche Umsetzung der personalisierten Medizin sind hohe Investitionen in Forschung und Entwicklung von validierten Tests und Medikamenten notwendig. Die Kostenübernahme durch die Krankenkassen stellt einen weiteren wichtigen Erfolgsfaktor dar. Das Bestreben der Gesellschaft, Krankheiten medizinisch besser und ökonomisch nachhaltiger behandeln zu können, befördert diesen Trend.

E-Health und neue Medizintechnik

Schnellansicht

- Wireless Health, Telehealth, Mobile Health
- Kombinationsprodukte, Miniaturisierung, 3D-gedruckte Medizinprodukte
- Starkes Wachstum in den nächsten Jahren
- **Mittelgroße Auswirkung auf die Pharmaindustrie**

E-Health als Einsatz digitaler Technologien im Gesundheitswesen umfasst alle Hilfsmittel und Dienstleistungen, bei denen Informations- und Kommunikationstechnologien für die Vorbeugung, Diagnose, Behandlung, Überwachung und Verwaltung im Gesundheitswesen zum Einsatz kommen. Zu E-Health gehören somit Themen wie die Elektronische Patientenakte, Wireless Health, Mobile Health, Tele-Health, die Telematikinfrastruktur sowie die Software für Krankenhaus und Arztpraxis.

E-Health und neue Medizintechnik spiegeln auch das Interesse an einem wachsenden Patienten-Engagement wider: Patienten nutzen über das Arztgespräch hinaus alternative Informationsmittel, um sich bei Gesundheitsthemen zu orientieren. Bereits heute benutzen laut einer Erhebung der EU-Kommission etwa 60% aller Internetnutzer das Web für Gesundheitsfragen.[42] In Zukunft ist mit einem weiteren rasanten globalen und nationalen Wachstum von digitalen Gesundheitsinformationsmedien zu rechnen. Experten gehen von einem Wachstum von bis zu 18% jährlich bis 2020 aus, was zu einem globalen Marktvolumen von etwa 300 Milliarden US-Dollar in 2022 führt.[43]

Wireless Health, die Integration von drahtloser Technologie in die traditionelle Medizintechnik, wird auch in den nächsten Jahren der größte Bereich von E-Health bleiben. Der Aufbau dieser digitalen Infrastruktur schafft die Basis für eine ganzheitliche digitale Erfassung und Verwendung medizinischer Daten. Neue Medizintechnik umfasst neue Produkte wie 3D-gedruckte, miniaturisierte und Kombinations-Produkte, in die heute schon Bio-Sensoren integriert werden können. Bio-Sensoren können kontinuierlich eine Vielzahl von Parametern erfassen (z.B. Kontaktlinsen, die den Blutzuckerspiegel messen). Diverse neue Produkte werden in den nächsten fünf bis zehn Jahren die Marktreife erreichen, unter anderem werden dauerhaft implantierbare Bio-Sensoren erwartet.[44]

Mobile Health, die medizinische Leistungserbringung über mobile Kommunikation, ist ein weiterer wichtiger Aspekt von E-Health. Es ist das am stärksten wachsende Segment von E-Health in den nächsten Jahren und eröffnet Patienten weitere

Digitale Zusatzangebote werden Teil künftiger Geschäftsmodelle der Pharmafirmen in Deutschland.

Möglichkeiten, nach Informationen zu suchen, Erfahrungen untereinander und mit Ärzten auszutauschen sowie aktiv an der Behandlung zu partizipieren.[45] E-Health setzt jedoch nicht nur beim Konsumenten an, sondern kann auch Ärzten künftig Lösungen zur Entscheidungshilfe bis hin zur automatisierten Diagnose anbieten. Die innovativen, forschenden Pharmaunternehmen in Deutschland sind in diesen Erfahrungsaustausch eingebunden und stellen den verschiedenen Interessengruppen wissenschaftlich fundierte Informationen zur Verfügung.

Selbstmedikation im Sinne der eigenverantwortlichen Behandlung von Erkrankungen durch den Patienten mit rezeptfreien, nicht vom Arzt verschriebenen Arzneimitteln („Over-the-Counter", OTC) wird durch die Nutzung digitaler Medien ebenfalls gefördert. Unterstützt wird diese Tendenz durch die Möglichkeit, sich nicht apothekenpflichtige Produkte über Onlineplattformen nach Hause liefern zu lassen.

Insgesamt wirken sich E-Health und neue Medizintechnik spürbar auf die Pharmaindustrie in Deutschland aus. So können Gesundheitsinformationen aus digitalen Quellen gewonnen und unerkannter Bedarf beim Patienten aufgedeckt werden. Das Sammeln und Auswerten von umfangreichen Datenmengen stellt einen kritischen Erfolgsfaktor dar, unter anderem für die Verbesserung der Gesundheitsversorgung durch die Analyse sogenannter „Real World Data". Sie bilden auch die Basis für neue Geschäftsmodelle. 93% der von Bitkom in 2015 befragten Pharma-Unternehmen gaben an, dass digitale Zusatzangebote wie beispielsweise Apps, die bei der Medikamenteneinnahme unterstützen, Teil künftiger Geschäftsmodelle sein werden.[50]

Neue Medizintechnik bietet der Pharma- und Chemieindustrie auch Chancen durch Kombinationsprodukte, d.h. die Verbindung eines medizinischen Gerätes mit einem Medikament. Diese bieten die Chance, die Therapietreue der Patienten zu erhöhen, die Lebensqualität z.B. bei therapiebegleitenden Messungen (Blutzuckermessung zur Insulindosierung) zu steigern und damit insgesamt die Qualität der angebotenen Therapie zu verbessern. Darunter fallen auch neue, im 3D- oder künftig 4D-Druck hergestellte Produkte, deren Materialien von der Chemie entwickelt und angeboten werden können. Materialien für den 4D-Druck haben ein Formgedächtnis, welches zu einem bestimmten Zeitpunkt aktiviert werden kann. So können Implantate beispielsweise erst in einer leicht zu verarbeitenden Form hergestellt werden und dann am gewünschten Ort ihre gespeicherte Form annehmen.

Zwischenfazit

Viele der vorstehend beschriebenen Trends haben mittelfristig erhebliche Auswirkungen auf die Unternehmen der Chemieindustrie. Sie unterscheiden sich nicht nur in Hinblick auf ihre Ursachen, sondern vor allem auf ihre Tragweite. Insbesondere kann danach differenziert werden, ob die Trends in ihren Auswirkungen auf die Chemieindustrie eher als inkrementell oder als disruptiv einzustufen sind.

Inkrementelle Veränderungen sind durch kontinuierliche Innovations- und Verbesserungsprozesse charakterisiert, die sich weitgehend im Rahmen bestehender Produktportfolios und Prozesstechnologien sowie etablierter Geschäftsmodelle abspielen. Die Struktur der Wertschöpfungsketten bleibt überwiegend unverändert. Solche inkrementellen, kontinuierlichen Innovationsprozesse sind Teil des bestehenden Geschäfts- und Erfolgsmodells der Chemieindustrie in Deutschland. Sie bieten Chemie- und Pharmaunternehmen auch weiterhin signifikante Wachstumschancen.

Die chemische Industrie in Deutschland ist traditionell gut aufgestellt, um die Herausforderungen inkrementeller Veränderungen zu meistern. Allerdings führt die steigende Wettbewerbsintensität im nationalen und internationalen Umfeld dazu, dass so gewonnene Wettbewerbsvorsprünge immer schneller erodieren. Sie erfordern auch in Zukunft erhebliche Anstrengungen in Forschung und Entwicklung. Die mittelständische Chemieindustrie als kundennahe und innovative Industrie ist dabei ein wichtiger Motor, gerade sie kann und muss durch die Zusammenarbeit über Unternehmens- und Sektorengrenzen hinweg ihre Stärken ausspielen (siehe Kapitel „Handlungsempfehlungen an Unternehmen und Verbände“).

Disruptive Veränderungen im Umfeld der Chemieindustrie haben hingegen einen durchgreifenden Einfluss auf Produktportfolios, Wertschöpfungsstrukturen und Geschäftsmodelle. Dies umfasst sowohl die Chemiefirmen selbst als auch die gesamte Struktur ihrer Kunden- und Lieferantenbeziehungen. Häufig werden disruptive Veränderungen durch sich ändernde gesellschaftliche Bedürfnisse, regulatorische Veränderungen oder neue Technologien ausgelöst. Dieser Typ von Veränderungen bietet Chemie- und Pharmaunternehmen einerseits Chancen in neuen Wachstumsfeldern, stellt aber auch Herausforderungen dar, Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle an die neuen Rahmenbedingungen grundlegend anzupassen.

Disruptive Veränderungen treten in zwei Formen auf: als disruptive Produktinnovationen und als disruptive Änderungen des Geschäftsmodells.

- Disruptive Produktinnovationen beschreiben Technologien bzw. Produkte, die sich grundlegend von den bisherigen auf dem Markt befindlichen bzw. nachgefragten unterscheiden. Sie bieten große Wachstumspotenziale, konkurrieren aber gleichzeitig auch mit bestehenden Produkten. Die vorstehend beschriebenen Trends, z.B. in der Elektromobilität und in der personalisierten Medizin, können hier subsumiert werden, da sie Nachfragestrukturen in den betreffenden Produktsegmenten grundlegend ändern können. Disruptive Produktinnovationen haben gleichwohl nur eine begrenzte Auswirkung auf die Struktur der Wertschöpfungskette, sofern die Produkte weiterhin in bestehenden Strukturen hergestellt und vermarktet werden.

Veränderungen im Umfeld der Chemieindustrie

Inkrementelle Veränderungen	**Disruptive Veränderungen**		
Kundenanforderungen steigen im Zeitverlauf an	Grundlegend neue/veränderte gesellschaftliche Bedürfnisse, regulatorische Rahmenbedingungen oder Technologien		
Optimierung Produkte oder Herstellungsverfahren werden weiterentwickelt	**Angebot** Bestehende Produkte werden von neuen Produkten verdrängt (physisch oder digital)	**Kundenbeziehungen** Die Rollen in der Wertschöpfungskette werden neu definiert	**Geschäftsmodelle** Neue Geschäftsmodelle entstehen, lineare Wertschöpfungsketten entwickeln sich zu (digitalen) ökonomischen Netzwerken
Beispiele			
• Leichtbau im Automobil • Materialeffizienz am Bau	• Industrielle Biotechnologie • Personalisierte Medizin • Elektromobilität • Wahrnehmung der Chemie	• Veränderung Chemie-Endkunde • E-Health	• Digitalisierung der Landwirtschaft • Power-to-X • Additive Fertigung

- Disruptive Änderungen des Geschäftsmodells beschreiben dagegen eine neue Form der Leistungserbringung, in der verschiedene Unternehmen unterschiedliche Produkte und Dienstleistungen bündeln und dem Kunden gemeinsam anbieten. Dies bietet der Chemie einerseits die Möglichkeit, sich näher am Kunden zu positionieren und einen größeren Teil der Wertschöpfung zu übernehmen. Andererseits besteht jedoch das Risiko, dass die Chemie zu einem reinen Materialien- und Chemikalienlieferanten reduziert wird und andere, neue Marktteilnehmer sich zwischen dem Kunden und der Chemie etablieren. Digitale Geschäftsplattformen und Wertschöpfungsnetzwerke gewinnen hier eine wachsende Bedeutung und die Sammlung, der Austausch und die Analyse digitaler Massendaten werden immer wichtiger. In diesem neuen Umfeld kann die oben beschriebene Rolle als Chemikalienlieferant mit Fokussierung auf effiziente Produktion innovativer Chemikalien ein Risiko darstellen, wenn andere, auch neue, nicht aus der chemischen Industrie stammende Wettbewerber Marktmacht aufbauen und die Wertschöpfungsnetzwerke kontrollieren.

In einer zweiten Differenzierungsebene kann danach unterschieden werden, ob die vorstehend beschriebenen Trends und die damit verbundenen Entscheidungen vornehmlich einem ökonomischen bzw. betriebswirtschaftlichen Kalkül folgen oder ob gesellschaftliche und politische Kriterien eine dominierende Rolle für die weitere Entwicklung spielen. Diese Einordnung ist schwierig und auch abhängig von der Entwicklung gesellschaftlicher und politischer Diskurse. Gleichwohl gibt eine Unterscheidung nach diesen Kriterien Anhaltspunkte für die Breite der damit verbundenen gesellschaftlichen Diskussion und der Einbeziehung politischer und zivilgesellschaftlicher Stakeholder in die Entwicklung.

Die folgende Abbildung ordnet die 30 im Rahmen dieser Studie untersuchten Trends nach diesen Unterscheidungskriterien in vier verschiedene Gruppen ein. Zugrunde liegt eine gemeinsame Bewertung aus Sicht der Teilnehmer an Expertenworkshops, die in der Umfeldanalyse durchgeführt wurden. Die Auszeichnung des Trendnamens spiegelt die Größe der Auswirkungen auf die Chemie und Pharmazie in Deutschland bis 2030 wider.

Einordnung der Umfeldtrends der Chemieindustrie

Dabei zeigt sich, dass viele Innovationen in wichtigen Geschäftsfeldern der Chemieindustrie wie der Automobil-, Bau- und Verpackungsindustrie, aber auch bei Produktionsverfahren wie der industriellen Biotechnologie eher schrittweise erfolgen werden. Ein außergewöhnlich großer Anteil der für die kommenden Jahre bereits heute absehbaren Veränderungen für die Chemieindustrie durch Produkt- bzw. Technologieinnovationen hat aber tatsächlich disruptiven Charakter.

Eine Reihe dieser Entwicklungen steht in engem Zusammenhang mit der zunehmenden Digitalisierung von Geschäftsmodellen, wie die Beispiele Additive Fertigung, Digitalisierung der Landwirtschaft und E-Health zeigen. Darüber hinaus haben viele Entwicklungen insbesondere in der oberen Hälfte der Abbildung einen offensichtlichen Bezug zu Nachhaltigkeitsthemen und zirkulären Wirtschaftskonzepten (z.B. nachwachsende Rohstoffe, erneuerbare Energien, Carbon Capture Storage, Carbon Capture Utilization, Bioraffinerien, Bio-Kunststoffe). Viele dieser Trends deuten ebenfalls auf eine zunehmende „Biologisierung" der Chemieindustrie hin.

Die Analyse der Entwicklungen im Umfeld der Chemieindustrie hat damit zwei thematische Schwerpunkte deutlich werden lassen, die sich unter den Oberbegriffen zirkuläre Wirtschaft und Digitalisierung subsumieren lassen. Beide Themen werden Transformationsprozesse auslösen, die nicht nur einzelne Unternehmen erfassen, sondern die Chemieindustrie bzw. die Wirtschaft als Ganzes. Geschäftsmodelle ebenso wie die Rollenverteilung in Industrienetzwerken werden sich in den kommenden Jahren stark verändern.

Die Potenziale der Digitalisierung werden derzeit in vielen Branchen evaluiert. Tendenziell sind damit weitreichende Änderungen in der Struktur der industriellen Wertschöpfung verbunden. Digitalisierung ist daher nicht nur ein Auslöser für grundlegende Veränderungen im Umfeld der Chemie, sondern bietet gleichzeitig die Möglichkeit, den Wandel in der Chemieindustrie erfolgreich zu gestalten, aber vor allem auch ganz neue Geschäfts- und Servicebereiche zu erschließen. Die Weiterentwicklung zirkulärer Wirtschaftskonzepte wird seitens der Gesellschaft und der Politik gefordert, um Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Aus Sicht der Unternehmen eröffnen sich hier Wachstumspotenziale, da Produkte und Dienstleistungen der Chemieindustrie eine wichtige Rolle im Schließen von Stoffkreisläufen ihrer Kundenindustrien spielen können. Darüber hinaus beeinflusst dies tendenziell die Wahrnehmung der Chemieindustrie, die in einem Teil der Öffentlichkeit noch unzureichend als wesentlicher Innovationstreiber und Problemlöser für die großen Nachhaltigkeitsthemen gesehen wird.

Bisher weitgehend unbeachtet geblieben ist das Zusammenspiel zwischen zirkulären Wirtschaftskonzepten und Digitalisierung. Die Detailanalyse-Workshops haben gezeigt, dass es erhebliche Parallelen in den Strukturen digitaler und zirkulärer Geschäftsmodelle gibt, aus denen ähnliche Anforderungen an die Unternehmen resul-

tieren. Darüber hinaus können zunehmende Möglichkeiten der Digitalisierung Nutzen für den Ausbau zirkulärer Wirtschaftsmodelle stiften. Diese Wechselwirkungen lassen es sinnvoll erscheinen, beide Schwerpunkte in den Mittelpunkt dieser Studie zu stellen und sie gesamthaft hinsichtlich ihrer Herausforderungen und der daraus resultierenden Handlungsempfehlungen zu betrachten.

Das kumulierte Auftreten einer Vielzahl potenziell disruptiver Entwicklungen, insbesondere in den Feldern Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft, ist außergewöhnlich und stellt hohe Anforderungen an die Innovationskraft der Chemieindustrie. Viele der in der Umfeldanalyse diskutierten Entwicklungen – insbesondere die intensive Nutzung von Daten als Produktionsinput – eröffnen weitere Wachstumspotenziale, wenn die Unternehmen die damit verbundenen Chancen ergreifen. Gleichzeitig sind die Risiken groß, dass branchenfremde Wettbewerber Marktmacht aufbauen und der Chemieindustrie Wertschöpfungsanteile streitig machen.

Das gleichzeitige Zusammenwirken all dieser Merkmale lässt derzeit auf einen Wechsel in eine neue Entwicklungsphase der Chemieindustrie schließen – von der Chemie 3.0 als einer Phase der Globalisierung und Spezialisierung zur Chemie 4.0 als einer neuen Entwicklungsstufe, in der Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft im Mittelpunkt stehen werden.

Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft sind Auslöser grundlegender Veränderungen und bieten gleichzeitig die Möglichkeit, den Wandel in der Chemieindustrie durch das Erschließen neuer Bereiche erfolgreich zu gestalten.

Mittelstandsumfrage: Umfeldanalyse

Der Mittelstand ist eine tragende Säule der deutschen Chemieindustrie. Wenn auch in der öffentlichen Wahrnehmung die Weltkonzerne dominieren, ist die Branche in Deutschland überwiegend mittelständisch geprägt. Über 90% der Chemieunternehmen in Deutschland beschäftigen weniger als 500 Mitarbeiter, in Summe jedoch rund 165.000 Mitarbeiter. Mit einem Jahresumsatz von rund 55 Milliarden Euro trägt der Mittelstand knapp 30% zum Gesamtumsatz der Branche bei. Dies wird durch eine hohen Spezialisierungsgrad und die Chancen der Globalisierung ermöglicht.

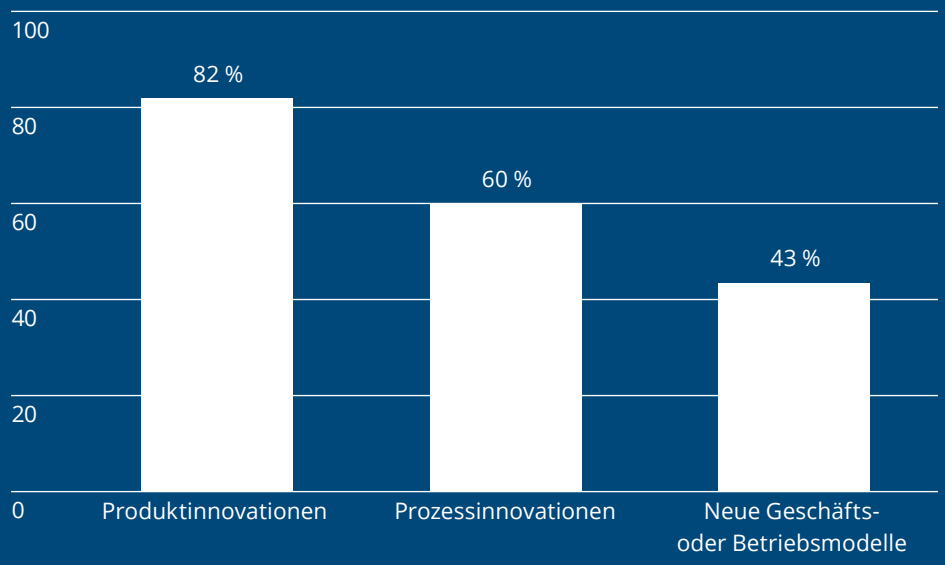
Kleine und mittlere Unternehmen setzen erfolgreich auf die Strategie, Nischen zu erschließen und zu besetzen und sind nicht selten Weltmarktführer auf ihrem Gebiet. Die mittelständischen Unternehmen sind nicht nur wichtige Lieferanten für die Großkonzerne, sondern gleichzeitig – und hier unterscheidet sich die Branche von vielen anderen Branchen – auch ein wichtiger Kunde und in vielen Fällen auch Forschungs- und Entwicklungspartner. Sie veredeln chemische Vorprodukte zu Speziallösungen für industrielle Kunden, die Landwirtschaft oder die Konsumenten. Einen Mittelbau mit dieser Leistungsstärke und Spezialisierung gibt es an keinem anderen Chemiestandort der Welt.

Der Mittelstand nutzt zudem die Chancen der Globalisierung. Etwa 45% ihrer Umsätze erzielen die Unternehmen im Ausland, davon die Hälfte außerhalb von Europa. Die Produktion findet aber überwiegend (> 80%) am Heimatstandort Deutschland statt. Die stark wachsenden Auslandsmärkte in Asien, Nordamerika und Osteuropa werden daher vor allem über Exporte beliefert.

Dem chemischen Mittelstand in Deutschland geht es derzeit gut. Allerdings ist der Wettbewerbsdruck hoch. Mehr als 82% der Unternehmen beurteilen die Wettbewerbsintensität als „hoch“ oder „sehr hoch“. Immerhin 42% der Unternehmen geben darüber hinaus an, dass sich der Wettbewerbsdruck seit der Wirtschaftskrise 2008 erheblich verstärkt hat.

Der chemisch-pharmazeutische Mittelstand in Deutschland spürt einen erheblichen Anpassungsdruck. Die im Rahmen dieser Studie detailliert betrachteten Umfeldtrends sowie die digitale Revolution und die Transformation zu einer zirkulären Wirtschaft werden künftig Veränderungsprozesse auslösen. Die Mehrheit der Unternehmen erwartet starke inkrementelle Veränderungen. Rund 30% der Unternehmen geht sogar von erheblichen, disruptiven Veränderungen im Chemie- und Pharmageschäft aus. Hierzu zählen umfangreiche Anpassung des Produktportfolios, der Einsatz neuer Prozesstechnologien sowie Veränderungen der Wertschöpfungsstrukturen und der Geschäftsmodelle. Nur etwa 7 % der Unternehmen rechnen im Zuge der Digitalisierung und der zirkulären Wirtschaft

Bedeutung der verschiedenen Innovationen für die Unternehmen (Mehrfachnennung möglich)
Anteile der Unternehmen, die eine hohe oder sehr hohe Bedeutung für die entsprechenden Innovationssegmente angeben haben.



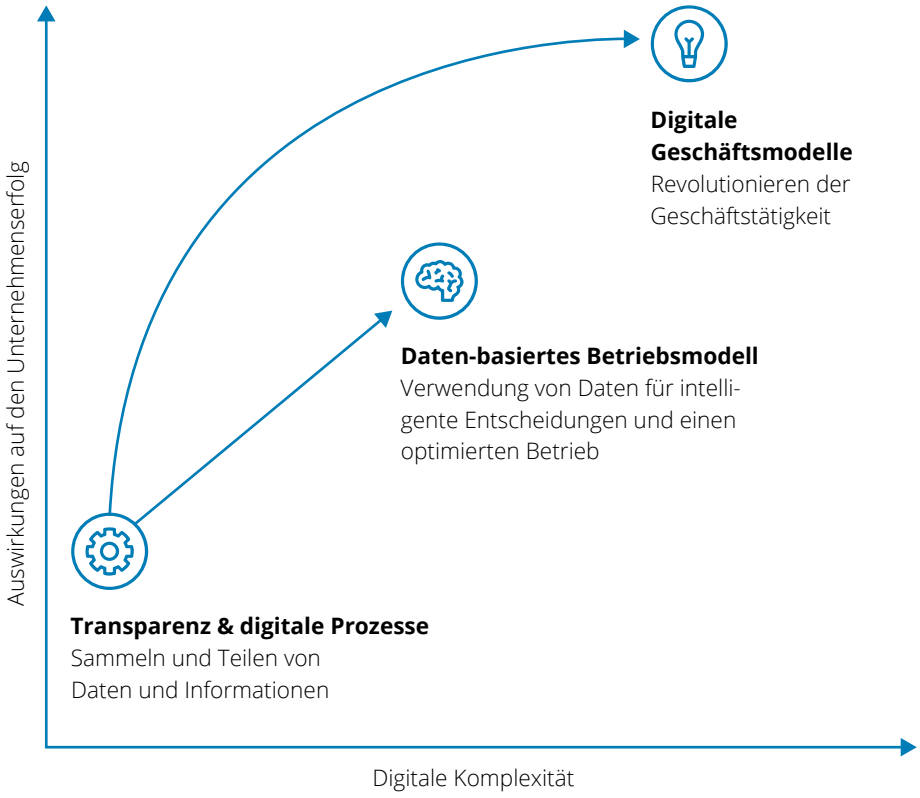
nicht mit Veränderungen für das eigene Unternehmen. In einem Punkt sind sich die befragten Unternehmen einig: Sie sehen in den Entwicklungen überwiegend Chancen für ihr Unternehmen. Diese Chancen wollen sie vor allem durch Innovationen nutzen. Um die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens zu stärken, investiert der chemische Mittelstand knapp 5% seines Umsatzes für Innovationen. Traditionell haben Produkt- und Prozessinnovationen eine hohe und sehr hohe Bedeutung. Für 43% der Unternehmen haben aber auch neue Geschäfts- und Betriebsmodelle eine hohe oder sehr hohe Bedeutung, ergab die Mitgliederumfrage (siehe Abbildung). Aufgrund der hohen Komplexität der Veränderungen im Umfeld des Chemiegeschäfts reicht die Innovationskraft einzelner Unternehmen oftmals nicht aus. Die Unternehmen setzen daher auf Innovationskooperationen. 75% der Unternehmen arbeiten bei ihren Innovationsprojekten eng mit Lieferanten, Kunden, Hochschulen oder Forschungsinstituten zusammen.

Digitalisierung in der Chemieindustrie

Dieses Kapitel beschreibt die wichtigsten Anwendungsgebiete der Digitalisierung von der Effizienzsteigerung bis hin zur Erschließung neuer Geschäftspotenziale in der Chemieindustrie und stellt insbesondere die Voraussetzungen und Möglichkeiten neuer, digitaler Geschäftsmodelle dar.

Die Entwicklungen, die unter dem Oberbegriff der Digitalisierung zusammengefasst werden, haben erhebliche Auswirkungen, deren Tiefe und Umfang nicht zu unterschätzen sind. Der Wandel vollzieht sich erheblich schneller als noch vor einigen Jahren gedacht und findet zeitgleich auf einer globalen Ebene statt. Darin sind sich fast 90% der mehr als 3.200 von Deloitte und dem MIT 2016 befragten Führungskräfte in 131 Ländern und 27 Industrien einig.[46] Eine Umfrage des deutschen Branchenverbandes Bitkom kommt zu dem gleichen Schluss. 80% der befragten kleinen und mittelständischen Unternehmen gaben an, dass Digitalisierung essenziell für den Fortbestand ihres Unternehmens ist.[47] Digitalisierung verändert die Branche insbesondere durch eine neue Qualität und Tiefe der Verbindung von physischer Welt (wie Anlagen und Produkte) mit der digitalen Welt (Daten). Für die chemische Industrie eröffnet diese Vernetzung bei gleichzeitigem Fortschritt in Hinblick auf Rechenkapazität, intelligente Software und Verfügbarkeit neuer technischer Systeme (Drohnen, Robotik) zahlreiche Möglichkeiten. Diese beginnen bei der Optimierung der Kernprozesse der chemischen Industrie und reichen bis zu der Option, strategisches Wachstum mit neuen Geschäftsmodellen zu eröffnen.

Die drei Digitalisierungskategorien



Digitalisierung ist allerdings ein weiter Begriff. Die unterschiedlichen Ansatzpunkte von Digitalisierung können prinzipiell in drei Kategorien unterteilt werden, die unterschiedliche (technische) Schwerpunkte haben und einen zunehmenden digitalen Reifegrad der Unternehmen voraussetzen. Gemeinsam haben alle digitalen Aspekte, dass die Chemiefirmen den Wert von Daten erkennen und diese adäquat schützen müssen. Cyber-Security gewinnt daher rasant an Bedeutung. Chemieunternehmen müssen sich intensiv mit diesem Thema auseinandersetzen, um sich selbst und auch ihre Partner und Kunden zu schützen.

Transparenz & digitale Prozesse

Die Kategorie Transparenz & digitale Prozesse umfasst die Sammlung und erste Nutzung digitaler Daten auf der operativen Ebene der Chemieunternehmen. So werden Effizienzpotenziale im Rahmen von Produktions- und Geschäftsmodellen gehoben, die im Wesentlichen unverändert bleiben. Die Digitalisierung dieser operativen Prozesse bildet zudem die Grundlage für ein effizientes Wissensmanagement. Dies ist essenziell, um den Generationenwechsel in der Belegschaft der Chemieunternehmen erfolgreich zu gestalten. Insbesondere in ihren kontinuierlichen und diskontinuierlichen Produktionsprozessen, aber auch in den Geschäftsprozessen ist die chemische und pharmazeutische Industrie hier vergleichsweise weit fortgeschritten. Die zentrale und digitalisierte Steuerung von Anlagen und Prozessen ist vielfach Standard. Die Digitalisierung mit der zunehmenden systematischen Erhebung digitaler Massendaten durch Sensoren und Aktoren ermöglicht es jedoch, noch weiter zu gehen und z.B. Produktionsprozesse weiter zu automatisieren.

Die Kategorie Transparenz & digitale Prozesse kann durch sechs verschiedene Hebel (siehe Abbildung) beschrieben werden, wobei zwei davon, Mobilität im Betrieb und Integrierter Omni-Kanal, in den nächsten Jahren das höchste Wertschöpfungspotenzial für die Chemie bieten.

Mobilität im Betrieb bezeichnet den mobilen Abruf und die Kontrolle z.B. von Temperatur- oder Druck-Daten, die mobile Bearbeitung von Serviceprozessen wie die Wartung von Anlagen und den Austausch diesbezüglicher Informationen in Echtzeit. Diese Mobilität erlaubt ein transparentes, effektives und effizientes Datenmanagement sowie den optimalen Einsatz von Ressourcen vor Ort. Zusätzlich ermöglicht sie die virtuelle Nutzung von dezentralen Experten.

Integrierter Omni-Kanal ist ein Instrument zur Verbesserung des Kundenerlebnisses, in die 70% der von Deloitte befragten Chemiefirmen im Rahmen ihrer digitalen Initiativen bereits investieren.[48] Dabei geht es um die nahtlose Kommunikation mit dem Kunden über alle Vertriebskanäle hinweg. Klassische Kanäle werden dabei mit digitalen Kanälen so verbunden, dass alle Informationen über den Kunden und dessen Informations- und Kaufverhalten gesamthaft verfügbar sind und analysiert werden können. Dies ermöglicht eine Steuerung und Personalisierung des Kundenerlebnisses über alle Kanäle und Produkte hinweg.

Übersicht der Digitalisierungshebel für „Transparenz & digitale Prozesse“

Transparenz & digitale Prozesse

Sammeln und Teilen von Daten und Informationen

1. Mobilität im Betrieb
2. Integrierter Omni-Kanal
3. Prozesskontrolle und Automatisierung
4. Lieferanten-Plattformen
5. Plattformen zum Wissensaustausch
6. Digitaler & intelligenter Arbeitsplatz

Datenbasierte Betriebsmodelle

Im Rahmen von datenbasierten Betriebsmodellen, der zweiten Digitalisierungskategorie, werden die Daten, die in der Kategorie Transparenz und digitale Prozesse erhoben wurden, intensiver genutzt und gegebenenfalls mit weiteren externen Daten verknüpft. Dies dient zur besseren Entscheidungsfindung und Effizienzsteigerung.

Datenbasierte Betriebsmodelle zielen darauf ab, aus den fortgeschrittenen Möglichkeiten der Datengewinnung, und -verarbeitung (wie beispielsweise Massendaten-Analysen) Nutzen zu ziehen, indem sowohl interne Daten (z.B. Lagerbestände) als auch externe Daten (z.B. über das Verhalten von Märkten, Kunden, und Wettbewerbern) verknüpft und für die Optimierung der betrieblichen und operativen Geschäftsprozesse verwendet werden.[49] Im Folgenden werden die acht Digitalisierungshebel beschrieben, die aus Sicht der Digitalisierungsexperten innerhalb der nächsten Jahre den höchsten Mehrwert[50] zur Umsetzung und Ausgestaltung der datenbasierten Betriebsmodelle in der Chemie liefern.

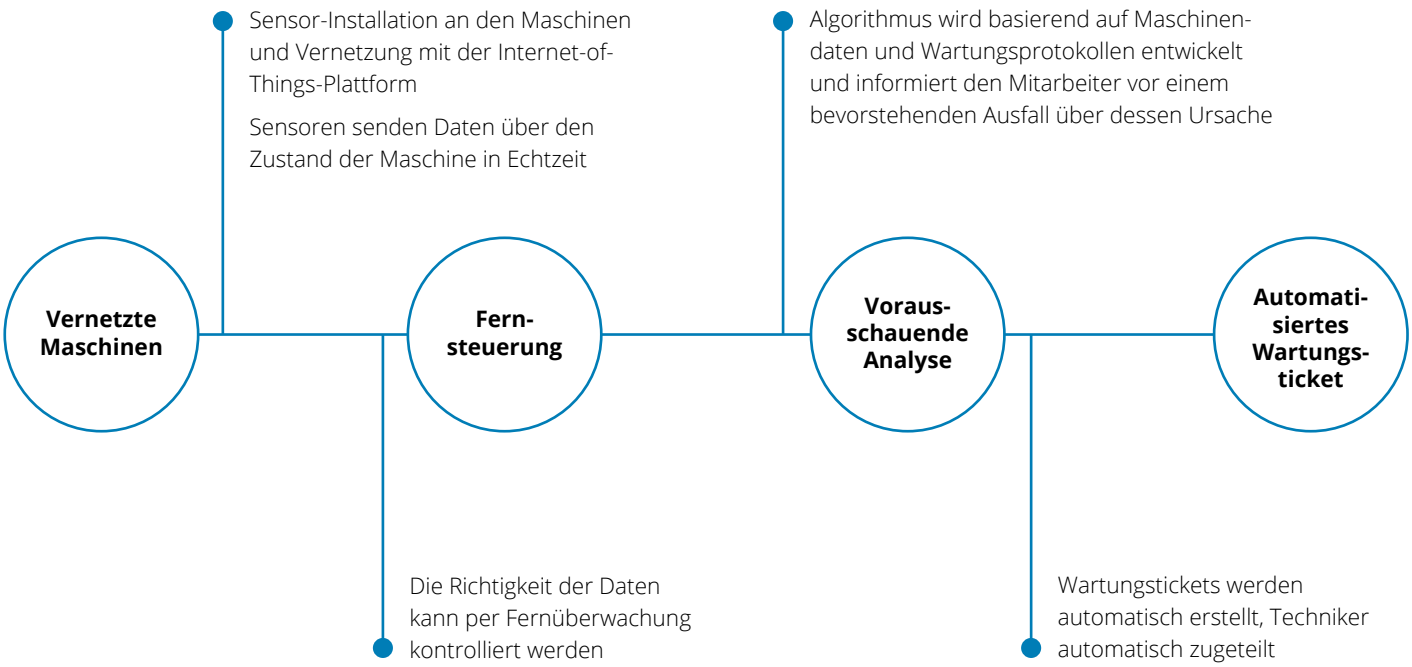
Asset Performance Management & Optimierung

Die ständige Optimierung der Anlagenleistung und -auslastung sowie deren Zuverlässigkeit sind für die chemische Industrie unverzichtbar.[51] Die Kombination von Erfassung und Integration von Echtzeitinformationen über Leistung, Zuverlässigkeit und Zustand jeder Art von Betriebsmitteln in Kombination mit der Visualisierung und Analyse dieser Informationen ermöglicht es, diese Optimierung auf eine neue Stufe zu heben. Durch Asset Performance Management, das auf der systematischen und automatisierten Analyse von Massendaten basiert, können die Lebensdauer der Anlagen erhöht, Betriebskosten gesenkt und das Ausfallrisiko minimiert werden.

Übersicht der Digitalisierungshebel für „Datenbasierte Betriebsmodelle“

Vorausschauende Wartung
Ein (ungeplanter) Anlagenausfall kann weitreichende Auswirkungen für eine Chemiefirma haben. Durch vorausschauende Wartung (predictive maintenance) können solche Ausfälle minimiert und die Lebenszeit von Komponenten erhöht werden. Vorausschauende Wartung kann die für Wartungsarbeiten benötigte Zeit um 20 bis 50% senken, die Verfügbarkeit der Anlagen um 10 bis 20% erhöhen und die Wartungskosten insgesamt um 10 bis 55% reduzieren.[52] Auch wenn vorausschauende Wartung kein neues Thema für die Industrie ist, haben viele Firmen in der chemischen Industrie zusätzliches Potenzial im Rahmen der Digitalisierung erkannt und investieren in digitale Technologien für die vorausschauende Wartung. Dazu gehören z.B. Sensoren zur Erhebung von Massendaten bezüglich des Maschinenzustandes, Ticketsysteme für die Fehlermeldungen und die Entwicklung von speziell zugeschnittenen Algorithmen zur Vorhersage von Wartungsbedarf. Investitionsmaßnahmen in diese Richtung bestätigten 41% der befragen Führungskräfte der Chemie.[48]

Schematischer Ablauf von vorausschauender Wartung



Nachfragegetriebene Produktion & fortgeschrittene Vorhersage

Die Nachfrage vorherzusagen, stellt in Zeiten zunehmender Volatilität und angesichts einer Vielzahl von schwankenden Planungsparametern eine immer größere Herausforderung dar. Chemieunternehmen können ihre Produktions- und ihre Kapazitätsplanung optimieren, indem sie diese möglichst gut an die künftige Nachfrage anpassen und ihre Produktion flexibler gestalten. Um die Vorhersagequalität zu erhöhen, werden bei massendatenbasierten Prognosen bisher nicht genutzte bzw. nicht verknüpfte Indikatoren gemeinsam analysiert und ausgewertet. Dazu können eher klassische Indikatoren wie historische Kundendaten, aktuelle externe Daten wie Konjunkturindikatoren und andere ökonomische Daten für Kundenindustrien herangezogen werden. Aber auch Informationen zu Änderungen in der Gesetzeslage und firmeninterne Informationen zu Strategie, Expansionen sowie Zu- oder Verkäufen sind hier relevant. Weitere Möglichkeiten für Absatzprognosen bietet die automatisierte Analyse von Beiträgen in sozialen Medien.

In der endverbrauchernahen Chemie ist dieses Vorgehen bereits weitverbreitet. So hat AkzoNobel die Software „Demand Sensing und Multi-Enterprise Inventory Optimization" eingeführt, nachdem ein Pilotprojekt in Europa Prognosefehler um 29% und die Lagerbestandsreichweite um mehrere Tage reduziert hat.[53]

Fortgeschrittenes Inventar-Management

Neben der höheren Genauigkeit der Bedarfsprognose und einer optimierten Sicherheitsbestandsplanung ist das optimale Management des Ausgangslagers ein weiterer wichtiger Erfolgsfaktor des künftigen Inventarmanagements. Steigende Anforderungen an die Lieferfähigkeit bei breiteren Produktportfolios verlangen Lösungen, denen das bisherige Inventar-Management nur bedingt gerecht werden konnte. Hier bietet die Digitalisierung neue Möglichkeiten durch die digital gestützte Echtzeit-Optimierung der Wertschöpfungskette. Sie ermöglicht es, die Lagerhaltungskosten von produzierenden Firmen zwischen 20% und 50% zu senken[54] und zugleich gestiegenen Anforderungen an Flexibilität und Lieferschnelligkeit gerecht zu werden.

Ein Beispiel zur Umsetzung ist die Analyse von Echtzeitinformationen via Sensoren über ankommende und abgehende Produkte und deren Standort mit einer entsprechenden Optimierung des Lagers. Die Automatisierung der Lagerlogistik durch Roboter oder Drohnen, aber auch die Unterstützung der Lagermitarbeiter in den Logistikprozessen durch Augmented Reality eröffnen weitere Effizienzpotenziale. DHL konnte in einem Pilotprojekt die Effizienz der Prozesse deutlich steigern, indem die Lagermitarbeiter durch Augmented Reality bei der Navigation innerhalb des Lagers sowie bei der Auswahl der Produkte unterstützt wurden.[55]

Verbundene Logistik & Lieferung
Unter dem Stichwort Verbundene Logistik & Lieferung (Connected Logistics) versteht man die Vernetzung aller Prozesse zum automatisierten Materialfluss innerhalb des Unternehmens und über Unternehmensgrenzen hinweg. Diese Vernetzung kann zum Beispiel durch Sensoren oder Ortungstechnologien in Echtzeit an Produkten, Transportmitteln oder Verpackungen ermöglicht werden, deren virtuelle Repräsentation durch eine „Industrial Internet-of-Things"-Plattform (IIOT) realisiert wird. Chemieunternehmen können so die Transparenz in der Wertschöpfungskette erhöhen, wodurch die firmeninterne Logistik und die Logistik zum Kunden besser mit der Produktion synchronisiert werden können. Gleichzeitig wird der Güterverkehr optimiert: Warte- und Durchlaufzeiten verringern sich, und der Einsatz von Transportmitteln wird reduziert.[56]

Ergänzt werden diese Prozesse durch neue technische Möglichkeiten im Güterverkehr, wie beispielsweise dem autonomen Fahren und Platooning[iv]. Auch beim innerwerklichen Transport spielen fahrerlose Transportsysteme eine zunehmende Rolle. Immer häufiger wird hier auf Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb (z.B. Gabelstapler) gesetzt und das operative Logistikpersonal wird durch vernetzte und tragbare Smart Devices (z. B. Smartglasses zur Bearbeitung von Checklisten und Aufträgen, für die Identprüfung, für Lagervorgänge etc.) unterstützt.

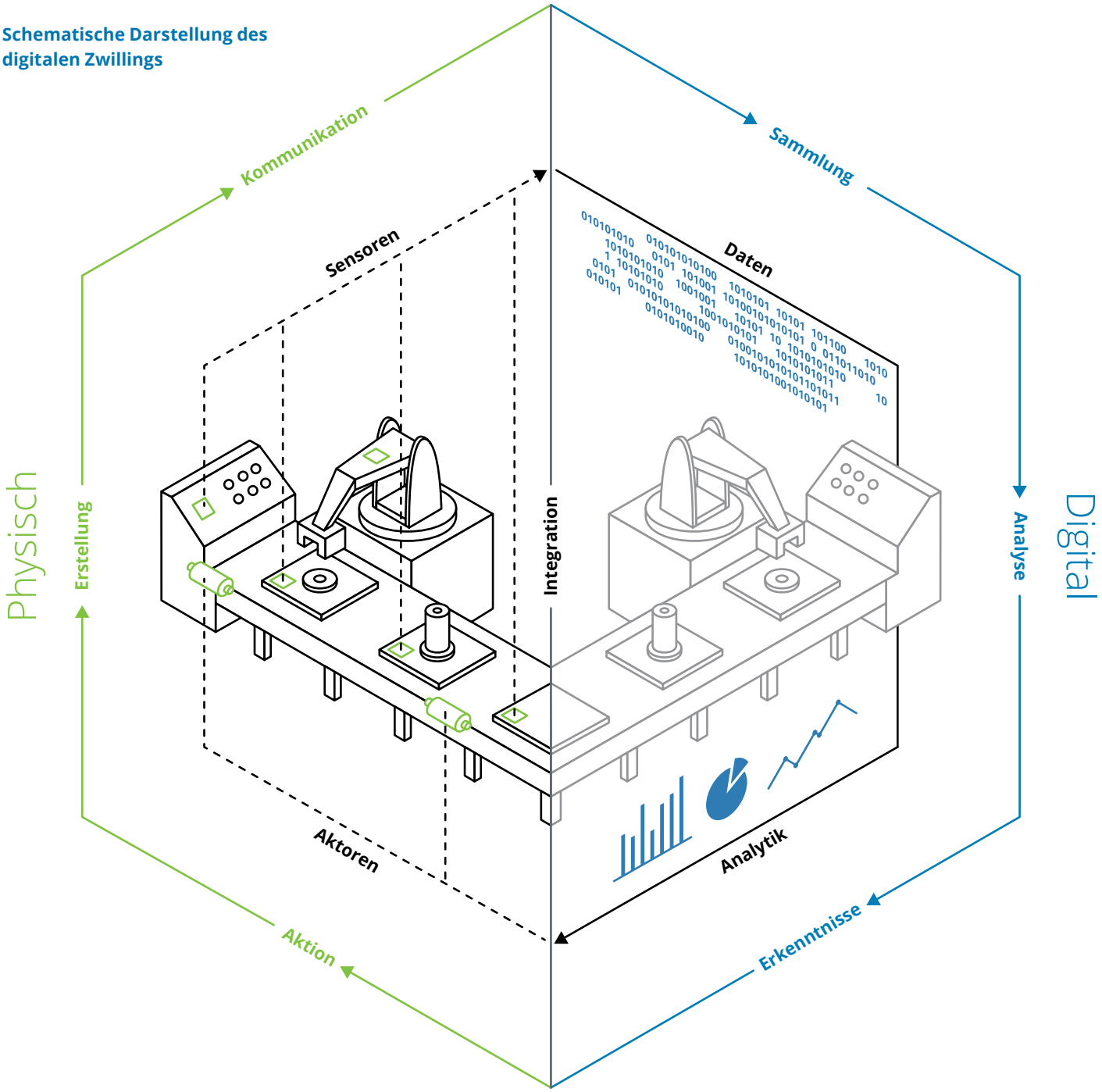
Intelligente & Virtuelle Fabrik
Das Konzept der Intelligenten und Virtuellen Fabrik (auch: Smart Factory oder Virtual Plant) umfasst Aspekte wie Automatisierung und modulare Produktion bis hin zu einer virtuellen Repräsentation der ganzen Anlage. In der modularen Produktion ermöglichen kleine, separate Arbeitsstationen zeitlich und räumlich hochflexible Arbeitsabläufe.[57] Eine modulare und automatisierte Mischung und Formulierung von Produkten stellt einen wichtigen Aspekt dar, um kundenspezifische Produktanpassungen schnell und flexibel durchzuführen. Vor dem Hintergrund der schneller werdenden Innovationszyklen mit kürzer werdenden Produktlebenszyklen gewinnt dies weiter an Bedeutung.

Das Konzept der Virtual Plant beschreibt eine neue, digitale Methode der Optimierung der Chemieproduktion. Dabei wird der komplette Produktionsprozess in einer 3D-Virtualisierung, quasi einem „digitalen Zwilling", erfasst. Dieser „digitale Zwilling" ist eine Applikation/Simulation, die die operativen und Umgebungsdaten der physischen Prozesse einer Anlage aggregiert und mit Unternehmensdaten wie beispielsweise der Materialliste zu einem digitalen Echtzeit-Modell kombiniert. In diesem Modell können nun verschiedene Anlagenzustände und -abweichungen mithilfe von Algorithmen schnell, risikolos und umfangreich simuliert und hinsichtlich der Auswirkungen analysiert werden. Die so gesammelten Ergebnisse zeigen, wo Kosten (Betriebs-, Garantie-, Produkteinführungskosten) gesenkt, die Qualität verbessert oder die Effizienz der Produktionsstätte gesteigert werden kann.[58]

Durch Smart Factory kann somit einerseits der Betrieb einer bestehenden Produktionsanlage umfassend optimiert werden, andererseits können die gewonnenen Daten in die Schulung von Mitarbeitern und in den Bau neuer Anlagen einfließen.

[iv]Fahrzeug-System für den Straßenverkehr, bei dem Lkw auf der Autobahn mit Hilfe von technischen Fahrassistenz- und Steuersystemen in geringem Abstand hintereinanderfahren können

Schematische Darstellung des digitalen Zwillings



Dabei muss die Virtualisierung nicht ausschließlich auf die Produktionsanlage selbst beschränkt sein, sie kann sich auch auf vor- und nachgelagerte Prozesse wie die Logistik oder sogar die Anwendung des Produkts selbst erstrecken, beispielsweise um die Verwendung des Produktes in der künftigen Applikation zu simulieren und zu analysieren.

In der pharmazeutischen Wirkstoffforschung ist die Simulation von Wirkstoffmolekülen und ihren Wirkstellen im Körper seit vielen Jahren ein wichtiges Instrument, um schneller potenzielle Wirkstoffe zu screenen und zu bewerten. Die Simulation ersetzt zwar nicht klinische Studien, aber sie beschleunigt die Suche nach neuen Medikamenten. Unternehmen nutzen die

Digitale Zwillinge stellen eine neue, digitale Methode der Optimierung der Chemieproduktion dar.

3D VisBox™-Technologie, um Chemikern, Neurowissenschaftlern und anderen Forschern zu ermöglichen, den menschlichen Körper auf Molekularebene zu visualisieren und virtuell zu erkunden. So können Informationen rascher aufgenommen, schneller priorisiert und mit verschiedenen Kollegen gemeinsam beurteilt werden.[59]

Die weitere Entwicklung zielt darauf ab, größere chemische Systeme quantitativ, vorausschauend und skalierbar zu simulieren. Erhöhte Rechenleistung durch Fortschritte in der Quantencomputertechnologie, neue Analysemethoden wie das Rasterkraft-Mikroskop und Fortschritte in der Mathematik sowie in maschinellem Lernen sollen diese „in-silico" Experimente in der Chemie ermöglichen. Basierend auf diesen Erkenntnissen können Unternehmen Materialien mit gewünschten chemischen, elektronischen und physischen Eigenschaften konzipieren. Weiterhin könnte durch diese Fortschritte eine ökonomische und ökologisch-effiziente Herstellungsroute vorgeschlagen werden, die ohne ein einziges Experiment im Labor auskommt.[60] Dies kann nicht nur zu Effizienzgewinnen in der Forschung und Entwicklung führen, sondern auch zur Entwicklung völlig neuer Produkte. Das durch diese Technologie gewonnene Verständnis von chemischen Reaktionen könnte zu Fortschritten in vielen chemischen Applikationen führen.[61]

Direktvertrieb

Eine Umfrage von Deloitte zur Digitalisierung in der Chemieindustrie ergab, dass Führungskräfte die Steigerung der Vertriebseffektivität als den Bereich mit den besten Wachstumschancen sehen. Eine Möglichkeit zur Effektivitätssteigerung ist der Direktvertrieb, bei dem der Kunde das Produkt direkt vom Hersteller bezieht, beispielsweise durch eine unternehmenseigene E-Commerce-Plattform. Durch die Digitalisierung werden der direkte (wenn auch unpersönliche) Kundenkontakt, die Kundeninformation und -kommunikation sowie die Bearbeitung der Bestellungen erleichtert und die Transaktionskosten pro Produkteinheit – insbesondere auch für Kunden mit niedrigerem Bestellvolumen – gesenkt. Auch können Basischemikalien zu standardisierten Bedingungen kostengünstig in weitgehend automatisierter Form vertrieben werden (Beispiel: die Xiameter®-Plattform für Silikone von Dow Corning). Andererseits ermöglicht es der Direktvertrieb, mehr Informationen über den Kunden zu sammeln, als es bei der Einschaltung eines Vermittlers, z.B. eines Distributors, der Fall wäre. Diese Informationen können dazu genutzt werden, weitere digitale Services wie die Personalisierung eines gewünschten Produkts (z.B. über einen Online-Konfigurator) anzubieten.

Die Alternative zu einem digitalen Direktvertrieb besteht in der Nutzung von indirekten Plattformen wie Amazon4Business, Alibaba oder MOLBASE. MOLBASE etwa ermöglicht den mehr als 40.000 registrierten Kunden einfach, effizient und transparent über 9 Millionen Basischemikalien von etwa 30.000 Lieferanten zu vergleichen und zu erwerben. Zusätzlich hat das Unternehmen eine umfangreiche Datenbank für verkäufliche Chemikalien aufgebaut.[62] Die Nutzung des digitalen Direktvertriebs bietet Chemiefirmen Wachstumspotenziale, wie 15% der befragten Führungskräfte der Chemie angaben.[54] Der Verlust persönlicher Kundenkontakte ist jedoch ein möglicher Nachteil.

Wertbasierte Preissetzung

Eine differenziertere Preissetzung von Chemikalien ist ein weiteres Feld, in dem Digitalisierung eine Rolle spielen kann. Sowohl im Direktvertrieb als auch auf traditionellen Vertriebskanälen werden vielfältige Daten gesammelt, deren Analyse ein besseres Verständnis darüber ermöglicht, welche Aspekte eines Produkts, einer Dienstleistung oder eines Verkaufskanals für den Kunden von besonderer Bedeutung sind. Auf dieser Basis kann ein wertorientierter Preis pro Kunde bzw. Kundengruppe definiert werden, der die jeweils unterschiedliche Zahlungsbereitschaft bestmöglich ausschöpft. Firmen können so zwischen 1 und 3% zusätzlicher Marge erzielen.[63]

Die Steigerung der Vertriebseffektivität wird als der Bereich mit den besten Wachstumschancen durch die Digitalisierung in den nächsten Jahren gesehen.

Einfluss der Digitalisierung auf die Bereiche der chemischen Wertschöpfung

Das Potenzial der Digitalisierung ist für die verschiedenen Bereiche der chemischen Wertschöpfungskette unterschiedlich groß. In rohstoff- und energieintensiven Chemiebereichen kommen die Effizienzgewinne in der Produktion am stärksten zum Tragen. Ferngesteuerte, präventive und vorausschauende Wartung und Betrieb von Anlagen, Automatisierung sowie die Optimierung der Prozesse und Anlagen durch fortschrittliche Datenanalyse haben in diesem Bereich den größten Effekt.

Die Potenziale der Digitalisierung über die gesamte Bandbreite der betrieblichen Aktivitäten sind besonders groß in den konsum- und anwendungsnahen Bereichen der Chemie. Forschung und Entwicklung lassen sich durch umfangreiche Einblicke in Kundenwünsche und Produkteigenschaften fokussierter gestalten und können durch offene Innovation, neue Simulationstechniken und die schnelle Herstellung von Prototypen effizienter werden.

Ferner können Vertrieb und Marketing durch externe Aggregationsplattformen oder durch den direkten Kundenkontakt gestärkt werden, sodass Chemieunternehmen auch Kunden, die vorher einen geringen Ergebnisbeitrag hatten, kostengünstiger bedienen können. Parallel dazu lässt sich durch eine bedarfsgetriebene Produktion sowie fortgeschrittene Planungsmethoden sicherstellen, dass die Nachfrage der Kunden immer gedeckt wird und trotzdem die Kosten der Lagerhaltung optimiert werden. Ein nicht chemiespezifischer Bereich, in dem die Digitalisierung auch für Chemieunternehmen noch weiteres Potenzial für Effizienzsteigerungen bietet, ist die Verwaltung, z.B. durch die weitere Automatisierung von Routinetätigkeiten in der Buchhaltung.[64]

In Hinblick auf die Digitalisierungskategorien lässt sich festhalten, dass die Chemieindustrie in Deutschland in der ersten Kategorie („Transparenz & digitale Prozesse“) bereits sehr aktiv ist. Die Potenziale wurden sowohl in den Großunternehmen als auch im Mittelstand erkannt und viele Möglichkeiten werden bereits genutzt. Auch die zweite Digitalisierungskategorie („Datenbasierte Betriebsmodelle“) steht auf der Agenda der chemisch-pharmazeutischen Industrie in Deutschland und wird aktiv angegangen, wie der Deloitte Digital Chemistry Survey 2016 zeigt. Obwohl bereits aktiv an Themen aus beiden Kategorien gearbeitet wird, bieten diese Bereiche aber noch weiteres Potenzial. Die Führungskräfte im Deloitte Digital Chemis-

try Survey gaben an, in der nahen Zukunft besonders die Vertriebsaktivierung, die Verbesserung des Kundenerlebnisses sowie die Effizienzsteigerung in der Logistik in den Vordergrund zu stellen. Mittelfristig will man sich vermehrt auf die Geschäftsentwicklung durch digitale Geschäftsmodelle fokussieren.[48]

Während die Potenziale der ersten beiden Kategorien zunehmend genutzt werden, ist die dritte Kategorie der Digitalisierung („Digitale Geschäftsmodelle") ein Feld, das sich erst in der Frühphase der Entwicklung befindet. Für die Zukunft der chemischen und pharmazeutischen Industrie in Deutschland bis 2030 ist diese Kategorie aber von großer Bedeutung.

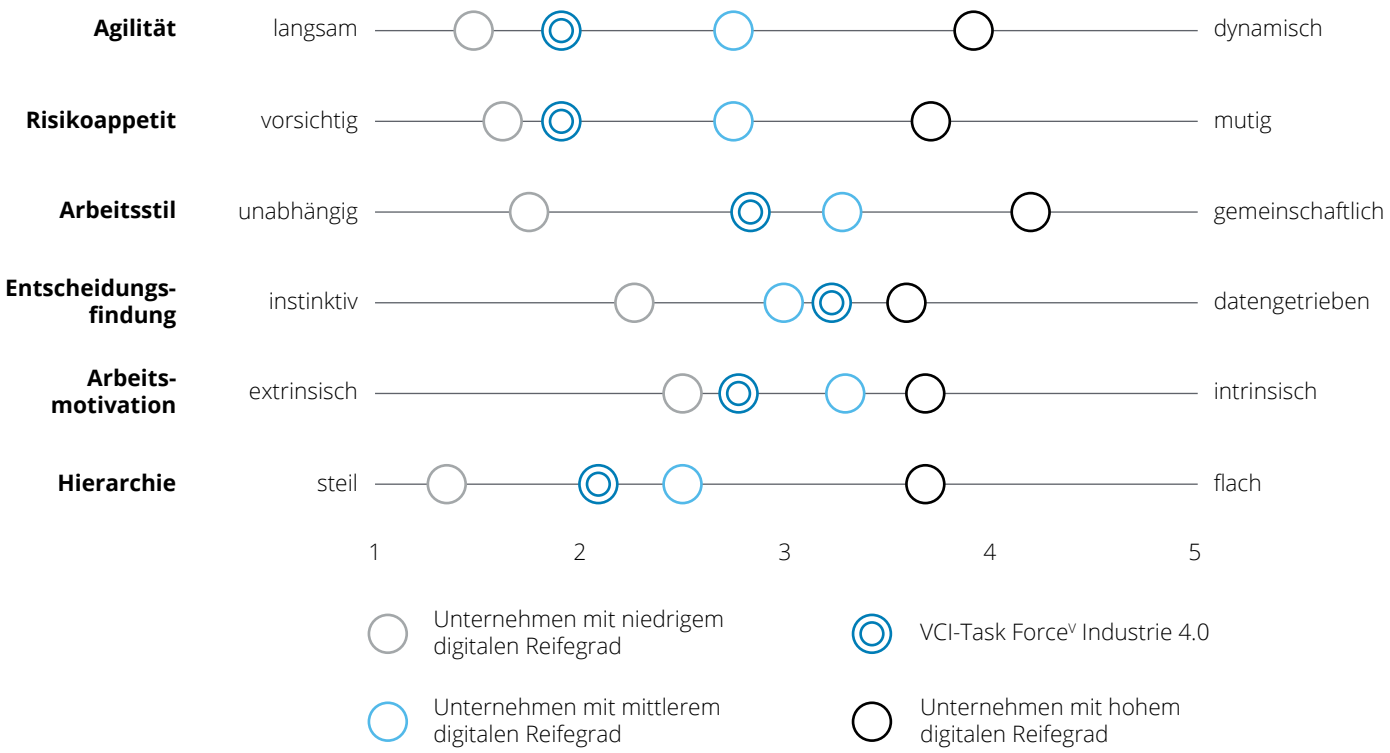
Digitale Geschäftsmodelle

Digitale Geschäftsmodelle, die dritte Kategorie, bezeichnen Wertschöpfungsstrukturen, die durch den Einsatz digitaler Techniken und Daten ermöglicht werden bzw. bestehende Prozesse fundamental verändern.[65] Digitale Geschäftsmodelle zeichnen sich dadurch aus, dass Produkte und Services digital ergänzt werden, um den Kundennutzen zu steigern. Oft geschieht dies nicht durch ein einzelnes Unternehmen, sondern in digitalen Netzwerken (siehe Kapitel „Die Rolle der Chemieindustrie in ökonomischen Netzwerken"), in denen verschiedene Anbieter gemeinsam Lösungen für den Kunden erbringen. Die Kunden sind dabei aktiv eingebunden und spezifizieren flexibel ihren jeweiligen Bedarf. Damit umfassen digitale Geschäftsmodelle alle Ansätze, klassische Märkte digital zu transformieren. In diesem Zusammenhang werden Daten als der „neue Rohstoff" bezeichnet, aus denen wichtige Informationen für neue Geschäftsmodelle gewonnen werden können. 40% der befragten Führungskräfte in der Chemie gaben an, sich bereits mit solchen neuen digitalen Geschäftsmodellen zu beschäftigen.[48]

Für eine material- und stoffbasierte Branche wie die Chemie stellt es eine Herausforderung dar, die fortgeschrittene Nutzung von Massendaten als Rohstoff für neue Geschäftsmodelle in ihr Geschäftsverständnis zu adaptieren und deren Verknüpfung mit der stofflichen Perspektive zu vollziehen. Digitale Geschäftsmodelle sind oft außerhalb des jetzigen Kerngeschäftes angesiedelt und verlangen sowohl digitale Transformationsfähigkeiten als auch ein anderes Geschäftsverständnis, andere Kennziffern und eine andere Unternehmenskultur, die durch mehr Flexibilität, Risikobereitschaft und Agilität geprägt ist. Die Chemieunternehmen, repräsentiert durch die Task-Force Industrie 4.0 des VCI[V], attestieren sich im Rahmen einer Selbsteinschätzung (siehe blaue Doppelkreise in der Abbildung) jedoch in einigen Dimensionen noch Einstellungen, die nicht mit den typischen Angaben von Unternehmen mit hohem digitalen Reifegrad übereinstimmen. Die Gruppierung in Unternehmen mit hohem, mittlerem bzw. niedrigem digitalen Reifegrad (graue und schwarze Markierungen in der Abbildung) wurde vom MIT und Deloitte 2015 im Rahmen einer Umfrage von über 3.700 Führungskräften, Managern und Analysten aus 131 Ländern und 27 Industrien ermittelt. Die Teilnehmer wurden gebeten sich ein ideales digital-transformiertes Unternehmen vorzustellen und anschließend ihr Unternehmen gegen dieses Ideal zu bewerten.

[V]Die Task Force „Industrie 4.0 in der chemisch-pharmazeutischen Industrie" begleitet seit Herbst 2015 die Themen „Industrie 4.0" und „Digitalisierung" in der Branche, um die Positionsbildung und Kommunikationsarbeit des VCIs zu diesen Themen zu unterstützen und den Unternehmen eine Plattform zum Erfahrungsaustausch zu bieten. Dafür informiert die Task Force den VCI über Defizite im rechtlichen und politischen Umfeld zur unternehmerischen Umsetzung und vermittelt praktische Beispiele für Chancen und Risiken von Industrie 4.0/Digitalisierung. Die Task Force setzt sich aus Vertretern der VCI-Mitgliedsunternehmen (große Unternehmen und Mittelstand) zusammen, die entweder die Digitalisierungsstrategien der Unternehmen verantworten oder einzelne der vielschichtigen Aspekte des Themas „Industrie 4.0" abdecken.

Unternehmenskultur und Digitalisierung



Diese Geschäftsmodelle müssen auch mit bestehenden Geschäften konkurrieren können („gesteuerte Kannibalisierung"). Besonders deutsche Führungskräfte sehen die eigenen organisatorischen Abläufe und die geringe Agilität und Flexibilität ihres Unternehmens als Hemmnis für eine solche Transformation an.[48] Nach einer Selbsteinschätzung von deutschen Führungskräften aus verschiedenen Branchen liegt der digitale Reifegrad der Chemieindustrie deutlich unter dem anderer Branchen, vor allem unter dem vieler Kundenbranchen der Chemie.[66] Die künftige Bedeutung der digitalen Geschäftsmodelle erfordert es jedoch, dass sich die chemische Industrie in Deutschland mit den Rahmenbedingungen beschäftigt und die Voraussetzungen schafft, „digitale Geschäftsmodelle" zu identifizieren, zu bewerten und einzuführen.

Zur Konkretisierung der digitalen Geschäftsmodelle hat die Studie sechs Digitalisierungshebel identifiziert, die der Chemie in Deutschland als Archetypen für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle dienen können.

Übersicht der Digitalisierungshebel für „Digitale Geschäftsmodelle“

Digitale Geschäftsmodelle

Revolutionieren der Geschäftstätigkeit

1. Hyper-Personalisierung & Kundenintegration
2. Prozess-Management als Dienstleistung
3. Vernetzte Produkte und Dienstleistungen
4. Offene Innovation
5. Additive Fertigung
6. Ökonomisches Netzwerk

Hyper-Personalisierung & Kundenintegration

Kunden verlangen zunehmend spezifischere, auf ihren speziellen Einsatzzweck zugeschnittene Produkte. Dies stellt die Chemie vor große Herausforderungen sowohl in der Produktentwicklung als auch in der Produktion selbst. Das Design, worunter nicht nur das äußere Erscheinungsbild, sondern auch die technischen Eigenschaften und die Zusammensetzung von Produkten verstanden wird, muss auf die Kundenwünsche hin immer individueller angepasst werden. Dies wird durch systematische Analyse der Kundenwünsche auf Basis von vorliegenden Kundendaten und durch direkte Interaktion mit dem Kunden auf B2B-Plattformen erleichtert. So kann beispielsweise bei Additiven zuerst unter Einbeziehung der oben genannten Instrumente bestimmt werden, welche Funktionen gewünscht sind, anschließend können die chemischen Eigenschaften definiert und das Produkt selbst entwickelt werden.

Forscher an der Universität von Illinois haben eine Methode zur Molekülsynthese entwickelt, die komplexe Moleküle zuerst in ihre Bausteine herunterbricht und dann neu zusammensetzt. Dies ermöglicht bzw. beschleunigt die Herstellung neuer Medikamente und Agrarchemikalien.[67]

Prozess-Management als Dienstleistung

Chemiefirmen haben die Möglichkeit, ihr bestehendes Leistungsportfolio zu erweitern, indem sie ihr umfangreiches Wissen über Chemikalien und deren Verhalten in der Weiterverarbeitung in Form einer Dienstleistung an ihre Kunden vermarkten. Ein Beispiel ist die Steuerung und Fernwartung von Produktionsanlagen der Kunden. Dabei können in Echtzeit Daten eingesehen, diese mit Algorithmen ausgewertet und Vorschläge zur Optimierung der Prozesse gemacht werden. In diesem Rahmen können Wartungen durchgeführt oder Störungen durch Mitarbeiter des Kunden vor Ort behoben werden, die das Problem mit Hilfe von Augmented Reality zielgerichtet, effizient und live unter Anleitung eines Experten lösen können.

Dies geht über das in einigen Bereichen etablierte Servicegeschäft deutlich hinaus, bei dem beim Kunden Anlagen betrieben werden. Stattdessen fließen umfangreiche Kundendaten sowie Echtzeitinformationen über Prozesse und Anlagen in ein Echtzeit-Optimierungsmodell ein. Ecolab praktiziert dieses Geschäftsmodell bereits, indem das Unternehmen über den Verkauf von Chemikalien zur Wasserbehandlung hinaus Wissen anbietet, um spezifische Vorschläge zur Verwendung von Wasser, dessen Wiederverwendung und Recycling zu empfehlen. Die Vorschläge beruhen auf der Analyse von Echtzeitinformationen der Prozesse und Anlagen des Kunden.[68]

Ein anderes Beispiel für Prozess-Management als Dienstleistung ist die OASE® connect Plattform der BASF. Das OASE®-Verfahren dient beispielsweise der Entfernung von CO_2 und Schwefelwasserstoff aus Erdgasen. Kunden können die Plattform nutzen, um ihre Gaswäscheprozesse zu optimieren.

Vernetzte Produkte und Dienstleistungen
Ein geschlossenes Management des Produktlebenszyklus wird immer wichtiger. Darauf wird im folgenden Kapitel „Zirkuläre Wirtschaft und Chemieindustrie" näher eingegangen. Entsprechende Konzepte sollten nicht nur die Produktion bzw. die Entsorgung, sondern sämtliche Phasen des Transports und des Verbrauchs einschließen. Intelligente, vernetzte Produkte (Stichwort „Internet of Things", IOT), die Daten zu ihrem Zustand oder zu dem Ort, an dem sie sich befinden, übermitteln, ermöglichen die Verfolgung und Verwaltung sowie die Bereitstellung von Produktinformationen in jeder Phase des Lebenszyklus jederzeit und überall auf der Welt.[69]

Die Chemie kann ihren Kunden diese Informationen für deren eigene Nutzung bereitstellen oder weitergehende Analyse- und Serviceleistungen anbieten, z.B. zur Verbesserung des Produktdesigns mit dem Ziel der Ressourcenschonung, durch Anwendungshinweise in der Nutzungsphase und Informationen zur bestmöglichen Verwertung am Ende des Lebenszyklus.

Offene Innovation
Offene Innovation bezeichnet die Öffnung des eigenen Innovationsprozesses, um Innovationen im Verbund mit anderen Unternehmen (Wettbewerber, Zulieferern oder Kunden) zu ermöglichen. Dies dient dazu, das Innovationspotenzial durch besseren Zugang zu externem Fachwissen, Technologien und Formulierungen zu erhöhen und Innovationen aktiv zu vermarkten. So nutzen z.B. Eastman und Evonik die Online-Plattform „SpecialChem" bereits zur Vermarktung ihrer Innovationen.[70] Insgesamt gaben 39% der von Deloitte befragten Führungskräfte an, dass eine Innovationsplattform, über die Kollaboration und Kreativität unter Partnern gefördert werden, einen wichtigen Beitrag zum nachhaltigen und profitablem Geschäftswachstum leisten kann.[48]

Additive Fertigung
Bei Additiven Fertigungsverfahren (3D-Druck) kommen unterschiedliche Beteiligte mit verschiedensten Kompetenzen zusammen (siehe Kapitel „Umfeldanalyse"). Druckerhersteller mit der Kompetenz im Maschinenbau, die Chemieindustrie als Lieferant spezifischer Materialien sowie Softwareunternehmen, die Daten für das Design des Werkstückes und des Betriebs des Druckers beisteuern, müssen zusammenarbeiten, um dem Kunden ein abgestimmtes Gesamtpaket zu bieten. In diesem neuen ökonomischen Netzwerk bieten sich der Chemie Wachstumschancen, um mit ihrer Materialkompetenz eine entscheidende und ökonomisch attraktive Rolle einzunehmen (siehe Kapitel „Die Rolle der Chemieindustrie in ökonomischen Netzwerken").

So können Chemieunternehmen in diesen Netzwerken ihre innovativen, druckbaren Materialien anderen Teilnehmern des Netzwerks anbieten: entweder über neue Kanäle (digitale Plattformen), Partnerschaften, beispielsweise mit Druckerherstellern, oder über Unternehmenszukäufe, die integrierte Lösungen ermöglichen. Chemiefirmen können die additive Fertigung, die z.B. keine Spritzgussformen mehr benötigt, andererseits auch nutzen, um direkt mit

dem Endproduktthersteller Produktentwicklung zu betreiben (wie z.B. BASF mit Reebok[71] oder Henkel mit DUS Architects[72]). So kann die Chemie ihr umfassendes Materialportfolio und das Wissen über dessen Anwendung in einer neuen Geschäftsstruktur vermarkten und sich zusätzliche Wertschöpfungspotenziale erschließen, die bisher von anderen Teilnehmern der Wertschöpfungskette abgeschöpft wurden. Dazu trägt auch bei, dass innovative Materialien und Designmöglichkeiten des 3D-Drucks einen höheren Mehrwert für den Kunden bieten können.

Ökonomische Netzwerke

Digitale Geschäftsmodelle erfordern häufiger als bisher schon üblich die Zusammenarbeit in Netzwerkstrukturen. Diese werden auch als ökonomische Netzwerke bezeichnet, da ihnen oftmals unterschiedliche Partner angehören, die über den schnellen und vernetzten Austausch von Daten verbunden sind. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Anforderungen von Kunden und Märkten über die Kapazität bzw. Kompetenz eines einzelnen Unternehmens hinausgehen und die Verbindung spezialisierter Fähigkeiten und Ressourcen einen Mehrwert für den Kunden schafft. Die Entstehung von digitalen ökonomischen Netzwerken wird dann unterstützt, wenn gemeinsame Interessen, Ziele und Werte zugrunde liegen und die Partner lern-, anpassungs-, kooperations- und innovationswillig sowie langfristig orientiert sind. Bestehende Strukturen können allerdings einem strukturellen Wandel unterworfen sein, wenn sich neue Firmen in diesen Netzwerkstrukturen etablieren und aus Kundensicht der zentrale Ansprechpartner und Lieferant des Kundenwertes werden. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die Eintrittsbarrieren für neue Spieler niedrig sind.

Die Chemieindustrie muss sich zunehmend damit befassen, wie sie die Potenziale solcher Netzwerke frühzeitig erkennen und wie die Positionierung der Chemie und Pharmazie in diesen Netzwerken ausgestaltet werden kann. Dabei spielen sowohl die Fähigkeit, das Netzwerk zu beeinflussen, als auch die Fähigkeit, die Zusammenarbeit zu steuern und einen Mehrwert zu schaffen, eine wesentliche Rolle.

Die Führungskräfte der Chemie haben sich diesbezüglich ambitionierte Ziele gesteckt. 30% gaben an, dass sie den Aufbau digitaler ökonomischer Netzwerke orchestrieren und dazugehörige Plattformen in eigener Verantwortung führen wollen. Weitere 23% antworteten auf die Frage, wie ihre Organisation die Entstehung von Netzwerken betrachtet, sie würden das Thema beobachten und sich im Falle eines Engagements auf das Eigentum der wichtigsten Ressourcen im Netzwerk fokussieren.[48]

Digitale Geschäftsmodelle erfordern häufiger als bisher schon üblich die Zusammenarbeit in ökonomischen Netzwerken.

Zwischenfazit

Auf Basis der systematischen Analyse verschiedener Ansatzpunkte und Hebel lässt sich feststellen, dass digitale Geschäftsmodelle der Chemieindustrie erhebliche Chancen bieten. Digitale Geschäftsmodelle offerieren Unternehmen Möglichkeiten, ihnen zugängliche Daten auf verschiedene Art und Weise ökonomisch zu verwerten. Dabei spielen Daten und Informationen, die sich aus Interaktionen mit (potenziellen) Kunden in den sozialen Netzwerken ergeben, eine immer wichtigere Rolle, um zu einem tieferen und schnelleren Verständnis der Kundenwünsche (bzw. im B2B-Bereich: der Wünsche der Kunden der Kunden) zu kommen. So können die Unternehmen ihre Produkte noch besser an Marktgegebenheiten ausrichten und das Produkt – gegebenenfalls auch ohne den direkten Beitrag des Kunden – personalisieren. Sie können aber auch durch die Analyse ihrer Daten Dienstleistungen anbieten, die das Produkt ergänzen (siehe „Vernetzte Produkte und Dienstleistungen" in diesem Kapitel). Weiterhin können sie Daten zur Kundensegmentierung nutzen, um Cross- und Upselling-Potenziale auszubauen und die Preisstellung noch stärker am Kundennutzen zu orientieren (siehe „Wertbasierte Preissetzung" in diesem Kapitel). Darüber hinaus stellen digital basierte Informationen zu Produkten, Kunden und Märkten einen zunehmend wichtigen Wertgegenstand in ökonomischen Transaktionen dar.[73]

Das starke Industrienetzwerk in Deutschland bietet besonders gute Voraussetzungen, digitale Geschäftsmodelle und ökonomische Netzwerke zu entwickeln und damit Chancen für die Chemieindustrie wie auch die gesamte Industrie in Deutschland zu nutzen. Für viele Unternehmen sind diese komplexen ökonomischen Netzwerke mit neuen Partnern aus anderen Bereichen jedoch noch Neuland, das mit Unsicherheiten und Risiken verbunden ist. Lernplattformen (siehe Kapitel „Die Rolle der Chemieindustrie in ökonomischen Netzwerken") können für diese künftigen neuen Partner eine Basis bilden, um gemeinsames Verständnis zu schaffen, Partnerschaften zu initiieren, Wissen und Erfahrungen auszutauschen und Regelungen für die Zusammenarbeit zu etablieren. So kann die Chemie nicht nur selbst profitieren, sondern auch als Wachstums- und Innovationsmotor für die gesamte deutsche Wirtschaft wirken. Der Aufbau solcher (vorwettbewerblicher) Lernplattformen sollte von den Unternehmen selbst, aber auch durch die Verbände und Politik unterstützt werden.

Die Digitalisierung wird einen erheblichen Wandel für die Chemieindustrie, ihre Kunden, Lieferanten und Partner mit sich bringen. Eine Vielzahl der in der Umfeldanalyse identifizierten Trends, wie die digitalen Entwicklungen in den Kundenindustrien (z.B. neue Mobilitätskonzepte), neue Produktionsverfahren (wie der industriellen Biotechnologie) und die Vernetzung von unterschiedlichen Partnern in der digitalen Landwirtschaft, sind entweder von der Digitalisierung getrieben, werden von der Digitalisierung möglich gemacht oder eröffnen der Chemieindustrie neue Geschäftsmöglichkeiten im Rahmen digitaler Geschäftsmodelle. Digitalisierung und ihre Effekte werden damit ein integraler Bestandteil der Chemieindustrie, der alle Bereiche durchdringt.

Mittelstandsumfrage: Digitalisierung

Das Thema Digitalisierung ist im chemisch-pharmazeutischen Mittelstand als strategische Herausforderung angekommen. Mehr als die Hälfte der Führungskräfte, die an der VCI-Mitgliederbefragung teilgenommen haben, gibt an, sich intensiv mit den Auswirkungen der Digitalisierung auf das Unternehmen zu befassen. 18% der Unternehmen haben bereits eine Digitalisierungsstrategie und weitere 32% planen eine solche. Man ist aber noch nicht am Ziel: Während sich jedes vierte Unternehmen auf die digitale Transformation bereits gut vorbereitet sieht, erkennen fast 30% der Unternehmen für sich einen Handlungsbedarf.

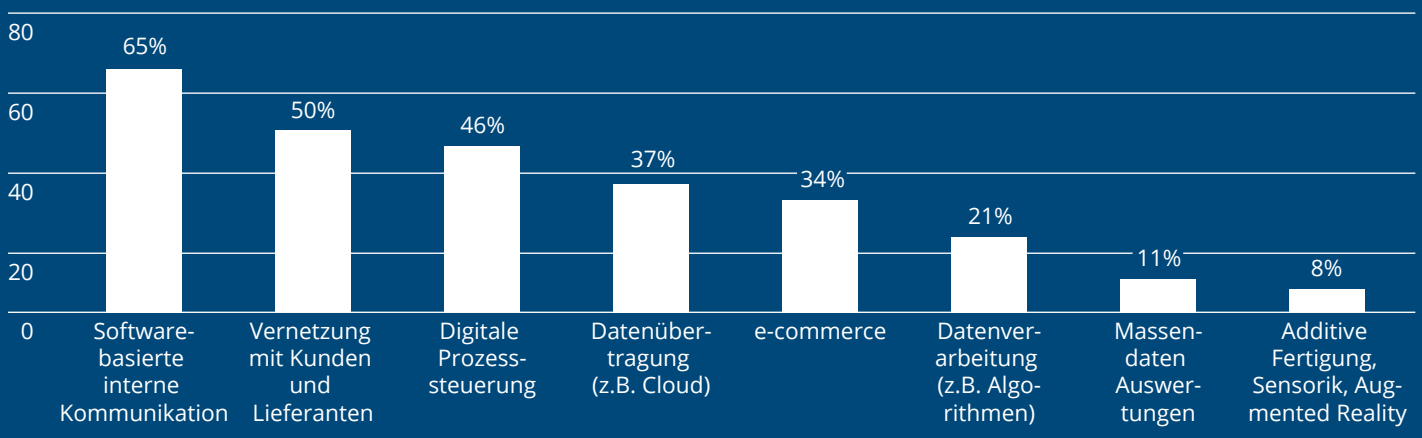
Insgesamt wird die Digitalisierung im Chemiegeschäft deutliche Spuren hinterlassen. Die Mehrheit der Unternehmen sieht die Veränderungen weitgehend im Rahmen bestehender Produktportfolios, Prozesstechnologien und etablierter Geschäftsmodelle. Aber fast jedes dritte Unternehmen rechnet im Zuge der Digitalisierung und Vernetzung der Wirtschaft mit disruptiven Veränderungen im eigenen Unternehmen. Dabei ist das Thema Digitalisierung positiv besetzt. Die Chancen überwiegen deutlich, besonders für Effizienzsteigerungen, aber auch für die Erschließung neuer Märkte und die Etablierung innovativer Geschäftsmodelle.

Digitale Prozesse und digitale Betriebsmodelle gehören bereits heute zum Alltag vieler mittelständischer Chemie- und Pharmaunternehmen. Etwa 40% der Unternehmen geben an, Produktions- und Geschäftsprozesse umfassend digitalisiert zu haben oder Daten zur Optimierung des Betriebsablaufes umfassend zu nutzen. Bei den übrigen Unternehmen (60%) sind hingegen digitale Prozesse und datenbasierte Betriebsmodelle nur teilweise umgesetzt. Das wird sich aber ändern, denn 50% der Unternehmen planen umfangreiche Investitionen in die Digitalisierung ihrer Prozesse und Geschäftsabläufe.

Digitale Geschäftsmodelle hingegen haben im chemisch-pharmazeutischen Mittelstand insgesamt bisher nur eine geringe Bedeutung. 70% der Unternehmen geben an, keine digitalen Geschäftsmodelle zu haben. Die restlichen Unternehmen (30%) erzielen mit Hilfe von „digitalen Geschäftsmodellen“ durchschnittlich etwa 5% ihres Umsatzes. Das Thema steht aber bei vielen Mittelständlern auf der Agenda. Immerhin planen circa 40%, in den kommenden Jahren „digitale Geschäftsmodelle“ einzuführen. Für etwa 35% der befragten Unternehmen ist dies jedoch noch kein Thema. Sie sehen digitale Geschäftsmodelle in ihrem Unternehmen zurzeit als nicht anwendbar oder unpassend an.

Gehemmt wird die Digitalisierung im Mittelstand durch hohe Anforderungen an den Datenschutz, aber auch durch Befürchtungen, eigene Daten nicht ausreichend schützen zu können (Datensicherheit). Eine Knappheit an IT-Fachkräften sowie fehlende IT-Kenntnisse der Mitarbeiter hemmen das Digitalisierungstempo zusätzlich. Darüber hinaus wird die Entwicklung durch eine unzureichende technische Infrastruktur und fehlende technische Standards gebremst, insbesondere bei den Schnittstellen zum Datenaustausch mit Partnern. Demgegenüber würde eine rasche Digitalisierung nach Ansicht der befragten Mittelständler nicht an fehlenden finanziellen Ressourcen scheitern.

Anteil der Unternehmen, die das genannte Instrument nutzen (Mehrfachnennung möglich)



Zirkuläre Wirtschaft und Chemieindustrie

Dieses Kapitel zeigt die wichtigsten Anwendungsgebiete der zirkulären Wirtschaft von der Steigerung der Ressourceneffizienz in der Kundenanwendung und der eigenen Produktion bis hin zu Rücknahme und Abfallverwertung (Recycling und energetische Verwertung) und stellt das Potenzial der damit verbundenen Geschäftsmodelle für die Chemie dar.

Die Nachfrage nach Chemieprodukten wird in Zukunft weiter zunehmen. Dazu trägt neben der wachsenden Weltbevölkerung auch der steigende Wohlstand der Schwellenländer bei. In den 80er- und 90er-Jahren stand die Endlichkeit der fossilen Ressourcen, insbesondere Öl und Gas, im Vordergrund der gesellschaftlichen Diskussion. Seither hat der technische Fortschritt bei der Förderung von Schieferöl und Schiefergas die wirtschaftlich verfügbaren Ressourcen deutlich ansteigen lassen. Gleichzeitig wächst aufgrund steigender Ressourceneffizienz der Verbrauch langsamer, so dass die Diskussion über die mengenmäßige Verfügbarkeit nicht mehr im gleichen Maße wie vor 20 Jahren geführt wird. In der Öffentlichkeit nehmen dafür der CO_2-Ausstoß und der damit verbundene Klimawandel einen immer größeren Raum ein.[74] Dies hat zu der Vereinbarung von 195 Staaten bei der Pariser Klimakonferenz 2015 geführt, so bald wie möglich den weltweiten Scheitelpunkt der Emission von Treibhausgasen zu erreichen und damit die Erderwärmung auf unter 2 Grad zu begrenzen.[75] Nationale Aktionspläne sind nun gefordert, dieses Ziel in konkrete Maßnahmen zu übersetzen.

Neben der CO_2-Produktion bei der Verbrennung fossiler Energieträger für Mobilität und Energieerzeugung trägt die chemische Produktion zum Verbrauch fossiler Rohstoffe und damit mittelbar zur CO_2-Produktion bei. So werden in Deutschland etwa 14% des Rohöls und 4% aller fossilen Energieträger zur stofflichen Umwandlung in Chemikalien und Materialien verwendet.[76]

Die eine Hälfte der Rohstoffe wird zum Beispiel zur Herstellung von Wasch- und Reinigungsmitteln, pharmazeutischen Wirkstoffen, Lacken, Farben und Druckfarben, Pflanzenschutz- und Düngemitteln sowie Lebensmittelzusatzstoffen verwendet[77], deren bestimmungsgemäße Benutzung einen Verbrauch vorsieht. Für eine Rücknahme und Recycling stehen sie damit nicht zur Verfügung. Die andere Hälfte der Rohstoffe aber könnte im Sinne einer zirkulären Wirtschaft im Kreis geführt werden, wobei die zirkuläre Wirtschaft über die Kreislaufführung von fossilen Rohstoffen hinausgeht und auch die Verwendung von erneuerbaren sowie nachwachsenden Rohstoffen einbezieht (Bioökonomie).

Die Nutzung sowohl wiederverwendeter als auch erneuerbarer Rohstoffe kann zur Reduzierung von CO_2-Emissionen und damit zur Erreichung gesellschaftlicher und politischer Ziele wie der o.g. COP21-Klimaschutzziele und der United Nations Sustainable Development Goals (Agenda 2030) beitragen. Gesellschaft und Politik fordern aus diesem Grund die Weiterentwicklung zirkulärer Wirtschaftskonzepte; Europa hat bereits mit dem Klimaschutzplan bzw. dem Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft ein ambitioniertes Ziel gesetzt.[78] Auch andere Nationen haben die Notwendigkeit einer nachhaltigen Wirtschaft erkannt. So hat beispielsweise China erste Aspekte der zirkulären Wirtschaft in den 13. Fünfjahresplan (2016-2020) aufgenommen.[79]

Zirkuläre Wirtschaft trägt nicht nur zur Erreichung von ökologischen Zielen bei, sondern bietet der Chemie auch Wachstumspotenziale. Neben der verringerten Importabhängigkeit von fossilen Rohstoffen kann die Technologie- und Innovationsstärke der chemischen Industrie in Deutschland dazu genutzt werden, eine internationale Vorreiterrolle bei zirkulären chemischen Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen zu etablieren. Darüber hinaus ist zirkuläre Wirtschaft eine Möglichkeit, sich noch besser als wesentlicher Innovationstreiber und Problemlöser für die großen Nachhaltigkeitsthemen zu positionieren und die Kundenindustrien bei deren neuen, zirkulären Geschäftsmodellen zu unterstützen.

Das Konzept der zirkulären Wirtschaft, in Abgrenzung zu dem im deutschen Abfallrecht verwendeten Begriff der Kreislaufwirtschaft, umfasst in der für diese Studie verwendeten weiten Definition alle Beiträge zur Schonung von Ressourcen (z.B. der Rohstoffbasis und der Ökosysteme). Zirkuläre Wirtschaft schließt folgende Maßnahmen ein:

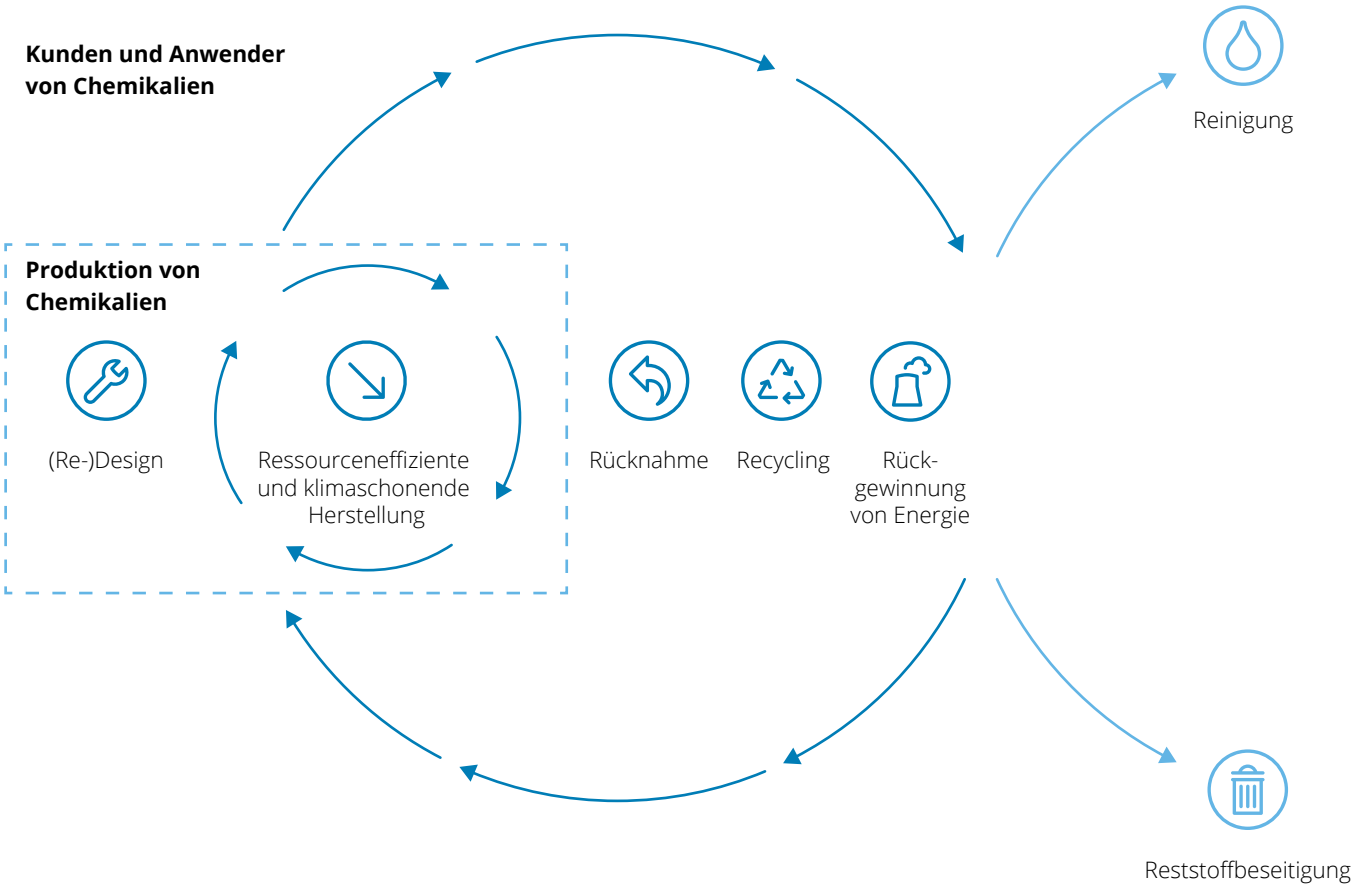
- Steigerung der Ressourceneffizienz in allen Stufen der Wertschöpfungskette (Lieferanten, Chemieindustrie, Kunden)
- Erhöhung der Lebensdauer von Produkten und Komponenten sowie Reduzierung des Ressourcenverbrauchs in der Anwendung
- Möglichst weitgehende Schließung von Kreisläufen u.a. durch Wiederverwendung, Recycling, energetische Verwertung oder biologischen Abbau sowie möglichst effiziente Verwertung von Reststoffen

Nur durch ein solch umfassendes Verständnis werden der gesamte Wertbeitrag der zirkulären Wirtschaft und der Beitrag, den die Chemieindustrie für sich und ihre Kunden dazu leisten kann, deutlich. Es ist Aufgabe, Herausforderung und Chance für Chemieunternehmen, alle Aspekte der zirkulären Wirtschaft über den gesamten Produktlebenszyklus zu betrachten und zu berücksichtigen.

Das Konzept der zirkulären Wirtschaft umfasst alle Beiträge zur Schonung von Ressourcen.

Die sieben Hebel der zirkulären Wirtschaft in der Chemie
Um den gesamthaften Ansatz der zirkulären Wirtschaft zu beschreiben und die dazugehörigen Aktivitäten zu kategorisieren, werden sieben Hebel unterschieden (siehe Abbildung).

Modell der zirkulären Wirtschaft in der Chemie (7R)



(Re-)Design

umfasst alle Aktivitäten, die sicherstellen, dass bereits bei der Entwicklung und Gestaltung eines Produktes alle Aspekte der zirkulären Wirtschaft berücksichtigt und über den gesamten Lebenszyklus des Produkts von der Produktion über die Anwendung bis hin zur potenziellen Wiederverwertung optimiert werden. Dazu zählt neben der Produktzusammensetzung auch das Produktdesign. Sowohl bei der Zusammensetzung als auch beim Design müssen unterschiedliche Aspekte wie die Recycling-Fähigkeit („Design-to-Recycling") sowie Leistungsfähigkeit und Lebensdauer der chemischen Produkte im Herstellungsverfahren des Kunden wie auch in der Anwendung durch den Endkunden selbst („Design-to-Performance") berücksichtigt und gesamthaft betrachtet werden.

Je nach Produkt und Anwendung können unterschiedliche Aspekte Vorrang für eine gesamtheitliche Optimierung haben. Karbonfaserverstärkte Verbundwerkstoffe in Windkraftanlagen sind ein Beispiel dafür, dass dem genannten „Design-to-Performance", sprich der Ressourceneffizienz in der Anwendung, Vorrang gegenüber dem „Design-to-Recycling" gegeben wird. Ausgangspunkt ist der technische Fortschritt bei der Entwicklung von Windkraftanlagen. So hat sich seit 1980 der Durchmesser von Windrotoren von 15 auf 126 Meter mehr als verachtfacht. Die Rotorblätter werden immer länger konstruiert, da ein doppelt so langes Blatt die vierfache Fläche überstreicht und damit auch die vierfache Menge an Energie aufnimmt. Um die damit verbundene Gewichtszunahme der Rotorblätter zu beherrschen, entwickelt die chemische Industrie karbonfaserverstärkte Verbundwerkstoffe, die viermal leichter als Stahl, aber fünfmal so belastbar sind.[80] Diese Materialinnovation ermöglicht es, längere Rotorblätter zu konstruieren, und trägt so zur noch effizienteren Erzeugung erneuerbarer Energie aus Wind bei. Zudem sind diese Rotorblätter langlebiger und verbessern zusätzlich die Nachhaltigkeitsbilanz des Gesamtsystems über den gesamten Lebenszyklus.

Ein weiteres Beispiel für „Design-to-Performance" ist die Gewichtseinsparung zur Reduzierung des Energieverbrauchs über die Nutzungsdauer eines Automobils. Treiber dieser Entwicklung ist nicht nur die verlangte Reduzierung der Flottenverbräuche auf durchschnittlich 95g CO_2/km ab 2020[81], sondern auch die durch Gewichtseinsparung ermöglichte Reichweitensteigerung bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen. Karbonfaserverstärkte Verbundwerkstoffe können Stahl und Aluminium in verschiedenen Bauteilen im Automobil ersetzen und das Gewicht dieser Bauteile um bis zu 50% reduzieren.

Die Gesamtbilanz ist daher positiv: Die höhere Effizienz der Windkraftanlagen bzw. die Vorteile aus dem verringerten Kraftstoffverbrauch und den verringerten CO_2-Emissionen über die Nutzungsdauer eines Autos überwiegen sowohl die Nachteile des höheren Energieverbrauchs bei der Herstellung der Verbundstoffe als auch die Tatsache, dass diese heute teilweise noch nicht optimal recycelt werden können.[82]

Auch in der pharmazeutischen Industrie kann das Konzept des (Re-)Designs zur Anwendung kommen. Die Verbesserung von Darreichungsformen, beispielsweise durch sogenannte Retardsysteme für eine effektivere Dosierung, zur Erhöhung der Adhärenz (Wirkstoffe werden vom Körper vollständiger aufgenommen) sowie die personalisierte Medizin mit verbesserter beziehungsweise sogar individuell auf die genetische Veranlagung abgestimmter Dosierung und Zusammenstellung des Medikaments stellen solche Beispiele dar. Darüber hinaus arbeiten Chemie und Pharmazie daran, bei gleichbleibender Wirksamkeit die biologische Abbaubarkeit ihrer Produkte zu erhöhen oder die Verwendung von schwerabbaubaren Inhaltsstoffen zu reduzieren.

(Re-)Design hat aus Sicht der chemischen Industrie also eine zweifache Bedeutung. Zum einen werden durch (Re-)Design die Grundlagen für die zirkuläre Wirtschaft gelegt bzw. diese überhaupt erst ermöglicht – z.B. hinsichtlich der Möglichkeit zur Wiederverwertung der eingesetzten Ressourcen. Zum anderen kann die Chemie hier mit ihrer Material- und Chemikalienkompetenz einen Beitrag zum Nachhaltigkeits-Engagement ihrer Kunden leisten. Um diesen Wertbeitrag auch künftig erbringen zu können, muss die Chemie in Deutschland ihre Innovations- und Forschungsstärke erhalten und weiter ausbauen. Zusätzlich zu den technischen Kompetenzen muss die Chemie die Anforderungen in der Anwendung und die Endkundenbedürfnisse verstehen und dafür eng mit ihren Kunden zusammenarbeiten. Diese Zusammenarbeit geht über bekannte und etablierte Formen der gemeinsamen Produktentwicklung hinaus und schließt auch neue, digitale Modelle zur Datengewinnung und die entsprechenden Konzepte zur Auswertung mit ein. In den Folgekapiteln wird dies detaillierter beleuchtet.

Ressourceneffiziente und klimaschonende Herstellung

beschreibt, wie Chemikalien und Materialien mit effizientem Ressourceneinsatz, klimaschonend und unter weitgehender Vermeidung von Abfällen hergestellt werden können. Ressourceneffiziente Herstellung umfasst alle Aspekte entlang der Wertschöpfungskette von der Effizienzsteigerung im Anlagenmanagement über die Optimierung von Lagerhaltung und Transport bis hin zu einem effizienten Abfall- und Abwassermanagement.

So hat sich beispielsweise auf europäischer Ebene das Projekt „E4Water" zum Ziel gesetzt, ein integriertes und effizientes Wassermanagement in der Chemiebranche zu verwirklichen. Bei der Umsetzung dieses Vorhabens waren 19 Partner, darunter Chemieunternehmen, führende europäische Wasserversorger, Forschungs- und Technologieentwicklungszentren sowie Anwender beteiligt. Bei diesem neuen, branchenübergreifenden Vorgehen mit der Vernetzung aller relevanten Beteiligten wurde eine Reduktion des Wasserverbrauchs von mindestens 40% (bis zu 80%), ein Rückgang der Abwasserproduktion um mindestens 20%, eine Senkung des Energieverbrauchs um bis zu 20% und eine Reduzierung der Kosten um bis zu 30% erreicht.[83] Die Lösungen des „E4Water"-Projekts sollen in den nächsten Schritten auch auf andere Branchen übertragen werden.

Der Aspekt der klimaschonenden Herstellung umfasst insbesondere alle Aspekte des Einsatzes von erneuerbaren Rohstoffen und Energie. Erneuerbare Rohstoffe (der Ausgangspunkt der sogenannten Bioökonomie) stellen einen integralen Bestandteil der zirkulären Wirtschaft zur klimaschonenden Herstellung von Chemikalien und Materialien dar. Rohstoffbasis sind nachwachsende Rohstoffe jeglicher Art (Feldfrüchte, land-und forstwirtschaftliche Ernterückstände, organischer Hausmüll, Algen oder Mikroorganismen).

Die industrielle Biotechnologie ist eine Schlüsseltechnologie, um nachwachsende Rohstoffe effektiv und effizient zu biobasierten Produkten zu verarbeiten. Sie wird, gerade in Zusammenhang mit der zirkulären Wirtschaft, weiter an Bedeutung für die chemische Industrie gewinnen. So hat beispielsweise DSM im Joint Venture mit POET, einem der weltweit größten Ethanolhersteller[84], ein Verfahren entwickelt, um Zuckermoleküle aus Maisrückständen zu gewinnen. Dies geschieht mit Hilfe eines Enzym-Systems, das Lignozellulose zu Zuckerbausteinen abbaut. Diese Zucker werden dann zu Bioethanol umgesetzt. Bei voller Kapazität kann die Anlage nach Herstellerangaben knapp 76 Millionen Liter Bioethanol jährlich produzieren.[83]

BASF liefert ein anderes Beispiel für die Nutzung von Biomasse. Beim Biomassenbilanz-Ansatz von BASF werden erneuerbare Rohstoffe am Anfang der Wertschöpfungskette zur Erzeugung von Basischemikalien eingesetzt. Diese Basischemikalien werden dann in existierenden Produktionsanlagen weiterverarbeitet und den entstehenden Chemikalien und Materialien die Anteile an erneuerbaren Rohstoffen zugeordnet.[85]

Klimaschonende Herstellung kann auch durch den Einsatz des Treibhausgases CO_2 als Rohstoff erfolgen. So ersetzt Covestro seit 2016 in der Polyurethan-Herstellung 20% des normalerweise benötigten Rohöls durch CO_2, das bei anderen Produktionsprozessen entsteht. Die Produktionskapazität beläuft sich derzeit auf 5.000 Tonnen Polyol pro Jahr.[86]

Die Chemie nutzt aber nicht nur das in ihren eigenen Prozessen entstehende CO_2, sondern forscht auch an Möglichkeiten, die Emissionen anderer Branchen als Rohstoffe zu nutzen. Eine Initiative auf diesem Gebiet ist „Carbon2Chem", ein Zusammenschluss von 17 Partnern aus Unternehmen der Chemie- und Stahlindustrie sowie Forschungsinstituten und Universitäten, die bis 2025 mehr als 100 Millionen Euro investieren wollen. Ziel ist es, Hüttengase, die bei der Herstellung von Stahl anfallen, unter Verwendung von Überschussstrom für die Herstellung von Kraftstoffen, Kunststoffen und Dünger zu verwenden.[87]

Rücknahme

definiert einen Hebel der zirkulären Wirtschaft, bei dem Chemikalien nicht verkauft, sondern an den Kunden gegeben und nach der Nutzung wieder zurückgenommen werden. In der Chemie ist dies oft mit dem Begriff des Chemikalien-Leasings verbunden. Dieser Hebel findet besonders bei Hilfsmitteln in der Produktion, wie etwa bei Lösungsmitteln oder Kühlmitteln, Anwendung. Die Chemie kann in diesem servicebezogenen Geschäftsmodell ihre Materialkompetenz und ihr technisches Fachwissen einbringen und eine sichere und normengerechte Aufbereitung sicherstellen.

SafeChem ist ein Beispiel für ein Geschäftsmodell, das auf Chemikalien-Leasing beruht. SafeChem bietet seinen Kunden das Beliefern und Abholen von Lösemitteln, wobei das Unternehmen mit Herstellern von Reinigungsmaschinen, Chemikalienhändlern und Entsorgungsunternehmen zusammenarbeitet. Über das gesamte Kundenportfolio in der Oberflächen- und Textilreinigung hinweg konnte SafeChem eine Verringerung des Lösungsmittelanteils im Abwasser um bis zu 80%, eine Reduktion des Gesundheitsrisikos für Mitarbeiter und eine Mengenreduzierung des neu benötigten Lösungsmittels um bis zu 80% erzielen.[88]

Rücknahme bzw. Chemical-Leasing Modelle basieren nicht notwendigerweise auf einer volumenbasierten Abrechnung, diese kann auch leistungsbasiert erfolgen. Das bedeutet, dass beispielsweise bei Reinigungschemikalien pro m^2 des gereinigten Produkts abgerechnet wird (siehe „Wertbasierte Preissetzung“ im Kapitel „Digitalisierung in der Chemieindustrie“). Bei dieser Art der Preissetzung profitiert der Anbieter von einem möglichst geringen Materialverbrauch sowie einer möglichst langen Nutzung der Chemikalien und des Materials. Dies gibt dem Chemikalienhersteller einen zusätzlichen Anreiz, sein Know-how aktiv in die Optimierung der Produktionsprozesse des Kunden einzubringen.

Recycling

als vierter Hebel der zirkulären Wirtschaft beschreibt sowohl die werkstoffliche Verwertung als auch die rohstoffliche Verwertung. Beim werkstofflichen Recycling werden Materialien mechanisch zerkleinert, gereinigt, sortenrein getrennt und anschließend in den Materialkreislauf zurückgeführt, so dass durch Umschmelzen – ohne weitgehende Veränderung der chemischen Zusammensetzung – ein Rezyklat hergestellt wird. Die Materialien können anschließend entweder für den gleichen Zweck oder für andere Anwendungen, gegebenenfalls auch mit qualitativ niedrigeren Materialanforderungen, verwendet werden. Beim rohstofflichen Recycling werden die organischen Materialien in ihre Grundstoffe zerlegt. Dabei können Verunreinigungen herausgefiltert werden. Somit entstehen neue organische Grundstoffe, die von der Chemie und den Kunden weiterverarbeitet werden.

- Werkstoffliches Recycling ist ein etabliertes Konzept und kommt seit langem bei Materialien zur Anwendung, bei denen das Recycling relativ einfach ist, und bei Inhaltsstoffen, die besonders wertvoll sind (z.B. Edelmetalle in Katalysatoren).

  Bei der Trennung von Alt-Kunststoffen sind traditionelle Methoden wie Separation über Dichte nur bedingt anwendbar, da die Unterschiede sehr gering und auch elektrische und magnetische Eigenschaften ähnlich sind. Sortieranlagen mit Infrarottechnik, Massenspektrometer und Sensoren können jedoch die Kunststoffe als Monomaterial sortenrein aus Verpackungsabfall sortieren. Moderne Sortieranlagen ermöglichen heute Reinheitslevel von bis zu 99,9%[89]. Für Verbundwerkstoffe ist dieses Verfahren jedoch bisher nicht geeignet.

  Das Verfahren der Mtm plastics GmbH ist ein Beispiel für Recycling von gemischten Kunststoffabfällen. In einem ersten Schritt wird der vorsortierte Kunststoffabfall mechanisch zerkleinert; alle Bestandteile, die nicht aus Kunststoff bestehen, werden weitestgehend entfernt. Anschließend gelangt das Material in die kombinierte Wasch-und Trennanlage, in der die Kunststoffe nach Dichte sortenrein getrennt werden. Die Kunststoff-Flocken werden anschließend farblich sortiert, gewaschen und thermisch getrocknet. Für die Weiterverarbeitung zu Regranulat werden die Flocken verdichtet, aufgeschmolzen, mit den erforderlichen Zuschlagsstoffen gemischt, verknetet, entgast und vollständig homogenisiert. Schließlich wird das Material in Granulatform gebracht und kann als Drop-in-Rohstoff (also in bestehenden Anlagen) für hochwertige Anwendungen eingesetzt werden.[90]

  Eine Voraussetzung für den Erfolg des werkstofflichen Recyclings von Altkunststoffen ist, dass die Stoffströme sortenrein vorliegen, sei es bei der Erfassung oder durch nachträgliche Sortierung bzw. Aufarbeitung. Neben dem Problem der häufig vermischten verschmutzten Abfallfraktionen sind vorhandene Technologien, verfügbare Infrastrukturen und Märkte wesentliche Kriterien für ein effizientes Abfallmanagement.

  Marker-Technologien, oder bei großen Bauteilen oder Endverbraucherprodukten auch RFID-Chips[Vi], könnten in speziellen Fällen zu einer Verbesserung der Stoffstrombehandlungen führen.

  Ähnlich großen Herausforderungen begegnet auch die Verwendung von recycelten Papierabfällen in sensiblen Verbraucherprodukten, z.B. Lebensmittelverpackungen. Aus Gründen des Verbraucherschutzes muss das Lebensmittel vor möglichen nicht tolerierbaren Stoffübergängen aus dem Verpackungsmaterial geschützt werden. Dies gelingt nur durch verpackungstechnische Lösungen, z.B. Barriereschichten.

[Vi] Technologie für Sender-Empfänger-Systeme

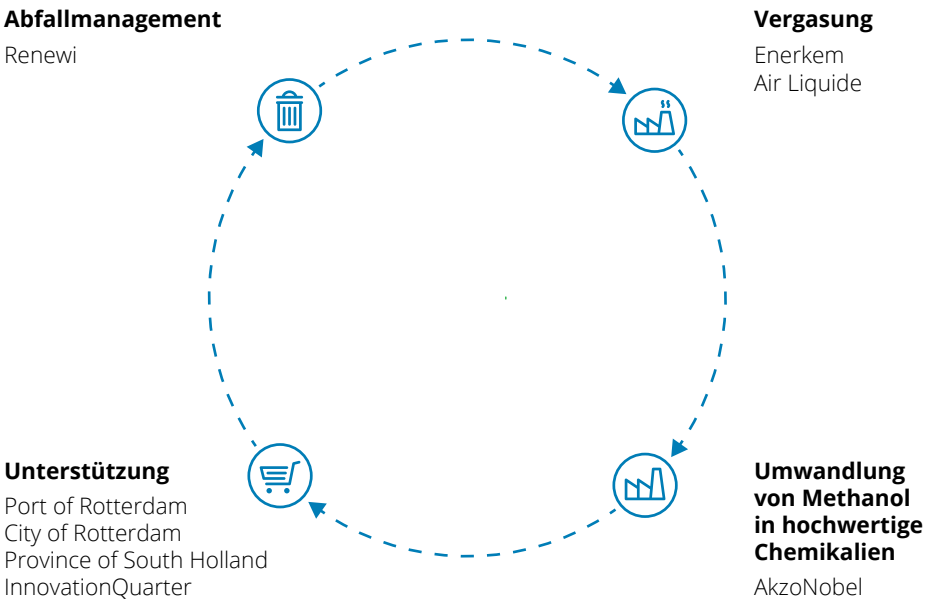
- Chemisches Recycling (auch: Feedstock-Recycling) kann eine Alternative sein, falls die werkstoffliche Verwertung nicht möglich oder sinnvoll ist. Dieses rohstoffliche Recycling bezeichnet Verfahren, bei denen gemischte Kunststoffabfälle durch verschiedene Prozesse verwertet und zu Rohstoffen für die chemische Industrie umgesetzt werden können. Eine Option ist die Depolymerisation zu Monomeren unter Zugabe von Wasser, Dampf oder Öl. Andere Optionen sind Pyrolyse oder Vergasung zu Synthesegas. Diese Prozesse sind noch nicht ausgereift, erfordern sehr hohe spezifische Investitionen und werden derzeit noch kaum eingesetzt. Ein wesentlicher Grund dafür ist neben technischen Problemen die unter gegenwärtigen Randbedingungen nicht gegebene Wirtschaftlichkeit. Zudem gibt es auch politische Vorbehalte, die sich an der unklaren Abgrenzung zur energetischen Verwertung stoßen, die auf EU-Ebene in der Kritik steht.

Dessen ungeachtet stellt rohstoffliches Recycling aus technischer und wirtschaftlicher Sicht eine Alternative für die Abfallströme dar, für die werkstoffliches Recycling nicht sinnvoll ist. Damit kann rohstoffliches Recycling perspektivisch für eine zirkuläre Wirtschaft zu einem wichtigen Baustein werden.

Unter der Führung der „Waste2Chemistry-Initiative" entsteht zurzeit in den Niederlanden eine Pilotanlage, die für diese Anforderungen konstruiert ist. „Waste2Chemistry" ist ein Konsortium aus 8 internationalen Firmen, darunter Enerkem, Air Liquide und AkzoNobel, die gemeinsam bio-basiertes Methanol und Ethanol aus Siedlungsabfällen produzieren wollen. Die Technologie ist kompatibel mit bestehender Abfallinfrastruktur und soll es ermöglichen, nicht mechanisch recyclingfähige Abfälle über Synthesegas in Treibstoffe und hochwertige Chemikalien umzuwandeln. Dieses rohstoffliche Recycling schließt Kreisläufe, diversifiziert die Rohstoffbasis und spart CO_2 sowie Erdöl ein.[91]

Sowohl das werkstoffliche als auch das rohstoffliche Recycling erfordern meist die Bildung eines Netzwerks von Partnern, die beispielsweise die Sammellogistik, Demontage und Separierung der Eingangsmaterialien übernehmen, die erhaltenen Wertstoffe vertreiben und nutzen sowie gemeinschaftlich an neuen Verfahren und Technologien arbeiten. Die Chemieindustrie kann einerseits für werkstoffliche Recycler die technische Materialkompetenz als Hersteller von Kunststoffen und Additiven zur Verfügung stellen und besitzt andererseits beim rohstofflichen Recycling das Produktions-Know-how, um die entstehenden Rohstoffe zu verarbeiten. So kann sie sich als erfolgskritischer Akteur positionieren und in den neu entstehenden ökonomischen Netzwerken aus Abfallmanagementfirmen und Technologiefirmen eine wichtige Rolle spielen.

Schematischer Prozess „Waste2Chemistry"-Initiative



Rückgewinnung von Energie

beschreibt die energetische Verwertung von Abfall unter Rückgewinnung von Energie (Wärme/Dampf bzw. Strom). Der energetisch genutzte Abfall substituiert so die fossilen Ressourcen Gas und Öl als Energieträger, die stattdessen als Rohstoffe in der chemischen Produktion verwendet werden können. Auch dies ist eine wichtige Komponente der zirkulären Wirtschaft.

Ein wesentlicher Beitrag der Chemie zur Rückgewinnung von Energie aus Abfällen betrifft die gefährlichen Abfälle. Viele Abfälle der chemischen Industrie enthalten gefährliche Stoffe, mit denen die Unternehmen besonders sorgfältig umgehen müssen. Häufig ist die energieeffiziente Verbrennung die sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht beste Verwertung von gefährlichem Abfall. Die deutsche chemische Industrie verfügt über zahlreiche moderne Sonderabfallverbrennungsanlagen. Diese nutzen den Energieinhalt der gefährlichen Abfälle optimal, indem sie Dampf und teilweise auch Strom mit hohen Wirkungsgraden erzeugen. Das Verbrennen von gefährlichen Abfällen in dafür geeigneten Anlagen trägt somit erheblich zum Ressourcenschutz bei. Die genehmigte Feuerungswärmeleistung der (Sonder-)Abfallverbrennung der Chemie lag in Deutschland 2014 bei circa 650 MW (thermisch)[92] und ersetzt damit ein mittelgroßes Kohlekraftwerk entsprechender Größe. Beim Verbrennen werden alle organischen Schadstoffe zerstört und Aschen und Schlacken anschließend sicher entsorgt. Die hiermit verbundenen Emissionen liegen deutlich unter den gesetzlichen Anforderungen. Bestimmte Abfälle, die als gefährlich eingestuft werden, können zudem in dafür ausgelegten industriellen Anlagen verbrannt werden. Durch diese sogenannte „Mitverbrennung" geeigneter Abfälle, zum Beispiel in Zementwerken, können die Unternehmen ebenfalls wichtige Primärressourcen einsparen und einen Beitrag zum nachhaltigen Abfallmanagement leisten.

Ein weiteres Beispiel für die energetische Verwertung von Abfall, die in ähnlicher Form von Chemieunternehmen etabliert werden könnte, ist das „Ecluse"-Projekt in Belgien, eine Kooperation von Umwelt-, Entsorgungs- und Energieunternehmen. In der „Ecluse"-Anlage wird von 2018 an durch thermische Verwertung von nicht recyclingfähigen Haushaltsabfällen, ähnlichen Industrieabfällen und Klärschlamm Wasserdampf mit einer Kapazität von 250 MW pro Jahr hergestellt.[93] Die Anlage versorgt sechs Unternehmen mit Wärme und Energie. „Ecluse" betreibt auch Anlagen zur Gewinnung von Strom, die durch die Verbrennung von 1 Million Tonnen nicht recyclingfähigen Abfalls und Klärschlamms 170.000 Familien pro Jahr versorgen.[94] Die Anlage hat nach Angaben des Betreibers das jährliche CO_2-Einsparungspotenzial von 50 Standard-Windturbinen mit der Leistung von jeweils 2,3 MWh.

Reinigung und Reduzierung von Umweltauswirkungen

beschreibt die Minimierung der Effekte von Chemikalien, die nach der bestimmungsgemäßen Verwendung in die Umwelt gelangen. Dies können Medikamente sein, die vom Körper nicht absorbiert bzw. verarbeitet werden, oder auch Waschmittel. Hier spielt das biologische Abbaupotenzial eine wichtige Rolle (siehe Abschnitt „(Re-)Design" in diesem Kapitel). Die chemisch-pharmazeutische Industrie in Deutschland und Europa leistet auch hier ihren Beitrag, negative Auswirkungen auf die Umwelt zu minimieren – zum Beispiel mit einem entscheidenden Beitrag bei der Reduzierung der schwer abbaubaren Waschmittelinhaltsstoffe.[95] Zudem kann die Reinigungsleistung durch die Zusammenarbeit von Pharmazie, Chemie und industrieller Biotechnologie sowie Reinigungsanlagenherstellern und -betreibern verbessert und Restmengen können so noch weiter reduziert werden.

Reststoffbeseitigung

Selbst die zirkuläre Wirtschaft kann mit den heutigen technologischen Möglichkeiten nicht gewährleisten, dass keinerlei Reststoffe anfallen. Daher ist die Reststoffbeseitigung unter Sicherstellung einer kontrollierten, ordnungsgemäßen Entsorgung von unvermeidbaren „Rest-Industrieabfällen" (z.B. Verbrennungsrückstände) zwar nicht integraler Bestandteil, aber doch solange auch ein Aspekt der zirkulären Wirtschaft, bis gemeinschaftlich neue tragbare Lösungen gefunden werden.

Welche der vorgenannten Verfahren jeweils im Detail Anwendung finden, erfordert eine detaillierte Machbarkeitsanalyse, die nach Maßgabe technischer Optionen unter Abwägung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte durchzuführen ist.

Unabhängig vom Hebel sind zirkuläre Lösungen meist durch eine hohe Komplexität und eine große Anzahl benötigter Assets und Fähigkeiten gekennzeichnet. Daher sind insbesondere Geschäftsmodelle erfolgreich, die in ökonomischen Netzwerken und in Partnerschaften mit Wettbewerbern, Unternehmen anderer Branchen sowie weiteren Beteiligten wie Forschungsinstituten arbeiten und die Wertschöpfungsketten der Kunden integrieren. Damit werden nicht nur technische Kompetenzen kombiniert, sondern auch Innovationsinitiativen besser koordiniert und der Zugang zu Talenten und Ressourcen erleichtert.

Der Status der zirkulären Wirtschaft in der deutschen Chemieindustrie
Im Rahmen dieser Studie wurden Publikationen zum Thema Nachhaltigkeit von zehn deutschen Chemie- und Pharmakonzernen untersucht.[96] Die Analyse konzentrierte sich auf den Aspekt der zirkulären Wirtschaft sowohl hinsichtlich der zirkulären Vision als auch der aktuellen Umsetzung in den Unternehmen.

Zur Beurteilung wurde ein Raster angelegt, das zwei Kriterien zur zirkulären Vision und sechs Kriterien zur aktuellen Umsetzung der zirkulären Wirtschaft in der heutigen Organisation umfasst.

Im Ergebnis wird das Thema Nachhaltigkeit von allen analysierten Unternehmen als wichtiger Aspekt der Konzernstrategie formuliert. Auch das Konzept der zirkulären Wirtschaft findet über die verschiedenen Hebel Eingang in die Konzernstrategien, jedoch meist nicht als Begrifflichkeit selbst. Neben der Formulierung als Teil der Konzernstrategie sollten die Nachhaltigkeits-Ziele klar formuliert werden, da nur so eine einheitliche strategische Stoßrichtung der ganzen Organisation möglich ist. Alle analysierten Unternehmen haben sich solche Ziele für eine ressourceneffizientere Produktion gegeben. So setzt sich jedes der Unternehmen quantifizierte Ziele zur Verringerung von CO_2-Emissionen, in der Mehrheit ergänzt um Ziele zur Reduzierung bzw. zur stärkeren Verwendung von Abfällen und zur Senkung des Wasserverbrauches. Henkel plant beispielsweise bis zum Jahr 2020 den Wasserverbrauch um 30% zu reduzieren (Basisjahr 2010).[97] Ein großer Anteil der Unternehmen betont zudem die Wichtigkeit von alternativen Rohstoffen, wie bspw. CO_2, sowie von Rezyklaten als Rohstoffen. Jedoch werden hier überwiegend noch keine konkreten Zielvorgaben genannt. Auf der Produktseite liegt ein ähnliches Bild vor. Es wird betont, einerseits Produkte noch stärker am Nachhaltigkeitsprinzip auszurichten zu wollen und andererseits die Ressourceneffizienz in der Kundenanwendung zu erhöhen. In Einzelfällen finden sich hier auch konkrete Quantifizierungen: So beabsichtigt BASF bis zum Jahr 2020 28% des Umsatzes mit Produkten zu erzielen, die einen substanziellen Nachhaltigkeitsbeitrag in der Anwendung haben.[98]

Die zirkuläre Wirtschaft spiegelt sich nicht nur in den Strategien der Unternehmen wider, sie ist heute bereits in den Organisationen verankert. So arbeiten die Unternehmen der Chemieindustrie permanent daran, die Ressourceneffizienz ihrer Produktion zu erhöhen. Der Anteil an erneuerbaren Rohstoffen am gesamten Rohstoffeinsatz der Chemie in Deutschland betrug 2015 bereits 13% (oder 2,5 Mt).[99] Die Public Private Partnership Initiative „Sustainable Process Industry through Resource and Energy Efficiency (SPIRE)“, deren Part-ner der europäische Chemieverband CEFIC ist, hat sich zum Ziel gesetzt, durch verbesserte chemische und physikalische Umsetzung und den Einsatz von erneuerbaren Rohstoffen den Verbrauch von nichterneuerbaren Rohstoffen bis 2030 um bis zu 20% im Vergleich zu 2016 zu reduzieren.[100]

Der breitere Einsatz erneuerbarer Rohstoffe setzt gezielte Forschung und Entwicklung voraus. Eine globale Studie in der Chemie von 2016 zeigt, dass 61% der Führungskräfte Forschungs- und Entwicklungsprojekte für die zirkuläre Wirtschaft initiieren.[101] In Deutschland thematisiert die Hälfte der analysierten Konzerne Nachhaltigkeit explizit in ihren Innovationsstrategien.

Alle untersuchten Unternehmen bieten ressourcenschonende Produkte an. Die Mehrheit der Firmen bezieht Prinzipien der zirkulären Wirtschaft in das Design der Produkte ein und führt zu diesem Zweck umfassende Analysen über den Lebenszyklus durch. So hat sich z.B. Evonik zum Ziel gesetzt, Nachhaltigkeitsanalysen einschließlich ökobilanzieller Betrachtungen für mindestens 99% der Produkte mit einem Volumen von mehr als einer 1 Tonne/Jahr zu erstellen und hat dafür ein eigenes System entwickelt, das Produkte anhand einer Lebenszyklusbetrachtung bewertet.[102]

Analysekriterien für den zirkulären Status Quo in der Chemie

Zirkuläre Vision
Zirkuläre Wirtschaft als integraler Teil der Konzernstrategie
Konkrete Ziele zur Umsetzung der zirkulären Wirtschaft
Zirkuläre Wirtschaft in der Organisation
Ressourceneffiziente Produktion
Innovation zur zirkulären Wirtschaft
Zirkuläre Produkte und Geschäftsmodelle
Strategische Partnerschaften für zirkuläre Geschäftsmodelle
Zirkuläre Ansprüche an Lieferanten
Verantwortlichkeit

Ungeachtet der Forschungs- und Innovationsstärke der Chemieunternehmen können viele zirkuläre Geschäftsmodelle nur durch Partnerschaften innerhalb der Chemie sowie mit Partnern aus anderen Industrien erfolgreich entwickelt und etabliert werden. Die Chemieindustrie in Deutschland verfügt durch umfangreiche wechselseitige Leistungsbeziehungen über ein etabliertes Netzwerk innerhalb der Industrie. Die zirkuläre Wirtschaft erfordert jedoch, diese auf andere Industrien zu erweitern, auch über die bestehenden Kooperationen mit Kunden hinaus.

Einkauf und Lieferantenmanagement, die an Nachhaltigkeitskriterien orientiert sind, stellen ebenfalls wichtige Aspekte der zirkulären Wirtschaft dar. So formulieren alle analysierten Unternehmen Nachhaltigkeitserwartungen an ihre Lieferanten und stellen in der Mehrzahl durch Lieferantenaudits sicher, dass diese eingehalten werden. Die Bayer AG bewertet z.B. alle strategisch relevanten Lieferanten nach Nachhaltigkeits-Kriterien, um im Jahr 2020 einen ganzheitlichen Nachhaltigkeitsstandard für alle Lieferanten einführen zu können.[103] Dieses Ziel verfolgt auch die „Together for Sustainability" Initiative diverser Chemieunternehmen wie Bayer, BASF, Covestro, Merck, Wacker, Lanxess, Evonik und Henkel.[104]

Es besteht kein Zweifel, dass das Konzept der zirkulären Wirtschaft in allen Bereichen eines Unternehmens verankert werden muss. Entsprechend der Bedeutung des Themas und des funktionenübergreifenden Charakters haben alle Firmen die Verantwortung für Nachhaltigkeit der oberen Führungsebene zugeordnet. Ein organisatorisches Modell ist die Ernennung eines Chief Sustainability Officers oder eines Konzernkoordinators Umwelt, ein anderes, die Verantwortlichkeit beim Personalvorstand anzusiedeln. Weitere gewählte Optionen bestehen darin, den gesamten Vorstand auf die Nachhaltigkeitsstrategie zu verpflichten oder ein separates Gremium bzw. Board zu etablieren, welches Vorstandsmitglieder und Vertreter der verschiedenen Geschäftseinheiten umfasst.

Die Chemie in Deutschland hat bereits verschiedene Maßnahmen getroffen, um Nachhaltigkeit und zirkuläre Wirtschaft als Bestandteil ihres Handelns zu etablieren. Es wurde eine Vielzahl von Nachhaltigkeitsinitiativen gestartet, von einzelnen Unternehmen sowie in Kooperation mit anderen Unternehmen. Von besonderer Bedeutung in diesem Zusammenhang ist sicherlich die Chemie³-Nachhaltigkeitsinitiative der deutschen Chemieindustrie. Besonders in der Erfüllung der Nachhaltigkeitsziele der Kunden ((Re-)Design) und der ressourceneffizienten Herstellung hat die Branche ambitionierte und konkrete Ziele gesetzt. Die Praxisbeispiele in diesem Kapitel zeigen auch, dass die Chemieunternehmen vereinzelt individuelle zirkuläre Lösungen entwickelt, aber auch Kooperationen und Partnerschaften gebildet haben. Gerade diesen partnerschaftlichen Aspekt sollte die deutsche Chemieindustrie im nächsten Schritt weiter ausbauen und in ökonomischen Netzwerken und neuen Geschäftsmodellen denken, um die Chancen der zirkulären Wirtschaft für sich zu nutzen.

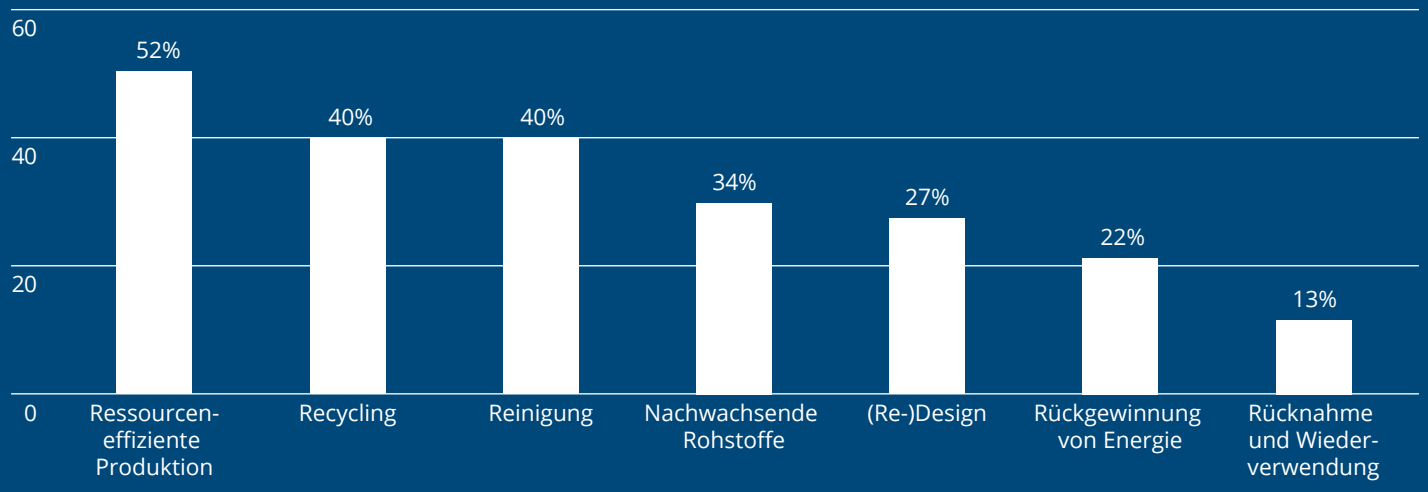
Die Chemie in Deutschland hat Nachhaltigkeit und zirkuläre Wirtschaft als zentralen Bestandteil ihres Handelns etabliert.

Mittelstandsumfrage: Zirkuläre Wirtschaft

Die Themen Nachhaltigkeit und zirkuläre Wirtschaft haben für den chemisch-pharmazeutischen Mittelstand in Deutschland schon lange eine hohe Bedeutung. Über 20% der Unternehmen geben an, sich intensiv mit den Auswirkungen einer zirkulären Wirtschaft auf ihr Unternehmen zu befassen. 45% der Unternehmen haben auf Leitungsebene einen Verantwortlichen oder ein Gremium für die Steuerung des Themas Nachhaltigkeit. Knapp 40% der Unternehmen haben bereits eine Nachhaltigkeitsstrategie und weitere knapp 25% planen, eine solche in den kommenden Jahren einzuführen. Jedes fünfte Unternehmen sieht sich auf die Veränderungen einer zirkulären Wirtschaft gut vorbereitet, fast 30% sehen jedoch Handlungsbedarf.

Zirkuläre Wirtschaft bedeutet für mittelständische Chemie- und Pharmaunternehmen in erster Linie ressourceneffiziente und klimaschonende Herstellung. Aber auch Recycling und (Re-)Design (Design der Produkte zur Ressourcenschonung über den gesamten Lebenszyklus) spielen eine große Rolle in der Strategie der Unternehmen. Demgegenüber ist die Rücknahme und Wiederverwertung von Chemikalien (Chemical Leasing) für viele Unternehmen nicht relevant, da sich ihre Produkte dafür nicht eignen. Viele Unternehmen sehen Potenziale, den Ausbau zirkulärer Wirtschaftsmodelle mit Hilfe der Digitalisierung zu beschleunigen oder effizienter zu machen. Die Entwicklung steht aber erst am Anfang. Konkrete Projekte gibt es derzeit erst in 8% der Unternehmen.

Anteil der Unternehmen, die die genannten zirkulären Hebel bereits nutzen (Mehrfachnennung möglich)



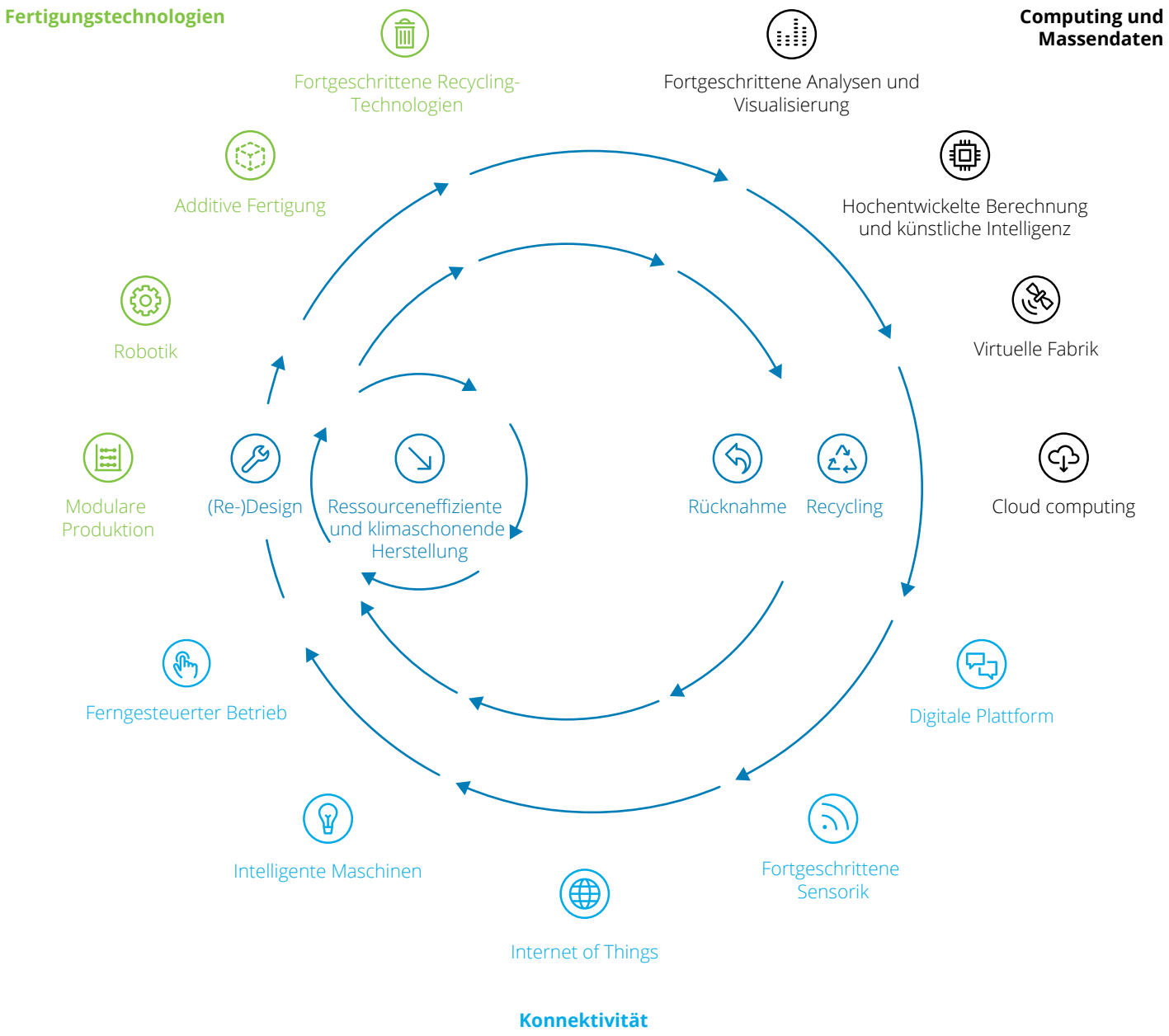
Zusammenspiel zwischen Digitalisierung und zirkulärer Wirtschaft

Dieses Kapitel widmet sich den Zusammenhängen zwischen Digitalisierung und zirkulärer Wirtschaft. Es zeigt auf, wie die Digitalisierung einen Beitrag für zirkuläre Geschäftsmodelle in der Chemie liefert.

Das Zusammenspiel von Digitalisierung und zirkulären Wirtschaftskonzepten eröffnet besondere Potenziale, spielt aber in der bisherigen Diskussion um die volks- und betriebswirtschaftlichen Vorteile der Digitalisierung noch eine Nebenrolle. Bisherige Analysen konzentrieren sich vor allem auf die höhere Ressourceneffizienz digitalisierter Produktionsprozesse, die Einsparung von Ressourcen in einer „Sharing Economy" und die höhere Transparenz in Hinblick auf Standort, Zustand und Verfügbarkeit von Ressourcen.[105] Auf die spezifischen Zusammenhänge zwischen Digitalisierung, zirkulären Wirtschaftskonzepten und Chemieindustrie wird bisher nur am Rande eingegangen. Eine Ausnahme stellt ein White Paper des World Economic Forum (WEF) dar, das explizit auf die höhere Ressourceneffizienz in chemischen Produktionsprozessen und die höhere Transparenz von Wertschöpfungsketten in zirkulären Wirtschaftskonzepten eingeht.[106] Die Aufmerksamkeit für das Thema nimmt jedoch zu, wie z.B. die „European Composites, Plastics and Polymer Processing Platform (ECP4)" Konferenz 2017 zeigt, deren Thema die gegenseitige Unterstützung von Digitalisierung und zirkulärer Wirtschaft war.[107]

Wie im Folgenden detaillierter gezeigt wird, tragen die Digitalisierung in der Chemieindustrie und die damit verbundenen technischen Möglichkeiten auf vielfältige Weise dazu bei, zirkuläre Geschäftsmodelle überhaupt erst möglich zu machen und ihre Wirtschaftlichkeit zu verbessern und damit zur Erreichung der UN-Nachhaltigkeitsziele beizutragen. Zu diesen technischen Möglichkeiten zählen beispielsweise der Einsatz von Sensoren und die Integration von Simulationen und Datenanalysen in den Produktions-, Supply Chain- und Geschäftsprozessen. Ein weiterer wichtiger Aspekt sind digitale Transparenz und digitale Koordinierungsmöglichkeiten über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg. Verschiedene Technologien, die sich in den drei Clustern „Fertigungstechnologien", „Computing & Massendaten" und „Konnektivität" zusammenfassen lassen (siehe Abbildung nächste Seite), können auf vielfältige Art und Weise an der Schnittstelle Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft wirken. Sowohl die zirkuläre Wirtschaft als auch die digitalen Technologien entwickeln sich dynamisch, so dass hier lediglich Beispiele umrissen werden können.

Technologien zur Unterstützung der zirkulären Wirtschaft



Im Folgenden soll dieses Zusammenspiel anhand von vier Ansatzpunkten der zirkulären Wirtschaft illustriert werden:

(Re-)Design

Schwerpunkt des Zusammenspiels von Digitalisierung und zirkulärer Wirtschaft beim Hebel (Re-)Design ist es, Produkte durch detaillierte, digital gesammelte und ausgewertete Informationen über ihre Eigenschaften und Nutzungsmuster zu verbessern. Damit kann zum einen die Produktion effizienter gestaltet, zum anderen das Produkt besser auf die Nutzung abgestimmt werden.

Die benötigten Informationen können z.B. durch smarte Produkte (siehe Vernetzte Produkte und Dienstleistungen im Kapitel „Digitalisierung in der Chemieindustrie“) oder sogenannte digitale Zwillinge (siehe Abschnitt Intelligente und Virtuelle Fabrik im Kapitel „Digitalisierung in der Chemieindustrie“) erhoben werden. Dazu zählen beispielsweise Verschleiß in der Anwendung oder Reaktionen auf Umwelteinflüsse. Mit diesen Informationen kann das Produktdesign verbessert[60] und der digitale Zwilling schon während der Entwicklungsphase für virtuelle Tests eingesetzt werden.

In der chemischen Industrie wird erwartet, dass die verfügbaren Informationen über Chemikalien und Materialien, auch während der Anwendungsphase, in den nächsten Jahren deutlich zunehmen werden. Diese Informationen können beispielsweise für die Auswahl und Zusammensetzung von Additiven genutzt werden, um sie individuell auf den Verwendungszweck abzustimmen. Auch werden Kunststoffe durch integrierte Elektronik zu funktionalen Oberflächen. So kann beispielsweise ein Kunststoffelement im Automobilbereich nicht nur zu einem Display werden, sondern durch integrierte Sensoren auch gleichzeitig Informationen zum Zustand des Materials und zur Benutzung des Elements geben.[108]

Ressourceneffiziente und klimaschonende Herstellung

Bei der ressourceneffizienten Herstellung liegt der Schwerpunkt der Schnittstellen zwischen Digitalisierung und zirkulärer Wirtschaft in der Informationstransparenz über den Produktionsprozess.

Hier bieten digitale Simulierung und Optimierung von chemisch-pharmazeutischen Produktionsprozessen und biotechnischen Verfahren Potenziale, die zu erheblichen Effizienzgewinnen auch bei etablierten Verfahren führen können. Andererseits bieten detaillierte Einblicke in den laufenden Produktionsprozess Möglichkeiten, Prozesse und Anlagenauslastungen besser zu steuern, den Ressourceneinsatz zu minimieren und den Automatisierungsgrad zu erhöhen. Die automatisierte Verarbeitung von Massendaten, die über Internet-of-Things-Systeme und Sensoren gewonnen werden, kann hier eine wichtige Rolle spielen.

Ein Beispiel für solche Systeme sind IoT-Sensoren, die den Strom-, Wärme-, Gas, Wasser- und Dampfverbrauch in Echtzeit messen. Die zugehörige Software sammelt, analysiert und visualisiert die Daten, um damit Abweichungen vom Regelverhalten zu identifizieren. Mittels vorausschauender Wartung (siehe Kapitel „Digitalisierung in der Chemieindustrie“) können so Störungen beseitigt werden, bevor der Produktionsprozess unterbrochen wird. Darüber hinaus tragen diese Informationen zur Optimierung des Produktionsprozesses und Verringerung des Ressourcenverbrauches bei.

Im Rahmen von digitalen Geschäftsmodellen kann die Chemieindustrie aber nicht nur einen Beitrag zur Steigerung ihrer eigenen Ressourceneffizienz, sondern auch der ihrer Kunden leisten, indem sie die Verwendung der von ihr gelieferten Produkte im Produktionsprozess des Kunden digital unterstützt. Ein Beispiel dafür stellt die Online-Plattform OASE® connect dar, mit der BASF seinen Kunden in der Gasindustrie hilft, ihre Gaswäscheprozesse zu optimieren.[109]

Digitalisierung kann die chemische Herstellung automatisieren und optimieren, um den Ressourceneinsatz zu minimieren.

Rücknahme

Rücknahme-Geschäftsmodelle können in unterschiedlicher Weise von den Möglichkeiten der Digitalisierung profitieren. So kann die Big-Data-Analyse von Kundeninformationen aus sozialen Netzwerken, Verkaufsdaten und Kundenpublikationen das Potenzial für ein solches Geschäftsmodell aufzeigen, indem z.B. der Chemikalienverbrauch über die Zeit und im Vergleich zu anderen Kunden analysiert und in Bezug zu weiteren Informationen gesetzt wird. Zeigen sich Abweichungen mit erhöhtem Verbrauch, kann dies eine Möglichkeit sein, ein Rücknahme-Geschäftsmodell mit integrierter Optimierung des Chemikalienverbrauches anzubieten (siehe Kapitel „Zirkuläre Wirtschaft und Chemieindustrie"). Durch die Nutzung von Daten des Kunden, z.B. durch Sensoren in seiner Produktion, können Chemiefirmen Rückschlüsse über ihr Produkt ziehen und erkennen, wann es getauscht werden muss.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Rücknahme ergibt sich für die damit verbundene Logistik. Hier kann die Digitalisierung dazu beitragen, Komplexität zu beherrschen. Rubicon zeigt das für den Abfallbereich beispielhaft mit einer digitalen Plattform, auf der Unternehmen Entsorgungsbetriebe beauftragen können, ihren Abfall fachgerecht zu entsorgen. Durch Bündelung des Bedarfes, automatisierte Abrechnung und Routenoptimierung der Entsorger werden die Kosten gegenüber bisherigen One-to-one-Lösungen, bei der Kunde und Entsorger in geschäftlichen Einzelbeziehungen stehen, um bis zu 20% gesenkt.[110] Digitalisierung spielt dabei eine wichtige Rolle, da die Abholung über mobile Endgeräte erfasst, die Entsorgung digital dokumentiert sowie die Rechnung automatisiert erstellt wird. Auf Seiten der Entsorgungsbetriebe unterstützt Digitalisierung die Routenplanung und erlaubt die Fahrzeugverfolgung über Track-and-trace-Systeme. Analog zum Hausmüll-Recycling kann eine solche digitale Lösung die Kosten und den organisatorischen Aufwand für ein Chemical-Leasing-Geschäftsmodell senken, indem Rücknahmelogistik, -abrechnung und -dokumentation digital erfasst und optimiert werden.

Recycling

Auch beim Thema Recycling spielt die Digitalisierung eine wichtige Rolle, zum Beispiel bei der Beherrschung der Komplexität der Logistik und der Schaffung von Transparenz über Materialinformationen.

Für wirtschaftliches Recycling ist es vielfach eine Herausforderung, eine kritische Masse der zu recycelnden Materialströme zu erreichen. Digitale Marktplätze sind hier eine Option, wobei nicht nur die Sammellogistik, sondern auch die Transparenz hinsichtlich Menge, Verfügbarkeit und Inhaltsstoffen der Materialien einen wichtigen Aspekt darstellt. Ein Beispiel dafür ist die Cloud-basierte Plattform „Materials Marketplace". Sie ist ein Projekt des US Business Council for Sustainable Development, des World Business Council for Sustainable Development und des Corporate Eco Forum, um die B2B-Materialwiederverwendung über Unternehmen hinweg zu fördern. Überschüssige Rohstoffe, industrielle Nebenprodukte und Verpackungen können hier über eine Kooperationsplattform angeboten und von den teilnehmenden Unternehmen abgenommen werden. Zusätzlich ist es möglich, Expertenempfehlungen z.B. zum Recycling einzuholen. Während der Pilotphase von Juni bis August 2015 nahmen 23 Unternehmen aus verschiedenen Branchen teil, darunter vier aus dem Bereich Chemie und Advanced Materials. Dabei wurden 150 Materialien mit einem Gewicht von 2,4 Millionen Tonnen in den Markt gebracht. Aufbauend auf diesem Ergebnis ist es geplant, die Plattform auf mehr als 100 teilnehmende Organisationen in den Vereinigten Staaten zu erweitern und auf andere Regionen zu übertragen.[112] So schafft Digitalisierung Transparenz, erleichtert den Materialaustausch und fördert das Recycling.

Zusätzlich kann Digitalisierung das Recycling von Kunststoffen erleichtern: Heutige Recyclinglösungen können einzelne Stoffströme wie z.B. Kunststoffe aus Verpackungsmaterialien aussortieren. Die anschließende Wiederverwertung dieser Kunststoffe funktioniert umso besser, je mehr Informationen über die Inhaltsstoffe der Abfallströme vorliegen, da für die Qualität des Rezyklats die Homogenität der Kunststoffe ausschlaggebend ist. Dies kann über die Materialreinheit hinausgehen und die Verfügbarkeit weiterer Informationen sinnvoll erscheinen lassen. Die Digitalisierung mit der Möglichkeit der schnellen Informationserfassung und Analyse von umfangreichen Datenströmen kann z.B. bei spektroskopischen Verfahren (Infrarottechnik) erheblich zur Wirtschaftlichkeit beitragen. Sie ermöglicht es, Informationen über Stoffströme (z.B. über innovative Spektralanalysen, die etwa auch gefärbte Kunststoffe oder Biokunststoffe usw. erkennen können) hinzuzufügen.

So sind Sortieranlagen denkbar, die schnell und effizient Kunststoffe sortenrein aus dem Verpackungsabfall heraussortieren

und anschließend der Wiederverwertung entsprechend ihrer künftigen Anwendung zugänglich machen. Für nichttrennbare Kunststoffe sind weitere Innovationsschritte erforderlich. Für hochwertige, technische Kunststoffe, die in größeren Bauteilen z.B. in Elektrogeräten oder im Automobilbau eingesetzt werden, könnten daher Marker-Technologien entwickelt werden, um auch diese zu sortieren und so eine werkstoffliche Verwertung zu ermöglichen. Chemieindustrie, Kunststofferzeuger und Maschinenbau in Kombination mit der Wissenschaft besitzen die benötigten technischen Kompetenzen dafür. In künftigen Recyclinglösungen können sie sich als wesentliche Akteure positionieren, um den Aufbau eines möglichen neuen ökonomischen Netzwerkes aus Abfallmanagementfirmen, Technologiefirmen und der Chemie zu steuern.

Digitalisierung kann auch das Recycling in der Bauindustrie erleichtern, die durch eine komplexe Lieferkette und einen langen Produktlebenszyklus charakterisiert ist. Die Bauwerksdatenmodellierung (auch „Building Information Modeling", BIM) modelliert, kombiniert und erfasst alle relevanten Bauwerksdaten und -materialien digital über die verschiedenen Partner hinweg und stellt die Informationen in einem 3D-Gebäudemodell zur Verfügung.[111] Diese gespeicherten Daten geben zum Zeitpunkt des Gebäudeabrisses Informationen darüber, welche Materialien und Chemikalien sich an welcher Stelle im Bauschutt befinden und wie damit das Recycling des Bauschutts optimiert werden kann. So können diese Informationen zu einer höheren Recyclingquote bei gleichzeitiger Senkung der Kosten für Analysen des Bauschutts beitragen.

Die genannten Beispiele demonstrieren, wie Digitalisierung die Umsetzung von zirkulären Geschäftsmodellen wirtschaftlicher machen bzw. erst ermöglichen kann. Sie zeigen allerdings auch, dass die Zusammenführung beider Themenfelder gerade erst begonnen hat. Der chemischen Industrie in Deutschland werden sich in den kommenden Jahren zahlreiche Möglichkeiten bieten, den Wertbeitrag der Digitalisierung in Verbindung mit der zirkulären Wirtschaft zu erschließen.

Die Rolle der Chemie-industrie in ökonomischen Netzwerken

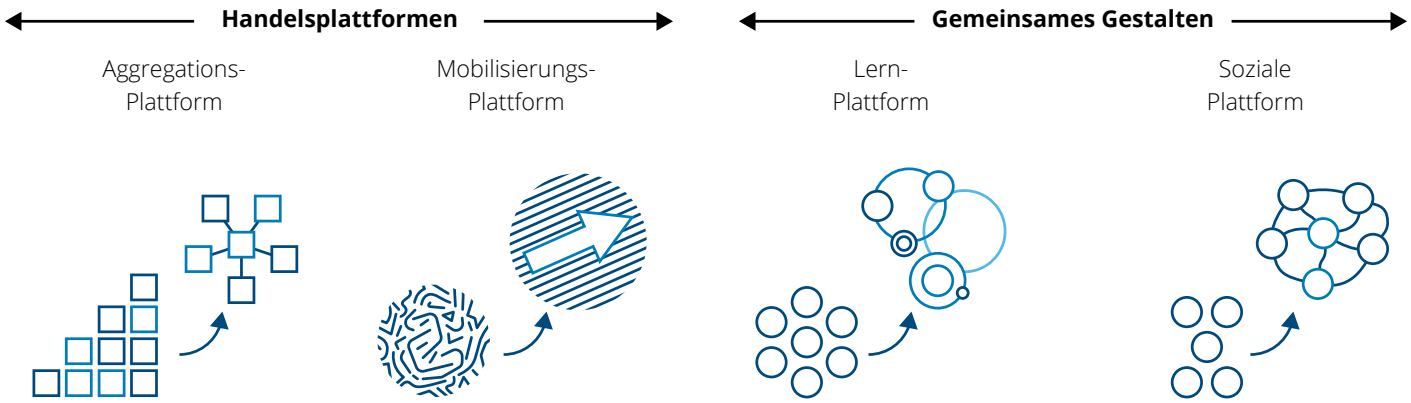
Dieses Kapitel beschreibt die Charakteristika und die Bedeutung von ökonomischen Netzwerken für die Chemieindustrie in Deutschland. Drei mögliche Rollen, die Chemieunternehmen in diesen Netzwerken einnehmen können, werden beschrieben und die daraus abgeleiteten Konsequenzen illustriert.

Ökonomische Netzwerke
Das tragfähige und ausgereifte Industrienetzwerk ist eine traditionelle Stärke der Wirtschafts- und Innovationskraft Deutschlands. Dieses Netz verbindet nicht nur Akteure aus Forschung und Wirtschaft, sondern auch Unternehmen aus verschiedenen Branchen und unterschiedlichster Größe miteinander – bis hin zum Start-up. Diese Diversität der Netzwerkpartner ist ein wesentlicher Grund für die Stärke des Industriestandorts Deutschland. Gerade im deutschen Industrienetzwerk nimmt die Chemie eine zentrale Rolle als Enabler seiner Partner ein. Sich verändernde Kundenbedürfnisse und neue technische Möglichkeiten, auch getrieben durch Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft, weiten die Bedeutung von ökonomischen Netzwerken aus. Kunden verlangen zunehmend hybride Lösungen, die verschiedene Produkte und Dienstleistungen kombinieren. Häufig können die Komplexität und die technischen Fähigkeiten, die für diese Komplettlösungen erforderlich sind, nicht durch ein einzelnes Unternehmen erbracht werden. Das gilt auch für das Thema Innovation. Wo früher Innovationsketten dominierten, die sequenziell von der Idee zur Anwendung führten, sind künftig Innovationsökosysteme erforderlich, bei denen mehrere Partner unterschiedlichster Größe zusammenarbeiten. Dies ist per se nicht neu, jedoch sind mehr, neue und andere Partner beteiligt und die Komplexität der Vernetzung nimmt zu.

Die Digitalisierung verändert die Vernetzung von Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Besondere Bedeutung wird dabei der Bildung von Plattformen beigemessen, die den Austausch und die aktive Zusammenarbeit unterschiedlicher Fach- oder Interessengruppen sowie etablierter Unternehmen und Start-ups erleichtern.

Bestehende Plattformen lassen sich in die vier Kategorien einteilen: Aggregationsplattformen, Mobilisierungsplattformen, Lernplattformen und Soziale Plattformen.

Die vier Plattform-Typen für Austausch und Zusammenarbeit



Aggregationsplattformen, wie beispielsweise Amazon, erleichtern verschiedenen Akteuren den Handel mit Gütern, Dienstleistungen, Ideen und Daten über einen digitalen Marktplatz. Diese Plattformen sind meist als „Hub-and-Spoke"-Modell aufgesetzt, bei dem die Transaktionen über den Plattform-Betreiber getätigt werden.

Mobilisierungsplattformen dagegen vernetzen Nutzer untereinander, um Transparenz über gemeinsame Interessen und Bedürfnisse zu schaffen sowie Leistungen auszutauschen. Ein Beispiel für eine solche Plattform ist BlaBlaCar, Europas größte Mitfahrerzentrale.

Lernplattformen ermöglichen den vereinfachten Wissensaustausch und tragen dazu bei, dass – basierend auf einer breiteren Wissensbasis – Innovationen schneller entwickelt und zur Marktreife gebracht werden können. Ein politisch-strategisches Beispiel hierfür ist die Nationale Plattform Elektromobilität, die in einem vorwettbewerblichen Kontext die Entwicklung und Einführung innovativer Technologien vorantreibt. Ein operatives Beispiel für Lernplattformen ist die Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft in regionalen Clustern, etwa im Bereich der Biotechnologie. Eine Deloitte-Analyse hat 2016 ergeben, dass Lernplattformen für Unternehmen besonders wichtig sind, da diese die Produktentwicklung fördern. Die Produktentwicklung war die treibende Kraft für digitale Partnerschaften und Plattformen.[112]

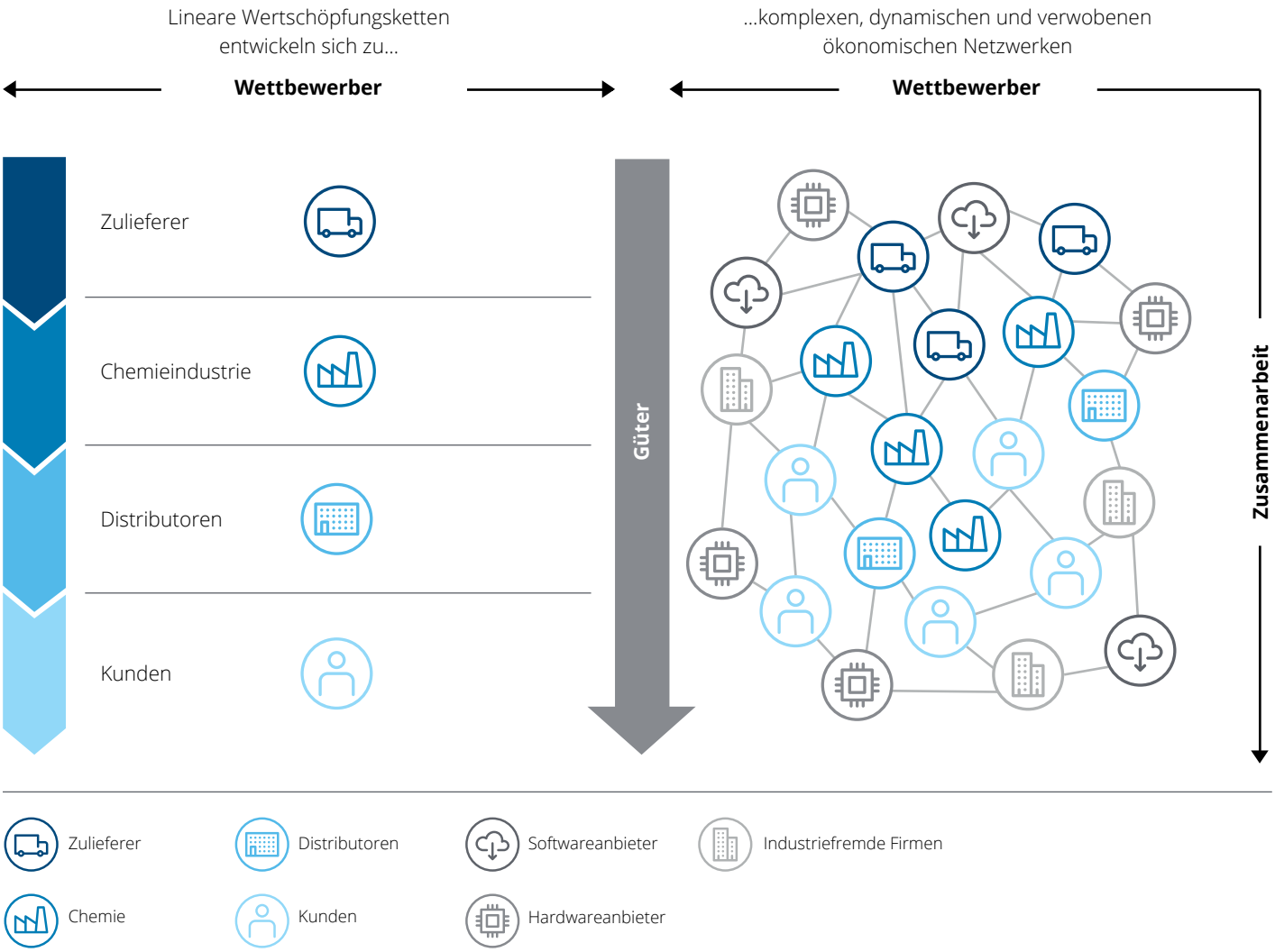
Soziale Plattformen wie LinkedIn oder Facebook verbinden Menschen auf unterschiedliche Art und werden zur Kontaktanbahnung und -pflege sowohl im geschäftlichen als auch im privaten Bereich genutzt. Soziale Plattformen haben jedoch nicht nur einen Mehrwert für Individuen, sondern können auch von Firmen für „Social Listening" genutzt werden. Hier werden die Trends auf sozialen Plattformen und die Interaktion mit Nutzern analysiert, um Rückschlüsse auf die Entwicklung von Präferenzen und Nachfrage ziehen zu können. Plattformen der genannten Kategorien, insbesondere Aggregations- und Mobilisierungsplattformen, tragen vor allem über die Schaffung von Transparenz und sinkende Transaktionskosten zur Vereinfachung wirtschaftlicher Transaktionen bei. Jedoch sind diese Plattformen sowohl von der Zielsetzung als auch der Struktur klar von den ökonomischen Netzwerken abzugrenzen.

Ökonomische Netzwerke stellen nicht nur eine wirtschaftliche Kooperation verschiedener Unternehmen dar, sondern treten gegenüber dem Kunden auch als eine Einheit auf. Sie kreieren durch neue Formen der firmenübergreifenden Vernetzung und Kollaboration einen Mehrwert für den Kunden. In solchen Netzwerken treffen – entsprechend der Komplexität ihrer Problemstellungen – häufig Akteure aufeinander, die bisher kaum miteinander zu tun hatten und lernen müssen, die Sichtweise und den möglichen Lösungsbeitrag der anderen Partner zu verstehen. Innovationsprozesse in derartigen Netzwerken sind kooperativ und integrativ und binden Expertise aus vielen Branchen und Disziplinen ein.[113] Wo bisher Unternehmen für die Leistungserstellung allein verantwortlich sind, eröffnet sich ihnen die Möglichkeit, sich zum Netzwerk-Partner zu wandeln, welcher andere Unternehmen integriert. Die Leistungserbringung erfolgt gemeinschaftlich und wird gemeinsam verantwortet.

Dabei ist ein ökonomisches Netzwerk nicht automatisch die bessere Lösung. Netzwerke erfordern Vertrauen und Verträge, die Netzwerkorganisation ist mit Zusatzaufwand verbunden. So müssen die Netzwerkpartner u.a. ihre jeweiligen Anteile an der Wertschöpfung aushandeln. Daher ist fallweise zu prüfen, ob Netzwerke sowohl für den Kunden als auch die beteiligten Unternehmen die optimale Lösung darstellen.

Ökonomische Netzwerke treten gegenüber dem Kunden als eine Einheit auf. Die Leistungserbringung erfolgt gemeinschaftlich und wird gemeinsam verantwortet.

Veränderung von linearen Ketten zu komplexen ökonomischen Netzwerken



Der Erfolg eines ökonomischen Netzwerks bemisst sich an der Wettbewerbsfähigkeit seines Gesamtangebotes. Eine wichtige Rolle spielen dabei Netzwerkeffekte. Je mehr Kunden, Lieferanten, Konsumenten und Hersteller sich an einem ökonomischen Netzwerk beteiligen, desto größer, besser und günstiger kann das Angebot für den Kunden sein. Netzwerke, die schnell eine kritische Masse erreichen, können diese Größeneffekte nutzen und erfolgreich neue Angebote und Geschäftsmodelle am Markt platzieren. Dabei müssen sie allerdings auch eine größere Komplexität bewältigen.[114]

Die drei Rollen innerhalb eines ökonomischen Netzwerks
In einem ökonomischen Netzwerk lassen sich insgesamt drei Rollenbilder definieren, welche die Funktion und Beiträge des jeweiligen Akteurs beschreiben. Diese Rollenbilder werden als Follower, Partner und Orchestrator bezeichnet. Unternehmen können in allen drei Rollen wirtschaftlich erfolgreich sein, müssen aber ihre strategische Positionierung jeweils auf die gewählte Rolle ausrichten.

Follower leisten einen Beitrag zum Netzwerk, der relativ leicht ausgetauscht werden kann bzw. mit dem sie sich nur gering von anderen Anbietern differenzieren. Sie haben keinen oder nur geringen Einfluss auf die Struktur und das Geschäftsmodell des Netzwerkes. Ein Follower konkurriert daher mit seinem Produkt- oder Serviceangebot im Wesentlichen auf Basis von niedrigen Kosten. Ein ökonomisches Netzwerk bietet dem Follower, z.B. einem Kostenführer in seiner Produktsparte, den Vorteil des einfacheren Kundenzuganges ohne eigenes Vertriebsnetzwerk bzw. die Möglichkeit, sich mit seinem Produkt- bzw. Dienstleistungsangebot in die Komplettlösung zu integrieren.

Ein Partner hingegen ist ein Unternehmen mit mehr Einfluss und höherem Wertschöpfungsanteil im ökonomischen Netzwerk. Er liefert einen wesentlichen und spezifischen Wertbeitrag, beispielsweise durch eine bestimmte Kompetenz oder ein besonderes Produkt. Jedoch stehen auch diese Unternehmen im Wettbewerb und können ihre Partnerrolle nur durch bessere und innovativere Produkte im Vergleich zur Konkurrenz erhalten.

Eine Differenzierung vom Wettbewerb kann jedoch nicht nur über die Produkte und Dienstleistungen erfolgen. Partner können sich auch durch andere Kompetenzen differenzieren. Eine solche Kompetenz kann der Zugang zum Kunden sein. Hier spielt die Digitalisierung ebenfalls eine Rolle. Massendaten-Analysen, wie beispielsweise Verhaltens- oder Sozialanalysen, sind ein Instrument, Kundenwünsche zu identifizieren und ein darauf maßgeschneidertes Angebot zu entwickeln.

Der Orchestrator übernimmt die zentrale Koordination der verschiedenen Akteure und ihrer Wertbeiträge – eine Funktion, die in komplexen und vielschichtigen ökonomischen Netzwerken erforderlich ist. Neben der Erbringung der eigenen Leistung analysiert der Orchestrator sowohl die Kundenbedürfnisse als auch die kritischen Erfolgsfaktoren und gestaltet das Netzwerk so, dass es ein wettbewerbsfähiges Produkt anbietet. Dazu gehört auch die fortlaufende Bewertung der anderen Netzwerkteilnehmer wie Partner und Follower, um diese gegebenenfalls auszutauschen und eine bessere Gesamtleistung zu erzielen.

Auch wenn sich Aggregationsplattformen und ökonomische Netzwerke in ihrem Auftritt nach außen unterscheiden, lassen sich die drei beschriebenen Rollen am Beispiel einer Aggregationsplattform gut verdeutlichen: Follower sind die Anbieter, die Produkte auf der Plattform einstellen. Ein Partner ist beispielsweise Paypal als Anbieter eines Online-Zahlungssystems. Der Orchestrator ist der Anbieter der Handelsplattform wie zum Beispiel Amazon.

Unternehmen, die in diesen komplexen und dynamischen ökonomischen Netzwerken erfolgreich sein wollen, müssen entsprechende Netzwerkkompetenzen zeigen: eine Kombination aus Netzwerkbereitschaft und Netzwerkfähigkeit. Die Bereitschaft, als Teil eines Netzwerkes zu agieren, erfordert eine Kultur, die Raum für Kollaboration, Austausch und Innovation lässt. Dazu gehört die Fähigkeit, sich selbst und die eigene Arbeit in sich wandelnde Strukturen zu integrieren. Netzwerkfähigkeit ist eine Frage organisatorischer und technologischer Kompetenz. Sie erfordert digitale Fähigkeiten und Infrastrukturen. Netzwerkfähigkeit bedarf auch verlässlicher rechtlicher Rahmenbedingungen, beispielsweise in Hinblick auf den Datenschutz oder das Urheberrecht und ist auf einen flächendeckenden schnellen Zugang zum Internet und dessen (angriffs-)sichere Nutzung angewiesen (siehe Kapitel „Besondere Aspekte beim politischen Regulierungsrahmen der Digitalisierung“).[117]

Das Potenzial der Chemie in ökonomischen Netzwerken

Im Grundsatz bewegen sich Chemieunternehmen seit jeher in einem komplexen Umfeld. Sie administrieren komplexe Produktionsverbünde in Verbundstandorten oder Chemieparks, und haben es mit einer großen Anzahl verschiedener Lieferanten und Kunden in einem breiten Spektrum von Abnehmerindustrien zu tun. Dies legt nahe, dass grundsätzlich gute Voraussetzungen in Bezug auf Netzwerkbereitschaft und -fähigkeit vorliegen. Die Chancen, die digitale ökonomische Netzwerke bieten, werden von der Chemieindustrie jedoch noch nicht voll ausgeschöpft.[54] Zur besseren Erschließung dieser Chancen müssen Chemieunternehmen nicht nur die Dynamiken und das Entstehen ökonomischer Netzwerke frühzeitig erkennen, sondern auch die Rolle ihres Unternehmens in diesen Strukturen identifizieren und strategisch gestalten. Eine strategische Handlungsoption könnte die Verlagerung von einer reinen Materialproduktion hin zum Angebot von Systemlösungen sein[115], aber auch eine Erweiterung von B2B-Ansätzen in Richtung zu eher B2C-orientierten Geschäftsmodellen.

Beurteilungskriterien zur Rolle in ökonomischen Netzwerken

Die Chemieindustrie ist mit einer Vielfalt von Produkten und Dienstleistungen an der industriellen Wertschöpfung beteiligt. Folglich kann auch ihre Rolle in ökonomischen Netzwerken vielfältig sein. Die möglichen Rollen der Chemieunternehmen in verschiedenen sich neu bildenden ökonomischen Netzwerken können anhand von drei Faktoren bestimmt werden:

- die Möglichkeit der Chemieunternehmen, das Netzwerk zu beeinflussen
- die Eintrittswahrscheinlichkeit von digitalen Akteuren in das Netzwerk
- die Fähigkeit der Chemie, im Netzwerk Mehrwert zu schaffen

Die Möglichkeit der Chemieunternehmen, auf die Gestaltung und Zusammensetzung des ökonomischen Netzwerks Einfluss zu nehmen, bestimmt sich wesentlich aus der Käufer- und Zuliefererkonzentration sowie der Transparenz über die angebotenen Produkte und Dienstleistungen. Eine hohe Kunden- beziehungsweise Lieferantenkonzentration und der sich daraus ableitende große Einfluss dieser Akteure schränkt den Gestaltungsspielraum der Chemie ein. Die hohe Komplexität der chemisch-pharmazeutischen Produkte führt dazu, dass deren Vorteile nicht auf den ersten Blick ersichtlich sind und umfassend erklärt werden müssen. Dies erhöht die Fähigkeit der Chemie, Einfluss zu nehmen.

Die drei Faktoren zur Beurteilung der Rolle in ökonomischen Netzwerken

Fähigkeit zu beeinflussen
Käufer-Konzentration
Zulieferer-Konzentration
Produktkomplexität
Eintrittsbarrieren für Digitale Player
Industrie-Profitabilität
Gesetze & Regularien
Investment & Kapitalverfügbarkeit
Kundentreue
Zugang zum Vertrieb
Netzwerkeffekte
Fähigkeit, einen Mehrwert zu schaffen
Einfluss auf Kosten und Differenzierung
Reputation der Marke
Lösungserbringung
Operationelle Infrastruktur für das Ökosystem

Ein besonderer Aspekt bei der Bildung und Gestaltung von ökonomischen Netzwerken ist der Eintritt neuer, digitaler Unternehmen, die schnell und agil die Rolle des Orchestrators übernehmen. Folglich ist die Höhe der Eintrittsbarrieren für digitale Unternehmen ein signifikanter Faktor für den Handlungsspielraum der Chemieunternehmen. Die zu erwartende hohe Profitabilität eines entstehenden ökonomischen Netzwerks macht es zu einem überaus interessanten Ziel für (digitale) Wettbewerber. Dabei können hohe Investitionskosten, strenge Regularien und gut geschütztes geistiges Eigentum wie Patente und Produktions- bzw. Produkt-Know-how Eintrittsbarrieren darstellen. Auch eine enge Bindung der Kunden an etablierte Anbieter und Distributionskanäle erschwert den Zugang für neu eintretende Unternehmen. Digitale Handelsplattformen für Chemikalien wie z.B. MOLBASE haben jedoch gezeigt, dass neue Geschäftsmodelle durchaus von bisher in der Chemiebranche unbekannten digitalen Akteuren angenommen und die genannten Eintrittshürden überwunden werden können.

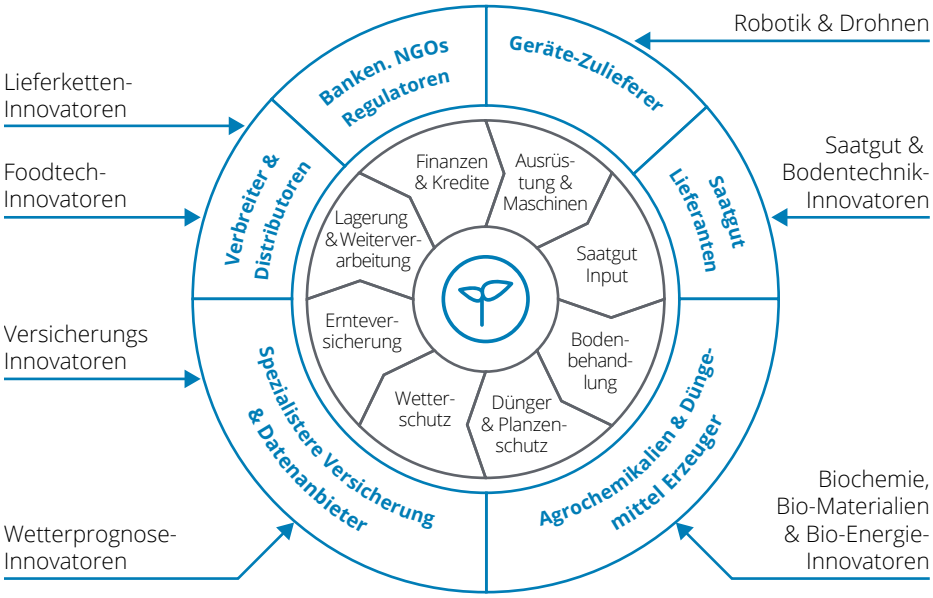
Der dritte Faktor, der den Handlungsspielraum der Chemie in ökonomischen Netzwerken bestimmt, ist die Fähigkeit, mit ihren Produkten und Services einen einzigartigen Mehrwert für das Netzwerk zu erbringen. Nur dann werden sich die Unternehmen als Orchestrator durchsetzen und andere Partner an sich binden können. Können die Produkte und Services der Chemie diesen Mehrwert für das Endprodukt (und damit für die anderen Partner) erbringen, erweitert sich ihr Handlungsspielraum. Der Mehrwert der Produkte und Services wird dabei auch durch „weiche" Faktoren, wie beispielsweise das Vertrauen der Kunden in ein Markenversprechen, bestimmt. Gerade im sensiblen Umfeld der Chemie kann das Vertrauen in Qualität und Sicherheit einen wichtigen Beitrag zur Akzeptanz des Angebotes eines ökonomischen Netzwerks leisten.

Die Analyse dieser drei Faktoren unter Berücksichtigung des Industriesegmentes und der individuellen Voraussetzungen des jeweiligen Unternehmens ermöglicht eine gute Indikation, in welchen ökonomischen Netzwerken Chemieunternehmen welche Rolle einnehmen können. Das ist jedoch keine statische Betrachtung: Die Rahmenbedingungen können aktiv verändert werden, wenn ein Unternehmen eine andere Rolle als die sich aus der Analyse ergebende als vorteilhafter ansehen sollte. Beispielsweise gaben 30% der von Deloitte 2016 befragten Führungskräfte der Chemie an, dass ihre Firmen aktiv in der Rolle des Orchestrators digitale ökonomische Netzwerke aufbauen und die Plattform besitzen wollen.[48]

Fallbeispiel Landwirtschaft
Die digitalisierte Landwirtschaft ist eines der am weitesten entwickelten ökonomischen Netzwerke. Etablierte Unternehmen wie Saatgutunternehmen, Dünge- und Pflanzenschutzmittel-Produzenten, Hersteller von Landmaschinen oder auch lebensmittelverarbeitende Unternehmen arbeiten mit neuen Akteuren wie den Anbietern von Software und Agrardaten sowie Herstellern von Drohnen zusammen, um dem Landwirt ein Gesamtpaket aus Produkten und Dienstleistungen zu bieten (siehe Abbildung). Die Digitalisierung spielt hier eine besondere Rolle, da Wetter-, Boden-, Pflanzen- und Maschinendaten nicht nur gesammelt und ausgewertet, sondern die Ergebnisse auch in Echtzeit etwa zur Optimierung der Düngung während des Düngevorganges angewandt werden müssen.

Um die mögliche Positionierung der Chemie in diesem Netzwerk beispielhaft zu bestimmen, werden die drei vorgenannten Faktoren nun im Einzelnen betrachtet.

Neues ökonomisches Netzwerk in der Landwirtschaft



Der erste Faktor befasst sich mit der Fähigkeit der chemischen Industrie, einen signifikanten Einfluss auf die Gestaltung und Zusammensetzung des ökonomischen Netzwerkes auszuüben. Die Kundenseite ist mit etwa 275.400 landwirtschaftlichen Betrieben in Deutschland in 2016 stark fragmentiert.[116] Zulieferer für die Agrarchemikalien-Hersteller sind oft global konsolidierte Produzenten von organischen Basischemikalien und Zwischenprodukten, deren Produkte standardisiert und damit austauschbar sind. Folglich ist die Zulieferer-Macht nicht besonders stark ausgeprägt. Die Produktkomplexität ist angesichts der Produkt- und Servicevielfalt und schwieriger Vergleichbarkeit höher als bei Standardprodukten.

Die Eintrittsbarrieren für neue digitale Unternehmen sind moderat bis hoch. So erschweren hohe Umweltstandards sowie Regularien der Lebensmittelbranche den Eintritt in das ökonomische Netzwerk. Zusätzlich bilden die hohe Kundentreue, besonders bei Agrarchemikalien und Landmaschinenherstellern eine Eintrittsbarriere für neue Unternehmen. Landwirte sind vielfach etablierten Marken in der Agrarchemie treu, da Agrarchemikalien, einschließlich Biologicals, signifikante Auswirkungen auf den Ernteertrag haben und diese zudem erst mit zeitlicher Verzögerung sichtbar werden, ein Wechsel also ein Risiko darstellt. Die Markentreue ist auch dann hoch, wenn die Investition eine signifikante Höhe erreicht und somit ein potenziell hohes Risiko darstellt, wie es beispielsweise bei Landmaschinen der Fall ist.

Die Hürden für neue Vertriebspartner liegen hoch, viele Landwirte bleiben etablierten Partnern treu. Der Landwirt erwartet Expertise von etablierten Distributoren und Händlern beim Kauf einer Landmaschine oder von Agrarchemikalien. Hersteller von Agrarchemikalien und Landmaschinen haben darüber hinaus eigene alternative Vertriebskanäle aufgebaut wie den Online-Direktvertrieb oder den integrierten Vertrieb durch umfassende Analysetools. Mehrere Agrarchemikalienhersteller haben eigene, neue Vertriebskonzepte mit Zusatzangeboten etabliert und setzen auf ihre Kompetenzen in der Anwendung. Diese

relativ umfassend ausgebaute digitale Vertriebsstruktur und die Anwendungskompetenz als Schlüsselfaktoren erschweren es neuen digitalen Unternehmen, sich als Aggregationsplattform zwischen dem Endkunden und den Netzwerkteilnehmern zu etablieren.

Die aktive Vernetzung der bereits in dem Ökosystem etablierten Unternehmen[117] sowie die Ausrichtung des Leistungsangebots an den neuen Bedürfnissen reduzieren die Geschäftschancen für neu eintretende Unternehmen weiter. Der Landmaschinenhersteller John Deere kooperiert beispielsweise mit mehreren Softwareanbietern und anderen Unternehmen aus der landwirtschaftlichen Industrie, um „MyJohnDeere" anzubieten. Landwirte können damit mobil und in Echtzeit die Leistung der Landmaschinen wie beispielsweise Sprühdruck, Auftragungs-Rate oder Grundgeschwindigkeit beobachten und anpassen. Zudem können sie auch auf Distributoren, Mitarbeiter oder Experten aus dem John-Deere-Netzwerk zugreifen.[118]

Auf der anderen Seite bieten die erwarteten Profitabilitäts-Zuwächse – und die damit tendenziell steigenden Margen der Zulieferer – neuen Firmen Anreize, die genannten Eintrittsbarrieren zu überwinden. Deutsche Landwirtschaftsbetriebe haben 2015 einen Produktionswert von 52 Milliarden Euro angebaut.[119] Durch Digitalisierung der Landwirtschaft, zum Beispiel mit Precision Farming, könnte der Umsatz der Landwirte um bis zu 18% gesteigert und die Einsatzkosten gleichzeitig um durchschnittlich 15% gesenkt werden.[120] Dieses Geschäftspotenzial ist auch von Kapitalgebern erkannt worden. So investierten Venture Capital Funds allein 2015/16 fast 8 Milliarden US-Dollar in AgTech.[121]

Der dritte Faktor, der den Handlungsspielraum der Anbieter definiert, ist die Fähigkeit, einen Mehrwert für das Netzwerk zu schaffen. Düngemittel, Pflanzenschutz und Pflanzensorten sind unabdingbar für den Landwirt. Der Einsatz von hochwertigen Pflanzenschutzmitteln steigert den Ertrag signifikant, indem sie der Pflanze helfen, ihr genetisches Ertragspotenzial besser ausschöpfen zu können. Dazu kommt die Innovationskraft etablierter Anbieter, die ihnen einen Wettbewerbsvorsprung im Pflanzenschutz ermöglicht. Die Analyse der oben genannten Einflussfaktoren legt nahe, dass die Chemieindustrie eine gute Ausgangsposition hat, sich in digitalen Netzwerken in der Landwirtschaft als Orchestrator zu positionieren.

Erfüllungsgrad der drei Faktoren aus Chemiesicht im ökonomischen Netzwerk Landwirtschaft

	Situation für Chemie
Fähigkeit in der Chemie zu beeinflussen	
Käufer-Konzentration aus Chemiesicht	Vorteilhaft
Zulieferer-Konzentration aus Chemiesicht	Neutral
Chemische Produktkomplexität	Neutral - Vorteilhaft
Zwischenbewertung	**Neutral - Vorteilhaft**
Eintrittsbarrieren für Digitale Player	
Industrie-Profitabilität	Nicht vorteilhaft
Gesetze & Regularien	Vorteilhaft
Investment & Kapitalverfügbarkeit	Neutral
Kundentreue	Vorteilhaft
Zugang zum Vertrieb	Neutral
Netzwerkeffekte	Vorteilhaft
Zwischenbewertung	**Neutral - Vorteilhaft**
Fähigkeit der Chemie, einen Mehrwert zu schaffen	
Einfluss auf Kosten und Differenzierung	Vorteilhaft
Reputation der Marke	Vorteilhaft
Lösungserbringung	Vorteilhaft
Operationelle Infrastruktur für das Ökosystem	Neutral
Zwischenbewertung	**Vorteilhaft**
Endbewertung Potenzial	**Orchestrator**

Fallbeispiel Additive Fertigung
Additive Fertigungsverfahren, auch 3D-Druck, erreichen Serienreife und werden sich vielfältig auf Produktion, Design und Lieferketten der verschiedensten Industrien auswirken (siehe Kapitel „Umfeldanalyse"). Wachstumschancen im 3D-Druck gibt es in neuen ökonomischen Netzwerken, in denen die bestehende Produktionsinfrastruktur etablierter Anbieter keinen Vorteil bietet.

Kundenseitig ist die Konzentration gering, da der 3D-Druck darauf abzielt, eine Vielzahl von Endkunden dezentral zu bedienen. Die chemische Produktkomplexität ist, zumindest zurzeit, als neutral bis vorteilhaft einzustufen. Daher ist auch hier, wie im vorherigen Beispiel, die Möglichkeit gegeben, die Zusammensetzung des Netzwerkes zu beeinflussen.

Die Eintrittsbarrieren für neue digitale Unternehmen sind allerdings niedrig, da zum einen durch die dezentrale Struktur die Investitionen gering sind, zum anderen aber der Anteil der digitalen Wertschöpfung hoch ist. So sind eine Vielzahl innovativer Start-ups in den Bereichen Hardwareherstellung sowie Entwicklung von Engineering Software tätig und bieten Servicedienstleistungen an.

Die Chemieunternehmen verfügen über die Fähigkeit, einen Mehrwert für das ökonomische Netzwerk zu schaffen, da sie ein umfassendes Materialportfolio und das Wissen über dessen Anwendung haben, innovationsstark sind und eine Kundenbasis über verschiedene Branchen hinweg bieten. Bei vielen Produkten erfordern die Produktionsanlagen hohe Investitionen. Dies gibt ihnen die Möglichkeit, additiv hergestellte Produkte für eine große Bandbreite an Applikationen anzubieten, wobei die Produktentwicklung mit ihren Kunden oder direkt mit Endproduktanbietern erfolgen kann (wie z.B. Reebok mit BASF[71] oder Henkel mit DUS Architects[72]).

Chemiefirmen können insbesondere mit ihrer Expertise in der Materialentwicklung und -verarbeitung die Rolle als Partner einnehmen, um in enger Kooperationen mit Hardware (Drucker-)Herstellern die Entwicklung der Drucker für ihre eigenen Materialien zu optimieren oder eigene Produktions-Plattformen aufzubauen. Hinsichtlich der Positionierung als Orchestrator in diesen Netzwerken stehen sie aber in starker Konkurrenz zu den anderen Netzwerkteilnehmern wie den Druckerherstellern selbst, den Anbietern von Drucksoftware oder den Betreibern von sogenannten Druckerfarmen.

Erfüllungsgrad der drei Faktoren aus Chemiesicht in den ökonomischen Netzwerken Additive Fertigung

	Situation für Chemie
Fähigkeit in der Chemie zu beeinflussen	
Käufer-Konzentration aus Chemiesicht	Vorteilhaft
Zulieferer-Konzentration aus Chemiesicht	Neutral
Chemische Produktkomplexität	Neutral - Vorteilhaft
Zwischenbewertung	**Neutral - Vorteilhaft**
Eintrittsbarrieren für Digitale Player	
Industrie-Profitabilität	Neutral
Gesetze & Regularien	Neutral
Investment & Kapitalverfügbarkeit	Nicht Vorteilhaft
Kundentreue	Neutral
Zugang zum Vertrieb	Nicht vorteilhaft
Netzwerkeffekte	Vorteilhaft
Zwischenbewertung	**NIcht vorteilhaft**
Fähigkeit der Chemie, einen Mehrwert zu schaffen	
Einfluss auf Kosten und Differenzierung	Vorteilhaft
Reputation der Marke	Vorteilhaft
Lösungserbringung	Vorteilhaft
Operationelle Infrastruktur für das Ökosystem	Nicht vorteilhaft
Zwischenbewertung	**Vorteilhaft**
Endbewertung Potenzial	**Partner - Orchestrator**

Zwischenfazit

Beide Beispiele zeigen, dass die Chemie mit ihrem Portfolio und ihren Kompetenzen gute Voraussetzungen hat, sich in den neuen ökonomischen Netzwerken zu positionieren. Dies erfordert Netzwerkbereitschaft und -fähigkeit mit kontinuierlichem Ausbau der digitalen Fähigkeiten sowie der Bereitschaft, sich für weitere Partnerschaften zu öffnen.

Die Chemie kann durch ihre innovativen Produkte und Dienstleistungen einen signifikanten Beitrag leisten und durch die Entwicklung neuer digitaler und zirkulärer Geschäftsmodelle den Aufbau von ökonomischen Netzwerken vorantreiben. Damit können ökonomische Netzwerke ein wichtiger Baustein des künftigen profitablen Wachstums der Chemie und Pharmazie in Deutschland werden. Dies eröffnet neue Chancen der Kooperation insbesondere auch für kleine und mittelständische Unternehmen.

Die Chemie kann durch ihre innovativen Produkte und Dienstleistungen einen signifikanten Beitrag zur Entwicklung neuer digitaler und zirkulärer Geschäftsmodelle leisten und den Aufbau von ökonomischen Netzwerken vorantreiben.

Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Die vorliegende Studie zeigt, dass sich die deutsche chemische Industrie tiefgreifenden technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Veränderungen zu stellen hat.

Das derzeitige Portfolio von Produkten und Dienstleistungen muss hinterfragt und Geschäftsmodelle müssen angepasst werden. Die chemische Industrie sollte den begonnenen Transformationsprozess weiterführen und beschleunigen: als Branche insgesamt und auf Unternehmensebene. Die Politik ist gefragt, diese Anstrengungen industriepolitisch zu flankieren und global wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen für die Chemieindustrie in Deutschland zu schaffen. Nur so kann die Chemie als eine industrielle Kernbranche ihren Beitrag zum langfristigen Erhalt und zur Stärkung des Industriestandortes Deutschland leisten.

Die nachstehende Übersicht benennt die wichtigsten Veränderungsfelder und umreißt zunächst die Handlungsempfehlungen an Chemieunternehmen und ihre Verbände. Anschließend werden die Handlungsempfehlungen an die Politik adressiert, sowohl übergreifend als auch im Detail in Bezug auf die beiden Kernthemen Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft.

Anforderungen an die Unternehmen und Verbände

Digitale und zirkuläre Geschäftsmodelle erfordern technische Kompetenz und Netzwerkkompetenz. Hier verfügt die Chemieindustrie über ein gutes Fundament, das aber erweitert und angepasst werden muss, um noch vorhandene Barrieren zu überwinden und Wachstumschancen voll auszuschöpfen. Diese Veränderungen sind risikoreich und erfordern hohe und zielgenaue Investitionen in Bildung, Sachkapital und Software. Darüber hinaus sollten sich Unternehmenskulturen wandeln, um z.B. Start-up-Nischen in etablierten Organisationsstrukturen zu schaffen, Kooperation mit externen Partnern zu erweitern, ggf. Plattformen aufzubauen und adäquate Entscheidungs- und Steuerungssysteme zu etablieren. All das erfordert unternehmerischen Mut und Risikobereitschaft, aber auch finanzielle Spielräume und Durchhaltevermögen.

Die diesbezüglichen Handlungsempfehlungen für die Chemie- und Pharmaunternehmen wurden in vier Kategorien eingeteilt. Diese zeigen die wichtigsten Bausteine der Veränderung: Strategie ausrichten, Unternehmenskultur transformieren, Ressourcen ausbauen und Chancen nutzen. Doch nicht nur die Unternehmen selbst, sondern auch die Verbände und Sozialpartner der Chemieindustrie können diese Transformation unterstützen und werden daher in den Handlungsempfehlungen explizit angesprochen.

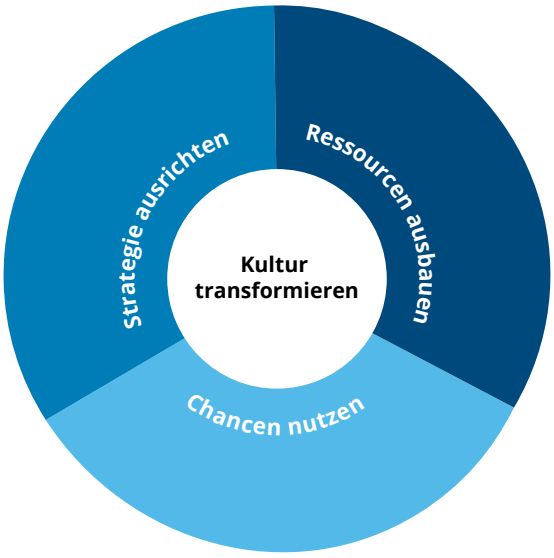
Handlungsempfehlungen für die Unternehmen und Verbände

Strategie ausrichten

- Disruptionen antizipieren
- Digitale und zirkuläre Wirtschaft in der Unternehmensstrategie verankern
- Bewertungskriterien ergänzen

Chancen nutzen

- Frei gestalten
- Ökonomische Netzwerke nutzen
- Kooperationen und Plattformen ausbauen
- Neue Beteilungskonzepte entwickeln



Ressourcen ausbauen

- Unternehmensstruktur
- Kompetenzen
- Investitionen

Kultur transformieren

- Transparent und offen
- Agil und fehlertolerant
- Kollaborativ und kommunikativ
- Multi-modal agieren

Strategie ausrichten
Für die Zukunftsfähigkeit der Unternehmen ist es wichtig, dass sie technologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Disruptionen frühzeitig erkennen und hinsichtlich der Chancen und Risiken für ihr Geschäft analysieren. Verbände können die Unternehmen hierbei durch Informationsaustausch unterstützen. Auf dieser Basis können die Firmen eine ganzheitliche Strategie definieren, Lösungsangebote entwickeln und sich bietende Chancen nutzen. Unternehmen müssen Digitalisierung, zirkuläre Wirtschaft und Innovation als Bestandteil nicht nur der Nachhaltigkeits-, sondern der Unternehmensstrategie insgesamt definieren. Wie gezeigt, sollten dabei Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft auch in Hinblick auf ihre Synergiemöglichkeiten betrachtet werden.

Abgeleitet aus der Strategie sind im nächsten Schritt detaillierte Ziele mit klaren, quantifizierten Vorgaben zu ermitteln und in die Organisation zu kommunizieren. Für eine nachhaltige Verankerung von Digitalisierung und zirkulärer Wirtschaft müssen beide Themen von der Vorstandsebene aus strategisch verankert und gesteuert werden.

Klassische betriebswirtschaftliche Erfolgsparameter gilt es um neue Bewertungskriterien zu ergänzen. Diese sollten die Eigenschaften neuer Produktions- und Wertschöpfungsstrukturen (höhere Flexibilität, kleinere Losgrößen/Trend zur Personalisierung, Bewertung von bestehenden und neu generierten Daten) berücksichtigen.

Unternehmenskultur transformieren
Neben der Definition der strategischen Zielsetzung ist es wichtig, die Unternehmenskultur auf die neuen Anforderungen einzustellen. Die erfolgreiche Entwicklung und Skalierung neuer Geschäftsmodelle für Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft, gerade auch an der Schnittstelle zwischen beiden Feldern, erfordern Unternehmenskulturen mit Start-up-Charakter.

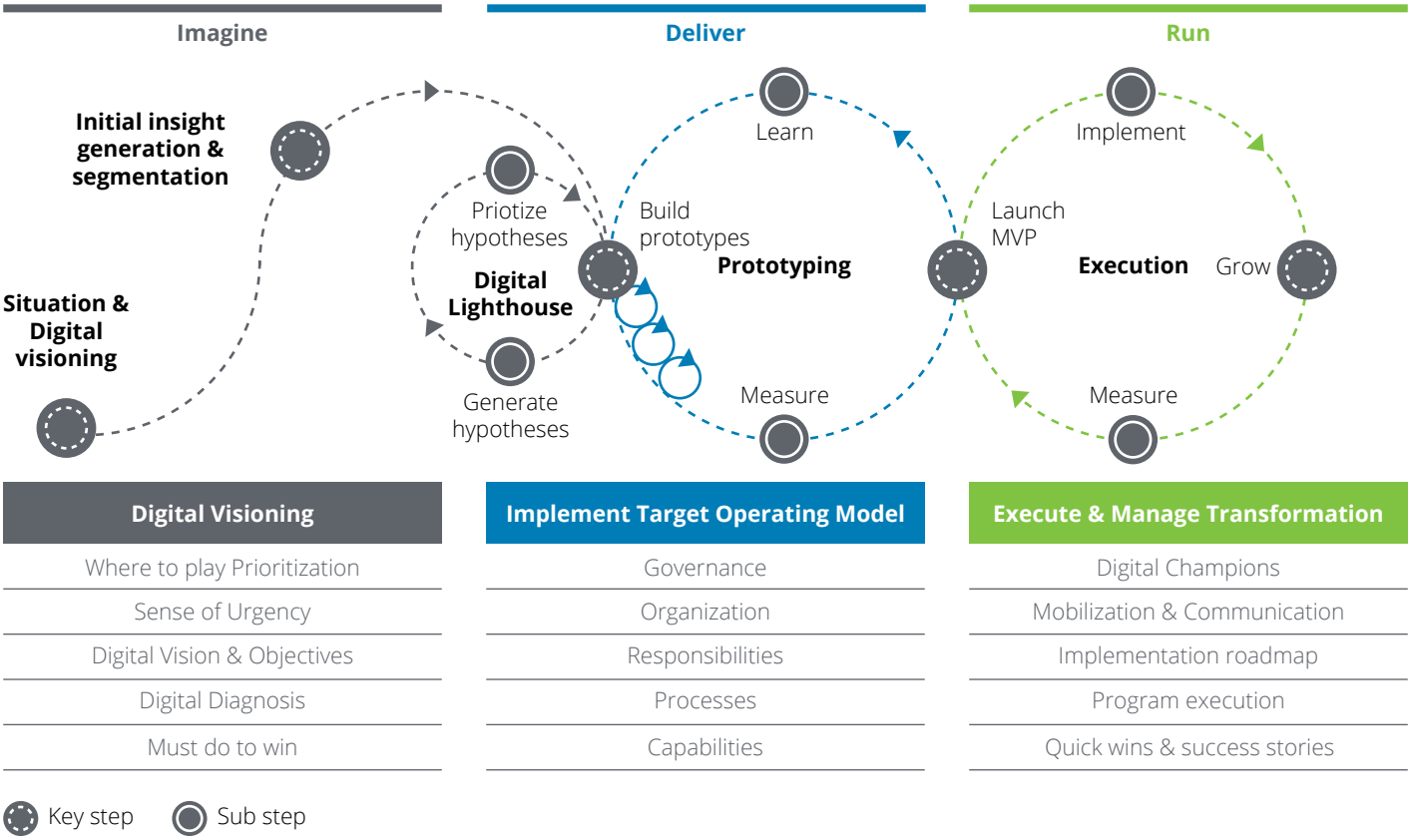
Wichtige Bausteine sind dafür Transparenz und Offenheit, Agilität und Toleranz sowie eine Kultur der Kooperation und Kommunikation auch über Unternehmensgrenzen hinaus. Gerade die Digitalisierung wird zu oft „nur" als technologische Herausforderung eingestuft. Dabei wird übersehen, dass sie durch einen Wandel der Unternehmenskultur begleitet werden muss.[122]

- Transparenz und Offenheit: Um digitale Geschäftsmodelle erfolgreich umsetzen zu können, ist zuerst eine transparente und offene Unternehmenskultur gefordert. Zwei Aspekte sind dabei wichtig. Zum einen eine Führungskultur, die durch Motivation und Moderation geprägt ist und in der Führungskräfte mehr steuernde als kontrollierende Aufgaben wahrnehmen. Zum anderen erfordern digitale Geschäftsmodelle mit ihrer Flexibilität und ihren dynamischen Veränderungen, dass Abläufe und Strukturen ständig hinterfragt und angepasst werden. In einem solchen Umfeld müssen Mitarbeiter selbstständiger und flexibler arbeiten und zudem mehr Verantwortung übernehmen. Studien haben gezeigt, dass der letztgenannte Aspekt für die Mitarbeiter von hoher Bedeutung ist.[127]

- Agilität und Fehlertoleranz: Die Schnelllebigkeit des digitalen Zeitalters erfordert schnelle Antworten von Unternehmen. Innovationszyklen werden kürzer, und neue Produkte und Geschäftsmodelle müssen zeitnah implementiert werden. Dies setzt eine Kultur der Fehlertoleranz[49] und hohe Agilität voraus. Unternehmen müssen noch stärker als bisher akzeptieren, dass innovative Ideen auch scheitern können. Neben dem etablierten Konzept der detaillierten Abwägung von Chancen und Risiken kommen auch „Trial-and-error"-Ansätze und neue Konzepte (siehe Beispiel „Deloitte Agile Digital Transformation-Konzept" weiter unten) zur Anwendung. Höhere Agilität ist integraler Bestandteil einer Organisationsentwicklung, die das Ziel hat, auf sich wandelnde Anforderungen schnell mit veränderten Betriebs- und Geschäftsmodellen zu reagieren. Hier besteht Nachholbedarf: 55% der 2016 von Deloitte befragten Führungskräfte in der Chemie haben mangelnde Agilität in der Organisation als wichtige Barriere zur Umsetzung der digitalen Wirtschaft benannt.[48]

- Kooperation und Kommunikation: Die Digitalisierung und die damit verbundenen Veränderungen in der Führungskultur sowie der Arbeitsweise bei der Umsetzung von agilen digitalen Geschäftsmodellen erfordern eine neue Qualität der Kooperation und Kommunikation – extern wie intern. Einerseits müssen zur besseren Einbeziehung von Stakeholdern neue Beteiligungskonzepte entwickelt und eingesetzt werden. Andererseits gewinnt die Arbeit in projektorientierten Teams an Bedeutung. Technologien wie Videokonferenzen sind seit langem etabliert, werden aber durch neue Formen des Informationsaustausches, wie interne Wissensnetzwerke, ergänzt. Sie dienen nicht nur dem schnellen Informationsaustausch im Team, sondern auch der Motivation der Mitarbeiter. Die Bedeutung spiegelt sich auch in Umfragen wieder: Jede fünfte Führungskraft sieht den Mangel an kooperativer, das unternehmerische Tun fördernder Kultur als eine der drei wichtigsten Herausforderungen an, um digitale Initiativen erfolgreich umzusetzen.[48]

Deloitte Agile Digital Transformation Methode



Das „Deloitte Agile Digital Transformation-Konzept" stellt ein Beispiel für einen agilen Kreislauf dar, in dem Ideen schnell in Prototypen übersetzt, diese im Kleinen erprobt und aus den Resultaten und Fehlern gelernt werden kann (siehe Abbildung).

Das Konzept besteht aus drei Stufen: In der ersten Stufe „Imagine" wird zunächst eine digitale Vision entwickelt und aus der Kundensicht unter Berücksichtigung dieser digitalen Vision hypothesenhaft eine Produkt- oder Dienstleistungsidee abgeleitet. In der zweiten Stufe „Deliver" werden funktionenübergreifende Teams gebildet, die die Voraussetzungen zur Umsetzung definieren und den Prototyp erstellen. Die kontinuierliche Prüfung der Ergebnisse darauf hin, ob Kundenerwartung und -erfahrung getroffen werden, ist ein integraler Bestandteil des Konzepts.

In der dritten Stufe „Run" wird ein erstes marktfähiges Produkt („Minimal Viable Product", MVP) auf den Markt gebracht und in der Anwendung optimiert.

- Multi-modal agieren: Der Unterschied zwischen den heutigen Geschäfts- und Betriebsmodellen der Chemie und innovativen digitalen oder zirkulären Modellen ist häufig gravierend. Firmen müssen sicherstellen, dass Prozesse und Kultur des Kerngeschäfts diese neuen Lösungen nicht verlangsamen, auf der anderen Seite aber die bisherigen Erfolgsfaktoren nicht vernachlässigt werden. Unternehmen sollten daher die Skalierung von Geschäftsmodellen ermöglichen, die auch gegen das Kerngeschäft gerichtet sein können („gesteuerte Kannibalisierung"). Firmen müssen dieses Spannungsfeld in der operativen Geschäftstätigkeit bewältigen und Strukturen schaffen, um parallel in verschiedenen Modellen operieren zu können.

Die Verbände der chemischen Industrie unterstützen ihre Unternehmen dabei am besten, indem sie Kriterienkataloge (Best-Practice-Analysen, Toolboxen, Leitfäden) entwickeln, um zirkuläre und digitale Geschäftsmodelle adäquat zu bewerten und im Unternehmen abbilden zu können. Der Chemie[3]-Nachhaltigkeitscheck ist ein gutes Beispiel dafür.

Ressourcen ausbauen

Die zunehmende Digitalisierung und die Einführung von zirkulären Wirtschaftsmodellen erfordern und ermöglichen eine Erweiterung des Angebotsspektrums der Chemie- und Pharmaunternehmen. Diese Produkte und Dienstleistungen verlangen zusätzliche Kompetenzen für diese Betriebs- und Geschäftsmodelle.

- Unternehmensstruktur: Unternehmen müssen ihre Organisationsstrukturen anpassen, um die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle zu erleichtern. Dies kann ermöglicht werden durch separate Innovationseinheiten oder durch Intrapreneurship-Konzepte, bei denen Mitarbeiter als Unternehmer agieren, beispielsweise in unternehmensinternen Inkubatoren.

- Kompetenzen: Bildung, Recruiting, Arbeiten 4.0, Cyber Security – neue Geschäftsmodelle der Chemie erfordern ein Gesamtangebot, das Produkte und Dienstleistungen beinhaltet, die zum Teil außerhalb der Kernkompetenzen der Chemie liegen. Dies wird dazu führen, dass bestimmten Mitarbeitergruppen erweiterte Fähigkeiten abverlangt werden. Diese Kenntnisse müssen in der Chemie zukünftig verstärkt ausgebaut werden. Geeignete Fachkräfte mit Digitalkompetenz zu finden, stellt aber heute schon eine große Herausforderung für Chemie- und Pharmaunternehmen dar.[123] 75% der vom Handelsblatt befragten Führungskräfte in der Chemie befürchten in den kommenden zehn Jahren einen Fachkräftemangel in Hinblick auf die Digitalisierung.[121]

Kontinuierliche Bildungs- und Marketinginitiativen der Chemie sind daher notwendig, um Mitarbeiter zu gewinnen sowie aus- und weiterzubilden. Dies wird dazu beitragen, die Chemie auch in Zukunft als attraktiven Arbeitgeber für Talente zu positionieren. Ein weiterer

Erfolgsfaktor für die Nutzung der sich bietenden Potenziale ist die bedarfs- und zielgruppengerechte Vermittlung von digitalen Kompetenzen in der beruflichen und akademischen Bildung. Komplexe Datenanalysen beispielsweise sind ein Themenfeld, denen sich Hochschulen in ihren Curricula verstärkt widmen müssen. Darüber hinaus sind Universitäten verstärkt gefordert, sich für berufsbegleitende Weiterbildungsangebote zu öffnen. Neben digitalem Know-how spielen auch Selbstmanagement- und Sozialkompetenzen eine entscheidende Rolle. Diese Qualifikationen sollten schnell aufgebaut und vermittelt werden, um die Mitarbeiter mitzunehmen und eventuelle Ängste und Vorbehalte zu berücksichtigen. Zur Bewältigung der Herausforderungen der Digitalisierung in der Arbeitswelt sollte die Chemie den sozialpartnerschaftlichen Dialog WORK@industry4.0 fortsetzen, mit dem sie ein gemeinsames Verständnis der Herausforderungen sowie Handlungsempfehlungen für die Gestaltung der künftigen Arbeitswelt in der chemischen Industrie entwickelt.

Die zunehmende Vernetzung in der Produktion, von Produkten und Dienstleistungen sowie mit Partnern, vor allem in ökonomischen Netzwerken, erhöht das Risiko, dass Daten durch Hackerangriffe beeinflusst werden können. Chemieunternehmen müssen sich daher intensiv mit dem Thema Cyber-Security beschäftigen und mit ihren Partnern die Sicherheit des gesamten Systems als gemeinsames Schutzziel definieren.

- Investitionen: Diese Veränderungen erfordern zusätzliche Investitionen in Aus- und Weiterbildung, Sachkapital und Software. Chemiefirmen müssen der Digitalisierung und der zirkulären Wirtschaft Budgets klar zuordnen. Neue Geschäftsmodelle in der digitalen und zirkulären Wirtschaft erfordern unter Umständen lange Anlaufzeiten bis sich die erwarteten Geschäftserfolge einstellen. Entsprechende Anlaufkosten müssen, gegebenenfalls über einen längeren Zeitraum, finanziert werden. Interne und externe Stakeholder (Anteilseigner) müssen von der Notwendigkeit entsprechender Investitionen nachhaltig überzeugt werden.

Die Chemieindustrie hat eine gute Startposition. Sie muss ihre Kompetenzen und Strukturen aber erweitern und anpassen, um Wachstumschancen voll auszuschöpfen.

Chancen nutzen
Unternehmen haben erkannt, dass Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft die Chemie in vielen Geschäftsfeldern fundamental verändern werden. Die in dieser Studie beschriebenen Umfeldtrends sorgen für disruptive Veränderungen. Neue Wettbewerber etablieren sich in neuen Geschäftsmodellen und ökonomischen Netzwerken. Die Chemieindustrie ist gefordert, diese Veränderungen aktiv zu gestalten und für sich zu nutzen. Dabei sind die folgenden vier Themen von besonderer Bedeutung:

- Frei gestalten: Um innovative und wettbewerbsfähige Lösungen für ihre Kunden zu entwickeln, müssen Unternehmen die Anforderungen des Kunden in den Mittelpunkt stellen - unbeeinflusst von bekannten Produkten und Dienstleistungen. Digitalisierung und zirkuläre Wirtschaft bieten neue, noch nicht etablierte Optionen, die identifiziert, entwickelt und bewertet werden müssen. Zur Ideenfindung sind strukturierte Methoden zur Innovation wie beispielsweise die „Ten Types of Innovation“[124] hilfreich. Auch bei der Gestaltung des Geschäftsmodells sind die Unternehmen gefordert, sich von bestehenden Strukturen und Assets zu lösen und neue Aspekte der digitalen und zirkulären Geschäftsmodelle zu nutzen. Die Business Model Canvas Methode[125] beispielsweise bietet hier einen möglichen Definitionsrahmen.

- Ökonomische Netzwerke nutzen: Die Unternehmen der Chemieindustrie operieren bereits in komplexen Wertschöpfungsketten. Die künftig immer wichtiger werdenden ökonomischen Netzwerke verlangen jedoch eine darüber hinaus gehende Vernetzung von Akteuren aus verschiedenen Branchen, Universitäten und Forschungsinstituten und bisweilen auch mit den Kunden. Damit weisen ökonomische Netzwerke eine hohe Komplexität auf und erfordern eine offene Kooperations- und Innovationskultur mit Partnern unterschiedlicher Herkunft und Größe. Geschäftsmodelle, die von Netzwerken erbracht werden, bedürfen umfassender Analysen der Anreizstrukturen, Wertbeiträge und Vergütungsstrukturen. Für die Chemieunternehmen bedeutet das, eigenständig ihre Chancen in entstehenden ökonomischen Netzwerken zu identifizieren und ihre Rolle zu bestimmen.

  Die Verbände der Chemie können dabei, beispielsweise in Form einer zu entwickelnden „Toolbox ökonomische Netzwerke“, Hilfestellung leisten. In diesem Zusammenhang sollte auch ein stärkeres Augenmerk auf die Förderung von Start-ups der Chemie, Pharmazie und Biotechnologie bzw. Life Sciences gerichtet werden, etwa durch eigenes Corporate Venture Capital.

- Kooperationen und Plattformen aufbauen: Digitale und zirkuläre Geschäftsmodelle erfordern weitreichende Kooperationen innerhalb der chemischen Industrie, aber auch über Industriegrenzen hinaus. Die chemische Industrie kann über ihre Verbände den Aufbau von Plattformen zum Wissensaustausch

und zur Anbahnung von Partnerschaften (innerhalb der Industrie) fördern, sich als offener und attraktiver Partner für Start-ups und Technologiefirmen positionieren und Forschungskooperationen ausbauen.

- Neue Beteiligungskonzepte entwickeln: Die Geschwindigkeit und Komplexität der Veränderungen kann schnell zur Ablehnung von Innovationen führen. Über eine verstärkte Kommunikation hinaus, sollten die Verbände und Unternehmen ihre Innovationsentwicklung auch für eine stärkere Beteiligung von Politik und weiteren gesellschaftlichen Interessengruppen öffnen. Das für den Erfolg in der Digitalisierung erforderliche Netzwerk-Denken und -Handeln sollte sich auch auf die Zusammenarbeit mit gesellschaftlichen Stakeholdern beziehen. Die Verbände können hierfür zusammen mit Unternehmen neue Beteiligungsansätze entwickeln. Die Nachhaltigkeitsinitiative Chemie[3] ist ein gutes Beispiel für diese Art von Beteiligungskonzept.

Digitale und zirkuläre Geschäftsmodelle erfordern weitreichende Kooperationen und ökonomische Netzwerke innerhalb der chemischen Industrie, aber auch über Industriegrenzen hinaus.

Besondere Aspekte beim politischen Regulierungsrahmen der Digitalisierung

- Digitale Bildung fördern: Die bedarfs- und zielgruppengerechte Vermittlung von digitalen Kompetenzen in der beruflichen und akademischen Bildung ist ein Erfolgsfaktor für die deutsche Wirtschaft. Die Politik kann diesen Wissensaufbau unterstützen, indem sie die geeigneten Rahmenbedingungen und Infrastrukturen schafft, um digitales Know-how an Schulen und Hochschulen zu vermitteln. Universitäten sind ebenfalls gefordert, sich für berufsbegleitende Weiterbildungsangebote zu öffnen. Neben der Vermittlung digitaler Kompetenzen sollten auch die MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) im deutschen Bildungssystem weiter gestärkt werden.

- Herausforderungen sozialpartnerschaftlich lösen: Zur Bewältigung der Herausforderungen der Digitalisierung in der Arbeitswelt sollten sozialpartnerschaftliche Vereinbarungen angestrebt werden. Dies sollte Vorrang vor neuen gesetzlichen Regelungen haben. In diesem Sinne haben die Chemie-Sozialpartner den Dialogprozess WORK@industry4.0 ins Leben gerufen, mit dem sie ein gemeinsames Verständnis der Herausforderungen sowie Handlungsempfehlungen für die Gestaltung der künftigen Arbeitswelt in der chemisch-pharmazeutischen Industrie entwickeln wollen.

- Technische Infrastruktur ausbauen: Die deutsche Wirtschaft braucht ein digitales Netz, das schnell und stabil ist, um flächendeckend Unternehmen, Lieferanten, Kunden und Mitarbeiter zu verbinden. Der Breitbandausbau muss Fahrt aufnehmen. Die Infrastruktur für die Telekommunikation muss bis 2025 flächendeckend ausgebaut werden, die nächste Mobilfunkgeneration 5G sollte möglichst schnell implementiert werden. Andere Länder investieren weitaus mehr in ihre Telekommunikationstechnologie: Wenn Deutschland sein Tempo nicht steigert, drohe es weiter zurückzufallen, so das Urteil des IMD World Competitiveness Centers in Lausanne im Mai 2017.[126]

- Institutionelle Infrastruktur ausbauen: Der technische Infrastrukturausbau sollte vom Aufbau eines leistungsfähigen Sicherheitsnetzwerks zwischen Behörden, Unternehmen und Forschung in Deutschland und Europa begleitet werden. Dieses muss die erforderlichen Beratungs- und Dienstleistungen bei Verschlüsselungs- und anderen Sicherheitstechnologien bereitstellen und auch für Sicherheit an der Schnittstelle zwischen Informationstechnologie und Produktionsanlagen sorgen. Cyber- und IT-Sicherheit muss daher ein Schwerpunkt der deutschen Hightech-Strategie sein.

  Auch die Behörden müssen dabei den erforderlichen Sicherheitsstandards genügen. Diese Anstrengungen sollten durch einen schnellen und sicheren Ausbau des E-Government flankiert werden, beispielsweise im Bereich der elektronischen Antragstellung: Es sind zügig alle Unterschriftsfelder auf Formularen abzuschaffen, bei denen kein gesetzliches Schrifterfordernis gegeben ist. Leuchtturmprojekte für E-Government-Anwendungen an ausgewählten öffentlichen Einrichtungen können diesen Prozess unterstützen.

- Personendatenschutz mit Innovationsnutzen vereinbaren: Der mündige Bürger sollte Maßstab für den datenschutzrechtlichen Regulierungsrahmen sein. Es ist zu prüfen, inwieweit datenschutzrechtliche Bestimmungen die Entwicklung endkundenorientierter individualisierter Geschäftsmodelle hemmen können und Anpassungen des Datenschutzrechts möglich und erforderlich sind. Harmonisierte europäische Ansätze und Vereinbarungen, die den internationalen Datenaustausch sicher ermöglichen, sind wünschenswert. In diesem Zusammenhang sind die nationalen Lokalisierungspflichten in der EU daraufhin zu überprüfen, ob sie der Implementierung des „free flow of data"-Prinzips entgegenstehen können.

- Maschinen- und Unternehmensdaten nutzbar machen sowie IPR (Intellectual Property Rights) und Know-how-Schutz gewährleisten: Maschinendaten müssen so nutzbar sein, dass Innovationen bei der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen nicht behindert werden. Hierbei sind vertragliche Vereinbarungen für die Datennutzung und den sicheren Umgang mit Daten gesetzlichen (Eigentums-)Regelungen vorzuziehen. Die Industrie sollte Wege aufzeigen, wie die Frage nach dem Dateneigentum erfolgreich gelöst werden kann, und diese der Politik an die Hand geben. Zum Schutz von Unternehmensdaten, Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen ist die zügige Umsetzung der Trade Secrets Richtlinie

(EU) 2016/943 in nationales Recht zu gewährleisten. Offenlegungspflichten von Unternehmensdaten dürfen nicht zu Lasten der Sicherheit gehen und müssen daher entsprechend eingeschränkt werden. Zudem sollten im Kampf gegen die Produkt- und Markenpiraterie und zur Stärkung der geistigen Eigentumsrechte (IPR) die derzeit geltenden Haftungsprivilegierungen für Plattformbetreiber überdacht werden.

- Kooperationen und unbürokratischen Aufbau von Plattformen fördern: Netzwerke, Kooperationen und die Stärkung der Zusammenarbeit von Industrie und Wissenschaft über Verbundprojekte und Netzwerke tragen einem zunehmend dynamischen Geschäftsumfeld Rechnung. Dies ist insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen von hoher Bedeutung. Die öffentliche Hand sollte den Aufbau der erforderlichen Netzwerkstrukturen, die Etablierung industrieübergreifender Plattformen und Innovationscluster für den Wissensaustausch unterstützen. Wichtig ist hier die gleichmäßige Berücksichtigung aller Branchen, um alle Synergien möglichst umfassend zu erkennen und auszuschöpfen.

- Dialog zu Notwendigkeit und Perspektiven der Digitalisierung: Politik sollte Ängste über Veränderungen durch Digitalisierung ernst nehmen und Bürgerdialoge initiieren, ergänzt durch Online-Foren und begleitende Medienarbeit zum Thema Digitalisierung. Dabei ist es wichtig aufzuzeigen, dass Digitalisierung zwar einen steten Veränderungs- bzw. Anpassungsprozess bedeutet, aber die gesamtwirtschaftliche Produktivität erhöhen, ein eigenbestimmteres Leben fördern und ein nachhaltigeres Leben ermöglichen kann. Hier sollte auch ein Bezug zu den demografischen Problemen Deutschlands hergestellt werden: Digitalisierung ist ein wichtiger Baustein, um die ökonomischen Probleme der Bevölkerungsalterung in Deutschland zu bewältigen. Neue behördliche Aufgreifbefugnisse im Bereich des Lauterkeits- und AGB-Rechts sind im Bereich des Verbraucherschutzes indes nicht erforderlich.

- Offene Grenzen in der digitalen Welt: Die digitale Welt ist global vernetzt. Europas digitale Wirtschaft muss gestärkt werden, europäische Ansätze und Harmonisierung innerhalb Europas sind daher notwendig. Aber auch darüber hinaus ist ein internationaler Rahmen wünschenswert. Nationale oder europäische Alleingänge in Richtung einer digitalen technologischen Souveränität sind dafür ungeeignete Ansätze; digitale Souveränität für Europa darf weder zu Abschottung und Sonderwegen noch zu Anreizen führen, unterlegene Technologien zu nutzen.

Besondere Aspekte beim politischen Regulierungsrahmen der zirkulären Wirtschaft

- Zirkuläre Wirtschaft als ganzheitlichen und offenen Ansatz verstehen: Der Begriff der zirkulären Wirtschaft darf, entsprechend der in dieser Studie verwendeten Abgrenzung, nicht auf werkstoffliches Recycling verengt werden, sondern umfasst Effizienzgewinne auf jeder Stufe der Wertschöpfung und im gesamten Produktlebenszyklus, beginnend bei der Grundstoffproduktion über die weiteren Veredelungsstufen bis hin zur Nutzenphase der (End-)Produkte. Abfallvermeidung durch Mehrfachnutzung, höhere Effizienz durch die Nutzung von Nebenprodukten und Abfällen als Rohstoff, energetische Verwertung von Abfällen, Nutzung nachwachsender Rohstoffe als CO_2-Kreislauf und Nutzung von CO_2 als Rohstoff, Feedstock-Recycling: Sie alle stellen Optionen für die Entwicklung weg von der Beseitigung und hin zu einer effizienten Ressourcennutzung durch effektive Verwertung dar. Dabei sind technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit essenzielle Voraussetzungen. Für die (End-)Produkte kommt hinzu, dass diese ihren Effizienzbeitrag im Wesentlichen in der Nutzenphase leisten, so etwa bei der energieeffizienten Gebäudeisolierung und dem Automobilleichtbau.

- Nachhaltigkeit anstreben: Der Bedarf der Kunden hinsichtlich Kosten, Qualität, Nutzen und Nachhaltigkeit eines Produktes muss erfüllt werden. Der Fokus allein auf die Recyclingfähigkeit eines Produktes reicht nicht aus. Zirkuläre Ansätze sollten nicht ausschließlich einem eindimensionalen „Design for Recycling"-Ansatz, sondern einem „Design for Sustainability"-Gedanken folgen, der auch die Aspekte „Design for Performance" und Möglichkeiten des Einsatzes von Sekundärrohstoffen in der Produktentwicklung beinhaltet.

  Eine pauschal auf das werkstoffliche Recycling gerichtete Werkstoffgestaltung kann kontraproduktiv für die Entwicklung innovativer Materialien wie z.B. moderne Verbundwerkstoffe sein. Diese sind zwar nicht immer optimal zu recyceln, haben aber wichtige Eigenschaften, z.B. für Ressourceneffizienz und für den Klimaschutz. Es gilt daher, den gesamten Lebenszyklus eines Produktes ins Zentrum der Nachhaltigkeitsbewertung zu stellen statt allein die Recyclingfähigkeit an dessen Ende.

- Besser regulieren: Abfallzusammensetzung muss über den nachhaltigsten Entsorgungsweg entscheiden: In der Abfallgesetzgebung sollte der Fokus nicht einseitig und undifferenziert auf der werkstofflichen Verwertung von Abfällen (Recycling) liegen. Für das Recycling sind Spezifikationen und Qualität entscheidend, um die Funktionalitäten der chemischen Bausteine, wo sinnvoll, zu erhalten und sie in neuen Produkten als Rohstoff wieder verwenden zu können. Pauschale Erhöhungen und die Neueinführung von Recyclingquoten können die Bemühungen für ein Recycling beschränken.

Bestehende Recyclingquoten müssen auf Endverbraucherabfälle bezogen sein, wie sie in der Praxis anfallen. Für Industrieabfallströme, die nicht weiter verwertbar sind (z.B. Verbrennungsrückstände aus der energetischen Verwertung), muss die Deponierung weiterhin möglich sein, solange sie die einzig mögliche Entsorgungsoption darstellt.

Die jeweiligen Geltungsbereiche von Chemikalien- und Abfallregelungen sollten beachtet werden. Die Regulierung von Chemikalien im Chemikalienrecht reicht aus. Sie gilt in vollem Umfang auch für Produkte, die aus dem werkstofflichen Recycling entstehen, wie etwa Regranulate. Produktsicherheit wird durch die bestehenden europäischen Verordnungen REACH (Registration, Evaluation, Authorisation & Restriction of Chemicals) und CLP (Classification, Labeling and Packaging) sowie allgemeine und spezifische Produktsicherheitsrichtlinien in Verbindung mit der Abfallrahmenrichtlinie gewährleistet. Es gibt daher keine Notwendigkeit, stoffrechtliche Aspekte im Abfallrecht zu verankern. Die Anwendung von Praxisleitfäden zur Wiederverwertung, wie etwa vom Umweltbundesamt über REACH und Kunststoffrecycling, sollte nicht nur in Deutschland, sondern auch auf europäischer Ebene unterstützt werden.

- Erweiterten Regulierungsrahmen auf Hemmnisse für zirkuläre Wirtschaft prüfen: Der vorhandene Regulierungsrahmen sollte auf Hemmnisse für die Erweiterung zirkulärer Wirtschaftskonzepte geprüft werden. Ein Beispiel ist die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien und CO_2 zur Herstellung von Chemikalien und synthetischen Kraftstoffen (Power-to-X und Carbon Capture Utilization): Diese in technologischer Hinsicht zukunftsträchtigen Verfahren sind ökonomisch nur sinnvoll, wenn der hohe Strombedarf dieser Technologie zu wettbewerbsfähigen Konditionen gedeckt werden kann. Aufgrund der hohen staatlich induzierten Abgaben auf den Strompreis in Deutschland ist diese Voraussetzung derzeit nicht gegeben.

- Gesellschaftliches Bewusstsein für zirkuläre Wirtschaft schaffen: Zirkuläre Wirtschaft kann ohne gemeinschaftliche Bemühungen aller Branchen sowie der Konsumenten nicht erfolgreich etabliert werden. Die Politik sollte daher ein grundlegendes Verständnis durch entsprechende Dialoge und Bildungsangebote auf gesellschaftlicher Ebene fördern, um Transparenz über Ziele und Kosten zu schaffen.

Unterstützung durch Verbesserung der allgemeinen politischen Rahmenbedingungen

- Innovationsförderung ausbauen: Die in der vorliegenden Studie herausgearbeiteten Umfeldtrends zeigen erhebliches Innovationspotenzial mit positiven externen Effekten bei gleichzeitig hoher technologischer Unsicherheit und entsprechenden Investitionsrisiken. Beispiele sind Power-to-X Technologien, die die Treibhausgasneutralität der deutschen Wirtschaft fördern, Genome Editing, das Fortschritte in der Humanmedizin/Pharmakologie, in Pflanzenschutz und Pflanzenzüchtung erzielen kann, und chemisches Feedstock-Recycling, das eine effiziente Nutzung von Sekundärrohstoffen in der zirkulären Wirtschaft ermöglicht. Auch ein entsprechender Einsatz von Digitalisierung in zirkulären Wirtschaftssystemen stellt ein vielversprechendes Forschungsfeld dar.

  Angesichts der zu erwartenden positiven externen Effekte entsprechender Investitionen in Forschung und Entwicklung ist eine technologieoffene und unbürokratische öffentliche Innovationsförderung gesamtwirtschaftlich effizient. Sie ist zudem erforderlich, um das von der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) empfohlene und von der Bundesregierung übernommene Ziel einer Erhöhung der Ausgaben für Forschung und Entwicklung auf 3,5% des Bruttoinlandsprodukts zu erreichen.

  Innovationen entstehen typischerweise und insbesondere in der digitalen Wirtschaft in Netzwerken von Unternehmen verschiedener Provenienz und Charakteristika. Größere Unternehmen sind hier oft Innovationsführer und haben den größten Anteil an den Ausgaben für Forschung und Entwicklung. Daher sollten Unternehmen aller Größenklassen in eine steuerliche Innovationsförderung einbezogen werden.

  Je nach Abgrenzbarkeit des Themenfelds kommen sowohl eine erweiterte Projektförderung als auch eine ergänzende steuerliche Förderung in Betracht. Die Einführung einer steuerlichen Innovationsförderung darf jedoch nicht zu Lasten der – im Rahmen der Hightech-Strategie noch ausbaufähigen – Projektförderung gehen. Der Zugang zur Projektförderung und der Zugang zu Risikokapital sollte für kleine und mittlere Unternehmen durch maßgeschneiderte und unbürokratische Programme erleichtert werden. Öffentlich geförderte Start-up-Programme und Förderrichtlinien der Projektförderung sollten sich gezielt auch an Interessenten mit Vorhaben aus der Chemie-, Pharma- und Life Science Industrie richten. Im Kontext neuer Projekte zur Nutzung von erneuerbarem Strom und CO_2 kann auch die zeitlich begrenzte Förderung von Pilotanlagen gesamtwirtschaftlich sinnvoll sein.

- Prüfung des Regulierungsrahmens: Angesicht der Dynamik und Offenheit

aktueller Entwicklungen in der digitalen und der zirkulären Wirtschaft ist es wichtig, Freiräume zu lassen und auf Brancheninitiativen zu setzen (z.B. in der Nachhaltigkeitsinitiative Chemie[3]). Die flankierende Gesetzgebung muss sich daher gleichgewichtig an den Prinzipien von „Product Stewardship", Vorsorge, Wirtschaftlichkeit und Innovation orientieren, d.h. insgesamt am Nachhaltigkeitsprinzip (gleichgewichtige Berücksichtigung der Dimensionen Ökologie, Wirtschaftlichkeit und Soziales). Neue und bestehende Regulierungen sollten in einem „Innovationscheck" insbesondere dahingehend auf den Prüfstand gestellt werden, ob und inwieweit sie Innovationen, darunter auch neue Geschäftsmodelle, fördern oder gar behindern. Ein Beispiel stellt die industrielle Biotechnologie dar: Bei künftiger Regulierung sollte beachtet werden, dass diese mit dem wissenschaftlichen und technischen Fortschritt in der Biotechnologie Schritt hält, damit große und kleine Unternehmen diese Technologien nutzen können.

Bei künftigen Regulierungsvorhaben ist darauf zu achten, dass sie nicht in Widerspruch zu anderen Regulierungen stehen und nicht doppelt reguliert wird. Inkonsistenzen würden die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Europa erschweren und die Skalierbarkeit von Lösungen verhindern. Die Politik sollte daher bestrebt sein, einen konsistenten und verlässlichen Regulierungsrahmen zu schaffen und Gesetze und Regularien europaweit und in Verbindung mit anderen Branchen zu harmonisieren, sodass die Wettbewerbsfähigkeit der Chemieindustrie gestärkt wird.

Unternehmen sollten frühzeitig über geplante Überprüfungen bestehender Gesetzgebung und neue Regulierungsinitiativen informiert werden und prozessbegleitend angemessen einbezogen werden (z.B. durch Konsultationen, Workshops etc.). Dem „better regulation"-Prinzip der EU folgend, sollten generell Folgenabschätzungen bei relevanten Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen vorgenommen werden.

Regulatorische Planungssicherheit sollte durch eine konsistente, ganzheitliche Gesetzgebung mit hoher Transparenz über die künftigen Rahmenbedingungen, z.B. durch regulatorische Roadmaps, ermöglicht werden. Es ist dabei zu prüfen, ob Anpassungen der Regulierung notwendig sind, um industrieweite Kooperationen auf Plattformen zu erleichtern. Darüber hinaus sollte evaluiert werden, ob die Etablierung von Produkt- und Datenstandards für die leichte und schnelle Etablierung von Netzwerken gemeinsam mit der Industrie politisch gefördert werden kann.

Mittelstandsumfrage: Handlungsempfehlungen mit besonderer Relevanz für den Mittelstand

Nahezu alle mittelständischen Unternehmen reagieren auf den zunehmenden Wettbewerbsdruck und auf sich verändernde Kundenanforderungen mit dem bewährten Strategie-Mix: Innovationen ausweiten, Spezialisierung vorantreiben, Nischen besetzen und Chancen der Globalisierung nutzen.

Die disruptiven Veränderungen der Wertschöpfungsstrukturen erfordern jedoch in vielen Fällen eine Neujustierung der Unternehmensstrategie und eine Überprüfung bestehender Geschäftsmodelle. Nur so können die Unternehmen Wachstumschancen nutzen und langfristig erfolgreich bleiben. Viele Mittelständler haben diesen Handlungsbedarf erkannt und eine Digitalisierungs- und Nachhaltigkeitsstrategie implementiert.

Allerdings werden die sich bietenden Potenziale nicht immer umfassend erkannt. So werden beispielsweise die Chancen der Digitalisierung bisher vor allem bei „digitalen Prozessen“ und „digitalen Betriebsmodellen“ gesehen, viele Führungskräfte sehen aktuell aber noch keine Potenziale für Innovationen in „digitalen Geschäftsmodellen“. Dabei bieten sich gerade für kleine und mittlere Unternehmen in „digitalen Geschäftsmodellen“ neue, zusätzliche Chancen, weil hier nicht die Unternehmensgröße, sondern Flexibilität und Geschwindigkeit entscheidende Rollen spielen. Auch beim Thema zirkuläre Wirtschaft werden oftmals Chancen verpasst. Die zirkuläre Wirtschaft wird nämlich überwiegend als regulatorisches Thema gesehen. Mit Hilfe von Innovationen passen viele Mittelständler ihre Strategien an veränderte Kundenbedürfnisse und bestehende Regularien an. Noch erfolgversprechender wäre es aber, veränderte Kundenbedürfnisse oder eine künftige Gesetzgebung frühzeitig zu antizipieren. Für ein solches Frühwarnsystem fehlen aber oftmals die personellen und finanziellen Ressourcen. Vor diesem Hintergrund erwarten viele Mittelständler Unterstützung von ihren Verbänden in Form von Informationsveranstaltungen, Benchmark-Studien oder Erfahrungsaustausch bis hin zu konkreten Leitfäden und Regulierungs-Roadmaps. Diese Unterstützung sollte vorrangig über die Fach- und Landesverbände erfolgen.
Die wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen werden von den Unternehmen überwiegend positiv bewertet. Allerdings hat sich das regulatorische Umfeld zuletzt leicht verschlechtert. Dabei liegen die Probleme mit der Regulierung vor allem bei der Umsetzung und im Vollzug. 67% der Unternehmen bewerten die Genehmigungsverfahren als „langsam und bürokratisch“. Konkrete Unterstützung können Politik und Verwaltung demnach leisten, indem Bürokratie weiter abgebaut, Gesetze kosteneffizienter ausgestaltet und Genehmigungsverfahren beschleunigt werden.

Glossar – Umfeldtrends

Rohstoffe und Energie

Rohstoffversorgung für Deutschland: beschreibt die Veränderung des Rohstoffmixes (z.B. hin zu einem höheren Anteil an erneuerbaren Rohstoffen) und die Entwicklung der Versorgungssicherheit der naphthabasierten Chemie in Deutschland.

Power-to-X: eine Möglichkeit, Strom in synthetische Rohstoffe und Wärme umzuwandeln, indem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser erzeugt wird und dieser optional durch Reaktion mit CO_2 in Synthesegas und Methan umgewandelt wird.

Carbon Capture Storage / Utilization: Speichern (z.B. unterirdisch) und Verwenden von CO_2 aus Prozessen oder aus der Luft als Rohstoff.

Nachwachsende Rohstoffe: die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen wie Ölpflanzen, Getreide und andere Biomassen für die Herstellung von Chemikalien und Materialien. Der Trend umfasst sowohl die Verwendung der Frucht als auch die Verwendung von landwirtschaftlichen Reststoffen.

Waste-to-Chemicals: die Verwendung von Biomasse im Siedlungsabfall als Rohstoff für die chemische Produktion. Die Verfahren und Prozesse müssen robust sein, da die Biomasse meist nur schwer von anderen Abfällen getrennt werden kann.

Bio-Raffinerien: Verarbeitung von Biomasse durch thermische Behandlung, biologische Prozesse oder enzymatische Umsetzung zu Grund- und Feinchemikalien sowie Nahrungs- und Futtermitteln.

Industrielle Biotechnologie: biotechnologische Verfahren in der industriellen Produktion, mit deren Hilfe Biomasse effektiver und effizienter zu biobasierten chemischen und pharmazeutischen Produkten verarbeitet werden kann.

Business-to-Business

Materialeffizientes Bauen: gesamthafte Optimierung der Eigenschaften von Baumaterialien und die damit verbundene Erhöhung der Effizienz am Bau. Ein Treiber ist die effizientere Materialverarbeitung, die entweder Material selbst oder Arbeitszeit einspart, z.B. durch eine kürzere Trockenzeit. Ein weiterer Treiber ist die längere Materialhaltbarkeit, die Reparaturarbeiten später fällig werden lässt, beispielsweise durch selbstheilende Materialien.

Energieeffiziente Gebäude: Trend zu höherer Energieeffizienz von Gebäuden aufgrund gesellschaftlicher und regulatorische Anforderungen. Ermöglicht wird dies einerseits durch bessere Dämmsysteme und andererseits durch moderne Gebäudetechnik.

Modulares Bauen: modulare Bauweise eines Gebäudes aus fertigen Einzelteilen, die in Fabriken gefertigt und vor Ort montiert werden. In Verbindung mit einer hohen Standardisierung können Kosten gesenkt werden.

Elektromobilität: Trend der weiteren Marktdurchdringung von Elektroautos und Plug-in-Hybriden (EVs).

Leichtbau in der Automobilindustrie: Gewichtsreduktion durch einen höheren Kunststoffanteil (Substitution von Glas und Metall), Verbundstoffe und additive Fertigung. Der Trend wird durch die Bedarfe der Elektromobilität und strengere Umweltgesetze getrieben.

Neue Mobilitätskonzepte: umfassen Car-Sharing, Autonomes Fahren und Intermodales Reisen, die sich gegenseitig verstärkende Wirkung dieser Konzepte und deren Auswirkung auf die Automobilbranche (Antrieb, Ausstattung, Kundenstruktur).

Additive Fertigung: Fertigungsverfahren, auch 3D-Druck genannt, das die Herstellung eines dreidimensionalen Objekts in sequenziellen Schichten aus verschiedenen Materialien auf Basis eines digitalen Modells ermöglicht.

Materialmix bei Verpackungen: Entwicklung des sich ändernden Materialmixes (Glas, Metall, Papier und Pappe, Kunststoff) von Verpackungen, die vor allem durch Urbanisierung, demografischen Wandel, Trend zu Convenience (inklusive smarte Verpackungen) und den zunehmenden (Versand-)Handel getrieben wird.

Bio-Kunststoff bei Verpackungen: der Trend hin zu biologisch-abbaubarem oder aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellten Kunststoff, um dem wachsenden Umweltbewusstsein der Konsumenten oder regulatorischen Richtlinien und Quoten Rechnung zu tragen.

Erneuerbare Energien – Erzeugungstechnologien: beschreibt die wachsende Anzahl und die steigenden Anforderungen an die Effizienz von Photovoltaik-, Windkraft- oder anderen Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien.

Business-to-Consumer

Personalisierung von Konsumprodukten: Entwicklung hin zur zielgenauen Anpassung von Konsumprodukten an die Konsumentenwünsche bis hin zu individuellen Produkten für einzelne Konsumenten. Dies erfordert eine flexible Produktion und kleine Losgrößen.

Wahrnehmung der Chemie: die Art, wie die Chemieindustrie durch den Verbraucher wahrgenommen wird: bei Produktion, Transport und Anwendung von Chemikalien sowie deren Entsorgung. Chemie wird durch den Endverbraucher gerade im konsumnahen Bereich, etwa bei Wasch- und Reinigungsmitteln sowie Körperpflege und Kosmetika, direkt wahrgenommen. Hier besteht auch eine besondere Sensitivität für möglicherweise irreführende, nicht faktenbasierte Informationen über chemische Inhaltsstoffe, die durch die Dynamik in sozialen Netzwerken verstärkt werden kann.

Veränderung Beziehung Chemie zum Endkunden: die Verschiebung von der klassischen Beziehung der Chemie zum Endkunden, die durch viele zwischengeschaltete Stufen gekennzeichnet ist, hin zu einem direkteren Verhältnis. Die Zunahme des Internethandels bietet zunehmend Möglichkeiten, in direkte Beziehung zum Endkunden zu treten.

Landwirtschaft

Urban Farming: verschiedene Konzepte zur stadtnahen bzw. innerstädtischen Erzeugung von Agrarprodukten, insbesondere sogenannte Cash Crops, unter Einsatz modernster Kontroll- und Steuerungstechnologie, die den Verbrauch an Energie, Wasser, Dünger und Pflanzenschutzmitteln minimiert oder teilweise sogar ganz vermeidet.

Agrarwende: Trend zur Ökologisierung der Landwirtschaft und das Bestreben zum umweltschonenderen, nachhaltigeren Erzeugen von Agrarprodukten unter Verzicht auf Kunstdünger und chemischen Pflanzenschutz. Damit sind Produktivitätseinbußen und Kostensteigerungen verbunden.

Gentechnisch veränderte Pflanzen: Möglichkeit zur Modifizierung des Erbgutes von Nutzpflanzen durch Einschleusung von Genen.

Genome Editing als Präzisionszüchtung: die Verwendung von molekular-biologischen Verfahren zur Optimierung von Nutzpflanzen. Neue Verfahren wie CRISPR/CAS9 und die mit diesen Verfahren einhergehende erhöhte Genauigkeit, Schnelligkeit und Kostenreduzierung eröffnen neue Anwendungsmöglichkeiten im Pflanzenschutz und in der Pflanzenzüchtung, indem etwa die Widerstandsfähigkeit gegen Pflanzenkrankheiten durch Verbesserung der Immunantwort der Pflanze selbst erhöht wird, oder der Ertrag pro Nutzpflanze gesteigert wird.

Digitalisierung der Landwirtschaft: gesamthafte Nutzung und Verknüpfung von Boden-, Wetter- und Pflanzen- sowie anderer relevanter Daten zusammen mit digitaler Anlagentechnologie (inkl. Drohnen), um den gesamten Pflanzenzyklus (Düngung, Bewässerung, Pflanzenschutz und -ernährung, Aussaat- und Erntezeit) zu optimieren. Ziel ist es, den Ertrag auf bestehender Fläche bei gleichzeitiger Minimierung der Kosten zu erhöhen.

Pharmazeutika und Gesundheitswesen

Personalisierte Medizin: das Streben, Ursachen von Krankheiten schnell und umfassend auf molekularer Ebene zu verstehen und diese Erkenntnisse über Krankheitsmechanismen, verschiedene Subtypen von Krankheiten, unterschiedliche Krankheitsrisiken der Menschen und unterschiedliche Wirkung von Medikamenten oder anderen Behandlungen auf einzelne Patienten in personalisierten Behandlungsstrategien abzubilden.

Genome Editing in der medizinischen Anwendung: Anwendung molekularbiologischer Methoden (z.B. ZNF, TALEN und CRISPR-Cas) in der Medizin. Mit Hilfe dieser Methoden wird das Genom zielgerichtet verändert. Die Methoden des Genome Editing gleichen einem mikrochirurgischen Eingriff, bei dem Gene an- oder ausgeschaltet, eingefügt oder entfernt werden können. So können etwa beschädigte Gene repariert, ausgetauscht oder mutierte Gene abgeschaltet werden. Das Besondere an den Methoden des Genome Editing ist, dass man so präzise, zielgerichtet und kostengünstig wie noch nie Erbgut bearbeiten kann. Zusammen mit den Einsichten, die mithilfe der Omics-Technologien gewonnen werden, eröffnet Genome Editing außerordentliche Möglichkeiten, um Krankheiten zu entschlüsseln, die Vorbeugung, Behandlung und Heilung entscheidend zu verbessern oder diese überhaupt erst möglich zu machen.

E-Health: alle Hilfsmittel und Dienstleistungen, bei denen Informations- und Kommunikationstechnologien für die Vorbeugung, Diagnose, Behandlung, Überwachung und Verwaltung im Gesundheitswesen zum Einsatz kommen. Dazu gehören etwa die Elektronische Patientenakte, Wireless Health, Mobile Health, Tele-Health, Telematikinfrastruktur sowie die Software für Krankenhäuser und Arztpraxen.

Neue Medizintechnik: innovative Medizinprodukte, deren Haupttreiber Digitalisierung, Miniaturisierung, Kombi-Produkte und der 3D-Druck sind. Diese Trends führen zu diversen neuen Forschungsfeldern wie die medizinische Informatik oder Bio-Sensoren.

Selbstmedikation: die eigenverantwortliche Behandlung von Erkrankungen mit rezeptfreien Arzneimitteln, die nicht vom Arzt verordnet werden. Haupttreiber sind der Komfort des Kaufs, mündigere und besser informierte Patienten, Innovationen und hohe Akzeptanz.

Quellen

1. Deloitte, Deloitte EMEA 360° Boardroom Survey, 2016 verfügbar unter https://www2.deloitte.com/ro/en/pages/about-deloitte/articles/Deloitte-EMEA-360-Boardroom-Survey-Agenda-priorities-across-the-region.html, abgerufen am 15.10.2016

2. Bitkom, Fast alle Unternehmen sehen Digitalisierung als Chance, 2015, verfügbar unter https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Fast-alle-Unternehmen-sehen-Digitalisierung-als-Chance.html abgerufen am 01.06.2017

3. VCI und Prognos, Die deutsche chemische Industrie 2030, 2017, verfügbar unter https://www.vci.de/services/publikationen/broschueren-faltblaetter/vci-prognos-studie-die-deutsche-chemische-industrie-2030-update-2015-2016.jsp, abgerufen am 15.06.2017

4. VCI, noch nicht veröffentlichte Zahlen

5. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Statistiken zur Energiezeugung, 2017, verfüg-bar unter https://www.bmwi.de/SiteGlobals/BMWI/Forms/Listen/Energiedaten/energiedaten_Formular.html?&addSearchPathId=304724, abgerufen am 06.06.2017.

6. Bundesnetzagentur, Jahresbericht 2016, 2016, verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2017/JB2016.pdf?__blob=publicationFile&v=1, abgerufen am 06.06.2017

7. Deloitte, nicht veröffentlichte Analyse

8. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Power-to-X, 2016, verfügbar unter https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/power-to-x, abgerufen am 05.06.2017

9. Chem Manager, Prof. Kurt Wagemann, Power-to-X: Die Chemie wird Energiewirtschaft, 2017, verfügbar unter http://www.chemanager-online.com/themen/energie-umwelt/power-x-die-chemie-wird-energiewirtschaft, abgerufen am 09.05.2017

10. Wacker, Cystein von Wacker, verfügbar unter https://www.wacker.com/cms/de/products/product_groups/cystein.jsp, abgerufen am 06.06.2017

11. Obermeier Birgit, Innnovationspotenziale der Biotechnologie, 2017, verfügbar unter http://www.acatech.de/de/publikationen/impuls/acatech-impuls/detail/artikel/innovationspotenziale-der-biotechnologie.html abgerufen am 06.06.2017

12. Fraunhofer Institute, Dr. Nusser Michael, Industrial White Biotechnology, 2007, verfügbar unter http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/t/de/publikationen/Industrial_Biotechnology_Nusser_BFE_1007.pdf, abgerufen am 06.06.2017

13. Destatis, Fahrzeugbestand, verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/UnternehmenInfrastrukturFahrzeugbestand/Tabellen/Fahrzeugbestand.html, abgerufen am 07.06.2017.

14. Bundesregierung, Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität, verfügbar unter https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Mobilitaet/podcast/_node.html, abgerufen am 07.06.2017

15. Datenbank des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg, Alle Daten zu Elektrofahrzeugen, verfügbar unter https://www.zsw-bw.de/mediathek/datenservice.html#c6700, abgerufen am 07.06.2017

16. Deloitte, Nicht veröffentliche Analyse des Deloitte Automotive Center

17. Statista, Prognose der Anteile einzelner Antriebsarten an den Neuzulassungen von PKW in Europa im Jahr 2030, 2017, verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/602769/umfrage/verteilung-der-antriebsarten-bei-den-neuzulassungen-von-pkw-in-europa/ referenziert auf AlixPartner

18. McKinsey, Automotive Revolution – perspectives towards 2030, 2016, verfügbar unter https://www.mckinsey.de/files/automotive_revolution_perspective_towards_2030.pdf, abgerufen am 13.06.2017

19. Deloitte, Nicht veröffentliche Analyse des Deloitte Automotive Center

20. ATKearney, Plastics. The Future for Automakers and Chemical Companies, 2012. verfügbar unter https://www.atkearney.com/documents/10192/244963/Plastics-The_Future_for_Automakers_and_Chemical_Companies.pdf/28dcce52-affb-4c0b-9713-a2a57b9d753e, abgerufen am06.06.2017

21. BMW, Sattig Manuel, The future of sustainable Mobility. Leading E-Mobility into a new area, https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup_com/ir/downloads/de/2012/termine-und-events/The_Future_Of_Sustainable_Mobility.pdf, abgerufen am 28.05.2017

22. Deloitte, nicht veröffentlichte Analyse der Automobilbranche

23. Deloitte, nicht veröffentlichte Umfrage unter 39 Führungskräfte und Professionals in Nordamerika

24. Nehrke Gunnar, CarSharing Jahresbilanz 2016: Mehr als 1,7 Millionen CarSharing-Nutzer in Deutschland, 2017, verfügbar unter https://carsharing.de/presse/pressemitteilungen/carsharing-jahresbilanz-2016-mehr-17-millionen-carsaring-nutzer, abgerufen am 26.05.2017

25. BCG, What´s ahead for carsharing, 2016, verfügbar unter https://www.bcgperspectives.com/content/articles/automotive-whats-ahead-car-sharing-new-mobility-its-impact-vehicle-sales/, abgerufen am 13.06.2017

26. Bundesregierung, Automatisiertes Fahren auf dem Weg, 2017, verfügbar unter https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2017/01/2017-01-25-automatisiertes-fahren.html, abgerufen am 09.05.2017

27. Kellner Thomas, Fit to Print: New Plant Will Assemble World's First Passenger Jet Engine With 3D Printed Fuel Nozzles, Next-Gen Materials - GE Reports , 2017, verfügbar unter http://www.gereports.com/post/80701924024/fit-to-print/, abgerufen am 21.06.2017

28. Starr Michelle, Worlds first 3D-printed apartment building constructed in China, 2015, verfügbar unter https://www.cnet.com/news/worlds-first-3d-printed-apartment-building-constructed-in-china/, abgerufen am 19.05.2017

29. Caffery Tim and Wohlers Terry, Wohlers report 2016: 3D printing and additive manufacturing state of the industry, 2016, Nicht frei verfügbar

30. Shapeways, verfügbar unter https://www.shapeways.com/ abgerufen am 20.03.2017

31. Alec, Liquid Factory, Reebok uses liquid material 3D printing to bring sneaker creation back to US, 2016, vefügbar unter http://www.3ders.org/articles/20161021-liquid-factory-reebok-uses-liquid-material-3d-printing-to-bring-sneaker-creation-back-to-us.html, abgerufen am 20.03.2017

32. Petch Michael, Just say Whoa: GlaxoSmithKline and the Future of 3D-Printed Pharmaceuticals, 2016, verfügbar unter https://redshift.autodesk.com/3d-printed-pharmaceuticals/, abgerufen am 21.06.2017

33. Kite-Powell Jennifer, FDA Approved 3D Printed Drug Available In The US, 2016, verfügbar unter https://www.forbes.com/sites/jenniferhicks/2016/03/22/fda-approved-3d-printed-drug-available-in-the-us/#7a6c4bd9666b, abgerufen am 21.06.2017

34. Deloitte, 3D opportunity for production, Additive manufacturing makes its (business) case, 2014, verfügbar unter https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/deloitte-review/issue-15/additive-manufacturing-business-case.html, abgerufen am 13.06.2017

35. Syngenta, Our industry 2016, 2016, verfügbar unter https://www4.syngenta.com/~/media/Files/S/Syngenta/our-industry-syngenta.pdf, abgerufen am 15.10.2016

36. CLAAS, Precision farming, 2017, verfügbar unter http://www.claas.cz/blueprint/servlet/blob/1079248/08b0ab707fd70cfebafcf575f6b48cdb/282574-dataRaw.pdf, abgerufen 21.06.2017

37. Deloitte, nicht veröffentlichte Analyse basierend auf Kundenprojekten

38. Grand View Research, Precision Farming Market Worth $10.23 Billion By 2025, 2017, verfügbar unter http://www.grandviewresearch.com/press-release/global-precision-farming-market, abgerufen am 20.06.2017

39. Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag, Personalisierte Medizin, 2016, verfügbar unter https://www.bundestag.de/blob/483590/d05effc36b8d813021755f0d8f24ce32/wd-9-060-16-pdf-data.pdf, abgerufen am 20.06.2017

40. Silbermann Nicole, Forschen für Therapien nach Maß, 2016, verfügbar unter https://www.helmholtz.de/gesundheit/forschen-fuer-therapien-nach-mass-5674/, abgerufen am 22.06.2017

41. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Bessere Versorgung durch maßgeschneider-te Therapien, 2013, verfügbar unter https://www.bmbf.de/de/bessere-versorgung-durch-massgeschneiderte-therapien-802.html, abgerufen am 19.06.2017

42. Flash Eurobarometer 404, „European citizens´ digital health literacy, 2014, verfügbar unter http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/flash/fl_404_en.pdf, abgerufen am 13.06.2017

43. Grand View Research, eHealth Market Projected To Reach USD 308.0 Billion By 2022, 2016, verfügbar unter http://www.grandviewresearch.com/press-release/global-e-health-market, abgerufen am 23.06.2017

44. Bitkom, Dr. Rohleder Bernhard, pharma 4.0: Angebote beyond the pill, 2015 verfügbar unter: https://www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-PIs/2015/11-November/Bitkom-Pressekonferenz-Digitalisierung-in-der-Medizin-und-Pharmabranche-05-11-2015-Praesentation-final.pdf, abgerufen am 23.06.2017

45. Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz (BMJV), Gigerenzer Gerd, Schlegel-Matthies Kirsten und G. Wagner Gert , eHealth und mHealth – Chancen und Risiken der Digitalisierung im Ge-sundheitsbereich, 2016, verfügbar unter https://www.bmjv.de/SharedDocs/Downloads/DE/Artikel/01192016_Digitale_Welt_und_Gesundheit.pdf?__blob=publicationFile&v=2, abgerufen am 24.06.2017

46. Deloitte und MIT, Aligning the organization for it's digital future, 2106, verfügbar unter https://www2.deloitte.com/nl/nl/pages/deloitte-digital/artikelen/aligning-the-organization-for-its-digital-future.html, abgerufen am 13.02.2017

47. Bitkom, In 10 Schritten digital – Ein Praxisleitfaden für Mittelständler, 2016, verfügbar unter https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2017/Leitfaden/In-10-Schritten-digital-Markus-Humpert/170601-In-10-Schritten-digital-Praxisleitfaden.pdf, abgerufen am24.06.2017

48. Deloitte, Deloitte 2016 Global Digital Chemistry Survey, 2016, Auszug verfügbar unter https://www2.deloitte.com/de/de/pages/consumer-industrial-products/articles/global-digital-chemistry-study2016.html, abgerufen am 13.02.2017

49. Deloitte, Wehberg, Tripple-Longtail-Strategie, 2016, verfügbar unter https://www2.deloitte.com/de/de/pages/consumer-industrial-products/articles/triple-long-tail-strategie.html, abgerufen am 13.05.2017

50. Priorisierung der Digitalisierungshebel wurde einerseits durch den Arbeitskreis Digitalisierung in Operations, Products, Services (AK DOPS) und durch die Teilnehmer der beiden Detailanalyse Workshops zum Thema Digitalisierung im Rahmen dieser Studie getroffen

51. Schneider Electric, Enterprise Asset Performance Management, verfügbar unter http://iom.invensys.com/de/Pages/IOM_AssetPerformanceManagement.aspx, abgerufen am 27.06.2017

52. Deloitte, Nicht veröffentlichte Analyse basierend auf Kundenprojekten

53. Business Wire, AkzoNobel entscheidet sich für Terra Technology, um Lagerbestände in Europa und Afrika zu verringern, 2013, verfügbar unter http://www.businesswire.com/news/home/20130611005242/de/, abgerufen am 24.06.2017

54. McKinsey, How to navigate digitalization of the manufacturing sector, 2015, verfügbar unter https://www.mckinsey.de/files/mck_industry_40_report.pdf, abgerufen am 13.02.2017

55. Strategy&, Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused, 2016, verfügbar unter https://www.strategyand.pwc.com/reports/industry4.0, abgerufen am 24.06.2017

56. Deloitte, Sniderman, Mahto, and Cotteleer, Industry 4.0 and manufacturing ecosystems, 2016, verfügbar unter https://dupress.deloitte.com/content/dam/dup-us-en/articles/manufacturing-ecosystems-exploring-world-connected-enterprises/DUP_2898_Industry4.0ManufacturingEcosystems.pdf, abgerufen am 13.02.2017

57. Deutschland, Modulare Produktion, 2017, verfügbar unter https://www.deutschland.de/de/topic/wirtschaft/innovation-technik/modulare-produktion, abgerufen am 26.06.2017

58. Deloitte, Parrott Aron und Warshaw Lane, Industry 4.0 and the digital twin, 2017, verfügbar unter https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html, abgerufen am 23.06.2017

59. Heussner Ki Mae, How Virtual Reality Takes Scientists Inside New Molecules (video), 2016, verfügbar unter https://www.getscience.com/content/how-virtual-reality-takes-scientists-inside-new-molecules-video-0, abgerufen am 17.03.2017

60. Deloitte, The Chemical Multiverse 4.0, 2017 verfügbar unter https://www2.deloitte.com/de/de/pages/consumer-industrial-products/articles/chemical-multiverse-4-0.html, abgerufen am 20.06.2017

61. Nield David, Google's Quantum Computer Just Accurately Simulated a Molecule For The First Time, 2016, verfügbar unter https://www.sciencealert.com/google-s-quantum-computer-is-helping-us-understand-quantum-physics, abgerufen am 23.06.2017

62. Molbase, vefügbar unter https://www.molbase.com/, abgerufen am 26.06.2017

63. PWC, Value based pricing, putting the customer at the center of price, 2014, verfügbar unter https://www.pwc.com/us/en/advisory/customer/assets/value-based-pricing.pdf, abgerufen am 24.06.2017

64. Deloitte, Robotic Process Automation, verfügbar unter https://www2.deloitte.com/uk/en/pages/innovation/solutions/robotic-process-automation.html, abgerufen am 12.01.2017

65. Veit, D., Clemons, E., Benlian, A., Buxmann, P., Hess, T., Kundisch, D., Spann, M. (2014). Geschäftsmodelle. Business & Information Systems Engineering, 56(1), 55-64

66. Digital Intelligence Institute, Umfrage unter 1.143 deutschen Mittelstands- und Großunternehmen mit einem Umsatz von über 25 Mio. EUR im Zeitraum von Sommer 2014 bis Anfang Herbst 2015

67. Robert F. Service, The synthesis machine, Science 347, no. 6227 (2015), pp. 1190–93, verfügbar unter http://science.sciencemag.org/content/347/6227/1190, abgerufen am 12.05.2017

68. Ecolab, Water management technologies, verfügbar unter http://www.ecolab.com/innovation/core-technologies/water-managementtechnologies/, abgerufen am 12.05.2017

69. Ptc, Intelligentere, besser vernetzte Produkte werden durch das Internet der Dinge Wirklichkeit, verfügbar unter http://www.ptc-de.com/internet-of-things/smart-connected-products, abgerufen am 20.03.2017

70. SpecialChem, vefügbar unter http://adhesives.specialchem.com/open-innovation, abgerufen am 16.05.2017

71. Koslow Tyler, Reebok uses proprietary 3D drawing technology to create new ligquid speed shoes, 2016, verfügbar unter https://3dprint.com/153426/reebok-liquid-speed-shoes/, abgerufen am 20.06.2017

72. Henkel, verfügbar unter http://www.henkel-adhesives.com/adhesives/2016-49075-henkel-to-develop-new-solutions-for-3d-printing-50722.htm abgerufen am 20.03.2017

73. Wixom Barbara H. und W. Ross Jeanne, How to Monetize Your Data, 2017, verfügbar unter http://sloanreview.mit.edu/article/how-to-monetize-your-data/, abgerufen am 22.05.2017

74. BP, Energy Outlook 2030, 2013, verfügbar unter https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-booklet_2013.pdf, abgerufen am 22.05.2017

75. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Übereinkommen von Paris, 2015, verfügbar unter http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/paris_abkommen_bf.pdf, abgerufen am 12.05.2017

76. VCI, Rohstoffbasis der chemischen Industrie, 2017, verfügbar unter https://www.vci.de/vci/downloads-vci/top-thema/daten-fakten-rohstoffbasis-der-chemischen-industrie-de.pdf, abgerufen am 26.05.2017

77. Club of Rome, The Circular Economy and Benefits for Society: Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency, 2016, verfügbar unter https://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2016/03/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf, abgerufen am 29.05.2017

78. VCI, Claas Oliver, Langer Weg zur Kreislaufwirtschaft, 2015, verfügbar unter https://www.vci.de/presse/pressemitteilungen/langer-weg-zur-kreislaufwirtschaft-eu-kommission-stellt-regelungspaket-zur-circular-economy-vor.jsp, abgerufen am 29.05.2017

79. KPMG, The 13th Five-Year Plan – China's transformation and integration with the world economy, 2016, verfügbar unter https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/cn/pdf/en/2016/10/13fyp-opportunities-analysis-for-chinese-and-foreign-businesses.pdf, abgerufen am 30.05.2017

80. Chemie³, Ambitionen, Leistungen, Lösungen, 2015, verfügbar unter https://www.chemiehoch3.de/fileadmin/user_upload/downloads/20130516_CHEMIE3_NH-Publikation_fin.pdf, abgerufen am 15.06.2017

81. VDA, CO_2-Regulierung bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen, verfügbar unter https://www.vda.de/de/themen/umwelt-und-klima/co2-regulierung-bei-pkw-und-leichten-nfz/co2-regulierung-bei-pkw-und-leichten-nutzfahrzeugen.html, abgerufen am 16.06.2017

82. Deloitte, Analyse nicht veröffentlicht

83. Ellen MacArthur Foundation, Urban Biocycles, 2017, verfügbar unter https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Urban-Biocycles_Ellen-MacArthurFoundation_30-3-2017.pdf, abgerufen am 30.05.2017

84. DSM, POET-DSM Advanced Biofuels, verfügbar unter https://www.dsm.com/corporate/about/business-entities/dsm-biobased-productsandservices/poet-dsm-advanced-biofuels.html, abgerufen am 08.08.2017

85. BASF, BASF's biomass balance approach, verfügbar unter https://industries.basf.com/images/global/corp/Pharmaceuticals1/188961%20Mass-balance-approach%20DIN%20A4_SCREEN%2001.pdf, abgerufen am 16.06.2017

86. Covestro, Carbon Dioxide is revolutionizing plastics production, verfügbar unter http://www.co2-dreams.covestro.com/, abgerufen am 14.06.2017

87. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Mit Abgas das Klima retten, verfügbar unter https://www.bmbf.de/de/mit-abgas-das-klima-retten-3044.html, abgerufen am 01.06.2017

88. The Forum of Young Global Leaders, The Circulars 2017 Yearbook, 2017, verfügbar unter https://thecirculars.org/content/resources/TheCirculars_2017_Yearbook_Final.pdf?platform=hootsuite, abgerufen am 02.06.2017

89. WMW, Tackling Complex Plastic Recycling Challenges, 2015, verfügbar unter https://waste-management-world.com/a/tackling-complex-plastic-recycling-challenges, abgerufen am 23.06.2017

90. Mtm Plastics, 2017, verfügbar unter http://mtm-plastics.eu/kunststoffrecycling/herstellung/ abgerufen am 23.06.2017

91. Enerkem, 2016, Unternehmenspräsentation

92. VCI, Nicht veröffentlichte eigene Erhebung

93. Messenger Ben, Waste to Energy Powered Industrial Heat Network Underway in Belgium, 2017, verfügar unter https://waste-management-world.com/a/waste-to-energy-powered-industrial-heat-network-underway-in-belgium, abgerufen am 22.06.2017

94. Ecluse, 2017, verfügbar unter http://www.ecluse.be/homepage/, abgerufen am 23.06.2017

95. A.I.S.E., Activity & Sustainability Report, 2017, verfügbar unter https://www.aise.eu/documents/document/20160919160236-aise_ar15-16_v24_final.pdf, abgerufen am 22.06.2017

96. Analysierte Firmen sind BASF, Linde, Evonik, Lanxess, Altana, Wacker, Henkel, Bayer, Merck, Dow

97. Henkel, Nachhaltigkeitsbericht 2015, 2016, verfügbar unter http://nachhaltigkeitsbericht2015.henkel.de/fileadmin/Downloads/Henkel_NB2015.pdf, abgerufen am 20.06.2017

98. BASF, Konzernlagebericht 2015, 2016, verfügbar unter https://www.basf.com/documents/corp/de/about-us/publications/reports/2016/BASF_Bericht_2015.pdf, abgerufen am 22.06.2017

99. VCI, 2017, Noch nicht veröffentlichte Zahlen

100. Tello Pablo und Weermeester Ron, Spire Roadmap, verfügbar unter https://www.spire2030.eu/sites/default/files/pressoffice/spire-roadmap.pdf, abgerufen am 19.06.2017

101. Finch & Beak, No time to Waste – the state of circular economy innovation within the chemical industry, 2016, verfügbar unter https://www.finchandbeak.com/1240/the-chemical-industry-has-time-waste.htm, abgerufen am 22.06.2017

102. Evonik, Nachhaltigkeitsbericht 2016, 2017, verfügbar unter http://corporate.evonik.de/_layouts/Websites/Internet/DownloadCenterFileHandler.ashx?fileid=3682, abgerufen am 24.06.2017

103. Bayer, Bayer-Geschäftsbericht 2015, 2016, verfügbar unter http://www.geschaeftsbericht2015.bayer.de/auf-einen-blick/geschaeftsjahr-2015.html#/datasheet-bayer_ar_2015_oekonomisch/vertbar/0/0,1,2,3,4/figures/0, abgerufen am 25.06.2017

104. Tfs-initiative, 2017, verfügbar unter https://tfs-initiative.com/current-members/, abgerufen am 20.06.2017

105. Ellen McArthur Foundation, Intelligent Assets: Unlocking the circular economy potential, 2016, verfügbar unter https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Intelligent_Assets_080216.pdf, abgerufen am 22.06.2017

106. World Economic Forum, Digital Transformation Initiative. Chemisty and Advanced Materials, 2017, verfügbar unter https://www.google.de/search?q=Chemistry+%26+Advanced+Materials%3A+Overview+Document&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b&gfe_rd=cr&ei=6GFLWeCVJeqP8QfWlrsQ#q=Word+Economic+Forum+Chemistry+%26+Advanced+Materials:+Overview+Document, abgerufen am 22.06.2017

107. ECP4 Konferenz, Circular Economy and How it connects to Digitisation, 2017, verfügbar unter https://wwwecp4eu.prezly.com/full-programme-ecp4-annual-meeting-2017-circular-economy-and-how-it-connects-to-digitisation#, abgerufen am 22.06.2017

108. Deloitte, nicht veröffentlichte Projektergebnis aus der Automobilzuliefererindustrie

109. BASF, Digitalization, 2017, verfügbar unter https://www.basf.com/en/company/about-us/digitalization-at-basf/digital-business-models.html, abgerufen am 22.06.2017

110. Rubicon, 2017, verfügbar unter https://www.rubiconglobal.com/, abgerufen am 21.06.2017

111. Arup, 2017, verfügbar unter www.arup.com, abgerufen am 21.06.2017

112. Deloitte, Analysis von 137 Partnerschaften über alle Regionen hinweg, 2016, nicht veröffentlicht

113. HightechForum, Nachhaltige Wertschöpfung, Wohlstand und Lebensqualität im digitalen Zeital-ter, 2017, verfügbar unter https://www.bvdp.de/bvdp/bvdp-details/datum/2017/05/22/gemeinsam-besser-nachhaltige-wertschoepfung-wohlstand-und-lebensqualitaet-im-digitalen-zeitalter/, abgerufen am 25.06.2017

114. Deloitte, Approaching disruption: Charting a course for new growth and performance at the edge and beyond, 2016, verfügbar unter https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/focus/disruptive-strategy-patterns-case-studies/approaching-disruption-for-growth-performance.html, abgerufen am 25.06.2017

115. EUROFORUM, Umfrage unter 50 Branchenexperten im Vorfeld der Handelsblatt Jahrestagung Chemie 2017, 2017, verfügbar unter http://veranstaltungen.handelsblatt.com/chemie/news/umfrage-digitalisierung-groesste-herausforderung-fuer-chemie-branche/, abgerufen am 25.06.2017

116. Statista, Anzahl der Betriebe in der Landwirtschaft in Deutschland in den Jahren 1975 bis 2016, 2017, verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36094/umfrage/landwirtschaft---anzahl-der-betriebe-in-deutschland/, abgerufen am 22.06.2017

117. Siliconvalleyforum, The Seeds of Our Future: AgTech and the Connected World, 2017, verfügbar unter http://siliconvalleyforum.com/event/28163279126, abgerufen am 25.06.2017

118. John Dear, verfügbar unter http://discoveroperationscenter.com/de?utm_source=MyJohnDeere-DE&utm_medium=HeroCampaign&utm_campaign=MyJohnDeere2016, abgerufen am 20.06.2017

119. Hemmerling Udo, Dr. Pascher Peter und Naß Silke, Situationsbericht 2016/17 Trends und Fakten zur Landwirtschaft, 2017, verfügbar unter http://media.repro-mayr.de/49/664449.pdf, abgerufen am 20.06.20107

120. Deloitte, nicht veröffentlichte Analyse basierend auf Projekterfahrungen

121. Ag Funder, Ag Tech Investing Report 2016, 2017, verfügbar unter https://agfunder.com/research/agtech-investing-report-2016, abgerufen am 21.06.2017

122. Commerzbank, Fachkräftemangel und fehlende Qualifikation bremsen digitale Transformation, 2016 verfügbar unter https://www.commerzbank.de/de/hauptnavigation/presse/pressemitteilungen/archiv1/2016/quartal_16_02/presse_archiv_detail_16_02_58570.html, abgerufen am 01.06.2017

123. Expertenreport, Digitale Transformation stellt Wirtschaft vor Herausforderungen, 2017, verfügbar unter https://www.experten.de/2017/03/02/digitale-transformation-stellt-wirtschaft-vor-herausforderungen/,abgerufen am 01.06.2017

124. Doblin, 2017, verfügbar unter https://www.doblin.com/ten-types, abgerufen am 22.06.2017

125. Osterwald Alexander und Pigneur, Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers, 2010, verfügbar unter http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0470876417.html, abgerufen am 24.06.2017

126. Siems Dorothea, Der schleichende Abstieg des Standorts Deutschland, 2017 verfügbar unter http://www.xing-news.com/reader/news/articles/757019?link_position=digest&newsletter_id=22870&toolbar=true&xng_share_origin=email, abgerufen am 02.06.2017, Originalquelle nicht frei zugänglich

Kontakt

Dr. Wolfgang Falter
Partner | Strategy Consulting
Global Chemicals & Specialty Materials Sector Leader
Tel: +49 (0)211 8772 4912
wfalter@deloitte.de

Dr. Alexander Keller
Partner | Strategy Consulting
Tel: +49 (0)69 9713 7161
alekeller@deloitte.de

Johann-Peter Nickel
Director | Financial and Economic Affairs, IT
German Chemical Industry Association (VCI)
Tel: +49 (0)2556 1443
nickel@vci.de

Dr. Henrik Meincke
Head of Economics | Financial and Economic Affairs, IT
German Chemical Industry Association (VCI)
Tel: +49 (0)2556 1545
meincke@vci.de

Klimaneutral gedruckt auf Papier aus nachhaltiger Waldwirtschaft.

© 09/2017 Deloitte.

Deloitte.

Deloitte bezieht sich auf Deloitte Touche Tohmatsu Limited („DTTL“), eine „private company limited by guarantee“ (Gesellschaft mit beschränkter Haftung nach britischem Recht), ihr Netzwerk von Mitgliedsunternehmen und ihre verbundenen Unternehmen. DTTL und jedes ihrer Mitgliedsunternehmen sind rechtlich selbstständig und unabhängig. DTTL (auch „Deloitte Global“ genannt) erbringt selbst keine Leistungen gegenüber Mandanten. Eine detailliertere Beschreibung von DTTL und ihren Mitgliedsunternehmen finden Sie auf www.deloitte.com/de/UeberUns.

Deloitte erbringt Dienstleistungen in den Bereichen Wirtschaftsprüfung, Risk Advisory, Steuerberatung, Financial Advisory und Consulting für Unternehmen und Institutionen aus allen Wirtschaftszweigen; Rechtsberatung wird in Deutschland von Deloitte Legal erbracht. Mit einem weltweiten Netzwerk von Mitgliedsgesellschaften in mehr als 150 Ländern verbindet Deloitte herausragende Kompetenz mit erstklassigen Leistungen und unterstützt Kunden bei der Lösung ihrer komplexen unternehmerischen Herausforderungen. Making an impact that matters – für mehr als 244.000 Mitarbeiter von Deloitte ist dies gemeinsames Leitbild und individueller Anspruch zugleich.

Diese Veröffentlichung enthält ausschließlich allgemeine Informationen, die nicht geeignet sind, den besonderen Umständen des Einzelfalls gerecht zu werden, und ist nicht dazu bestimmt, Grundlage für wirtschaftliche oder sonstige Entscheidungen zu sein. Weder die Deloitte GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft noch Deloitte Touche Tohmatsu Limited, noch ihre Mitgliedsunternehmen oder deren verbundene Unternehmen (insgesamt das „Deloitte Netzwerk“) erbringen mittels dieser Veröffentlichung professionelle Beratungs- oder Dienstleistungen. Keines der Mitgliedsunternehmen des Deloitte Netzwerks ist verantwortlich für Verluste jedweder Art, die irgendjemand im Vertrauen auf diese Veröffentlichung erlitten hat.