

Quelle: Fraunhofer ISC



Prof. Dr. Gerhard SEXTL

Institutsleiter Fraunhofer-Institut für
Silicatforschung ISC, Würzburg

/// Mit Weniger Mehr erzeugen

Innovative Materialwirtschaft

Die wirtschaftliche Prosperität in unserer Industriegesellschaft ist noch immer direkt verknüpft mit einem Mehr an Ressourcen. Entgegen der Empfehlung in einem UNEP-Report aus dem Jahr 2011,¹ in der eine Entkoppelung des Wirtschaftswachstums vom Ressourcenverbrauch dringend gefordert wird, verbrauchen wir ständig mehr Ressourcen, Energie sowie Produkte und streben nach mehr Konsum, Verkehr und Wachstum. Gleichzeitig wächst die Weltbevölkerung immer schneller, was ebenfalls zu einem steigenden Verbrauch an biologischen und mineralischen Ressourcen führt.

Dieses Streben nach immer mehr hat uns in die jetzige Situation gebracht, denn damit verbunden sind auch mehr Kohlendioxid-Emissionen, Luftverschmutzung, Klimaerwärmung, Umweltzerstörung, Flächenversiegelung, Abfall sowie ein Mehr an zu produzierenden Nahrungsmitteln und ein Mehrverbrauch an Trinkwasser. Während schwächer entwickelte Länder heute noch Biokapazitätsreserven haben, konsumieren Länder wie Deutschland das 3,5-fache dessen, was eigentlich an Kapazitäten zur Verfügung stünde.² Wir benötigen diese Ressourcen und müssen darauf zurückgreifen, um auf unserer Erde leben zu können. Ein Mehr an Wohlstand lässt sich aber zunehmend schwieriger erreichen.

Um den Bedarf einer stark wachsenden Wohlstandsgesellschaft weitestgehend vom Ressourcenverbrauch zu entkoppeln, braucht es intelligente Lösungen und nachhaltig gestaltete und neu gedachte Geschäftsmodelle. Dafür sind echte, nachhaltige Innovationen essenziell.

Das Bevölkerungswachstum bewirkt, dass wir von allem mehr benötigen.

Material- und Prozessinnovationen ermöglichen einen sparsameren Umgang mit Ressourcen.

Rolle des Materials

Ein wichtiger Lösungsansatz steckt in Material- und Prozessinnovationen, die einen zukunftsfähigen und verantwortlichen Umgang mit Ressourcen ermöglichen, den Weg in eine innovative Wirtschaft eröffnen und davon wegführen können, immer mehr biobasierte und mineralische Rohstoffe zu verbrauchen. Es ist an der Zeit zu lernen, wie wir Ressourcen so lange wie möglich sinnvoll gebrauchen können. „Gebrauch statt Verbrauch“ muss künftig im Vordergrund stehen, was auch heißt, dass möglichst viele Materialien und (Zwischen-)Produkte möglichst lange im Kreislauf geführt werden müssen (Circular Economy).

Alles, was mit dem zuvor beschriebenen Mehr zu tun hat, basiert letztendlich auf stofflichen Ressourcen und geeigneten Verarbeitungsverfahren und Technologien. Ohne diese „Hardware“, das physische Material oder den Werkstoff, lassen sich keine realen Produkte und Waren herstellen. Das Material ist immer an der Schnittstelle zum Nutzenden. Selbst in einer digitalen Welt werden noch materialbasierte Schnittstellen zum Menschen oder auch zu den digital bewegten Dingen und Waren benötigt.

Innovation

Das Beispiel der Impfstoffentwicklung zu Beginn der COVID-19-Pandemie macht es deutlich: Die Erfindung eines Verfahrens wurde zu einer Innovation, indem Academia, mutige Entrepreneure und Partner aus der Großindustrie eng, transparent und unbürokratisch kooperierten und – finanziert über staatliches und privates Kapital sowie mit dem unbedingten Willen zum Erfolg – ihr Know-how, die Prozesstechnologien und geeignete Produktionsanlagen gemeinsam einbrachten und nutzten. Ohne die globale Bedrohung durch das Virus wäre der Weg zu einem leistungsfähigen Baukasten für die schnelle Impfstoffproduktion wohl nicht in so kurzer Zeit und nicht derart erfolgreich gangbar gewesen. Dieses Beispiel macht Mut, weil es zeigt, was kurzfristig möglich ist, wenn die Akteure sich einig sind und professionell zusammenwirken, ohne das Ziel zwischendurch aus den Augen zu verlieren und ohne an regulatorischen Hürden zu scheitern. Gleichzeitig wirft es die Frage auf, was geschehen muss, um Ähnliches im Bereich der Materialwissenschaft oder beim Umgang mit den Ressourcen der Erde zu erreichen.

„Innovation“ geht weiter als „Invention“, die bahnbrechende Idee oder Erfindung. Zur Innovation wird eine Erfindung erst, nachdem sie erfolgreich auf dem Markt etabliert werden konnte (Joseph Schumpeter 1911). Dabei sind viele Hürden zu nehmen – technologische, wirtschaftliche und auch regulatorische. Auf diesem steinigen Weg blieben und bleiben viele gute Ideen stecken und es ist schwer abzuschätzen, welche Technologien sich in Zukunft tatsächlich durchsetzen werden. Das heißt, es muss immer parallel an verschiedenen Konzepten gearbeitet werden, auch um auf sich ändernde Rahmenbedingungen flexibel reagieren zu können.

Für einen nachhaltigen Erfolg braucht es, außer der Grundlagenforschung an Universitäten und Hochschulen, eine leistungsfähige und an aktuellen Themen ausgerichtete anwendungsorientierte und vorwettbewerbliche Entwicklung, die auch staatlich gefördert werden muss. Diese Förderung ist unverzichtbar, weil normalerweise der Weg lang und kostenintensiv ist, wenn aus einer Erfindung eine Innovation werden soll. Wer noch an keiner großtechnischen Umsetzung einer Invention wirklich gearbeitet hat, tendiert zu der Aussage, dass seine „bahnbrechende“ Erfindung ja jetzt „nur noch“ umzusetzen sei, dass mit Abschluss der Laborarbeiten ja schon das meiste erledigt sei. Die sehr geringe Anzahl an tatsächlich erfolgreichen Innovationen zeigt aber, dass eine Umsetzung in der Praxis doch nicht so einfach und reibungslos gelingt. Es sind neben der Großindustrie oftmals die anwendungsnah forschenden Institutionen und Einrichtungen, die zusammen mit Spin-offs Inventionen erfolgreich umsetzen können.

Staatliche Förderung ist wichtig, um aus einer Erfindung eine Innovation zu machen.

Die Probleme haben sich mittlerweile verschärft.

Herausforderungen

Die gegenwärtige Situation ist besonders fordernd, weil in den vergangenen Jahren einige Problemfelder augenfällig und drängend geworden sind. Nachdem diese in der Vergangenheit wohl nicht mit ausreichender Entschiedenheit angegangen wurden, besteht jetzt die Aufgabe, sie unter erschwerten Bedingungen (Energiekrise und Inflation) politisch und wissenschaftlich parallel und annähernd gleichzeitig zu lösen. Damit hat die Komplexität der zu bearbeitenden Fragestellungen stark zugenommen und einfache sowie ökonomisch und ökologisch sinnvolle Lösungen werden immer schwieriger. Energie- und Ressourcenknappheit, Fachkräftemangel, Klimawandel, eine ständig weiter wachsende Weltbevölkerung, Migrationsbewegungen, demografischer Wandel, die global-strategische Situation und aktuelle politische Entwicklungen in Europa erschweren die Situation zusätzlich. Der „Club of Rome“ hat jüngst eine neue Studie veröffentlicht,³ die dies in zwei Szenarien darlegt und die Notwendigkeit aufzeigt, jetzt zu handeln.

Für die technologische Unterstützung bei der Umsetzung von Inventionen ist zudem der Zugang zum Kapitalmarkt wichtig, auch um global wettbewerbsfähig sein zu können. Während beispielsweise in den USA stark diversifizierte Investoren verfügbar sind, agieren Kapitalgeber in Deutschland und Europa sehr konservativ und vorsichtig. Oftmals werden sachfremde Argumente ins Feld geführt, die die Offenheit für Neues und das Erarbeiten von konstruktiven Lösungen behindern.

Als weitere große Herausforderung sollte Europa wieder ein gewisses Maß an technologischer Souveränität in wichtigen Bereichen wie Medizin, Elektronik, Energie, Rohstoffe und Nahrungserzeugung anstreben. Kerntechnologien sowie das Produktions-Know-how von Schlüsselkomponenten müssen im eigenen Land verfügbar oder bei Bedarf reaktivierbar sein. So ist die Lage beispielsweise bei der Belieferung mit Halbleiterelementen und Mikrochips sowie durch Engpässe bei der Verfügbarkeit von Konstruktionsmaterialien und Energie für viele Firmen existenziell bedrohlich. Was vor Jahren in kostengünstig produzierende Drittländer verlegt wurde, schaffte wirtschaftliche Abhängigkeiten und aktuell Probleme bei der Herstellung von Produkten mit hoher Wertschöpfung.

Ein gleichermaßen brennendes Thema ist die Versorgung mit Rohstoffen. So beruht der Erfolg der Elektromobilität neben der Verfügbarkeit und den Kosten für Energie auch auf einem ungehinderten Zugang zu den meist metallischen Rohstoffen. Intelligenter Materialnutzung (Circular Economy) und effiziente Prozesse können beitragen, die Folgen der beschriebenen Abhängigkeiten abzumildern.

Rahmenbedingungen

Innovation in die richtige Richtung zu fördern, mit dem Ziel, eine nachhaltige Entwicklung in eine sichere und lebenswerte Zukunft zu ermöglichen, ist unerlässlich und auch Aufgabe der Politik. Das Bewusstsein dafür zu schaffen, ist jedoch Aufgabe von uns allen. So ist „Klimaschutz“ bereits in den Sustainable Development Goals (SDG) der Vereinten Nationen als wichtiges Ziel formuliert. Und auch auf Europäischer Ebene sind bereits wichtige Weichenstellungen erfolgt. Ein Beispiel ist der „Green Deal“, der aber allein nicht ausreichen wird. Im Sinne schneller Erfolge müssten auf nationaler Ebene weitere Schritte folgen.

Politische und regulatorische Rahmenbedingungen sollen eigentlich helfen, den schnellen Transfer nachhaltiger Innovationen zu befördern. Doch in der Praxis haben Innovatoren regelmäßig mit unübersichtlichen und langwierigen Verwaltungsvorgängen zu kämpfen oder sie scheitern am Widerspruch oder der Einflussnahme von Interessensgruppen. Auch ist die Bereitschaft, Neues zu wagen, in Deutschland nicht sonderlich ausgeprägt. Wir alle sind hier gefordert, ein positives gesellschaftliches Grundverständnis für die Notwendigkeit nachhaltiger Veränderungen zu schaffen und Partikularinteressen stärker zu hinterfragen. Die junge Generation ist in vielerlei Hinsicht weiter. Themen wie Klima- und Umweltschutz, Ressourcenschonung und nachhaltiges Handeln werden zunehmend als lebenswichtig gesehen. Aus eigener Erfahrung kann ich bestätigen, dass sich leichter motivierte Fachkräfte finden lassen, wenn diese Ziele offensichtlich in der eigenen Institution verfolgt werden.

Politische und regulatorische Rahmenbedingungen sind oft kontraproduktiv.

Lösungsansätze

Substitution und Kreislaufwirtschaft

Moderne Materiallösungen bieten schon eine ganze Menge. Nach und nach werden kritische oder schädliche Materialien durch neue Funktionsmaterialien ersetzt, wenn auch nicht immer unbedingt in der Geschwindigkeit, in der das wünschenswert wäre. Die Verordnungen REACH, RoHS und WEEE oder die EU-Altautoverordnung haben hier sicher wichtige Meilensteine gesetzt.

Materialinnovationen sollten ressourcenschonend sein.

Neben der Substitution kritischer Materialien sollten Materialinnovationen ökonomisch vorteilhaft und ökologisch verträglich sowie auch ressourcenschonend sein. Natürliche Ressourcen sollten nur mehr in reduziertem Umfang eingesetzt werden. Einen Schlüssel hierzu bieten innovative und effiziente Material- und Recyclingtechnologien, die den – auch ökonomisch interessanten – Übergang in eine Kreislaufwirtschaft ermöglichen können. Das gelingt besser, wenn alle Produktbestandteile möglichst vollständig zurückgewonnen werden und dabei die Materialfunktionalitäten erhalten bleiben.

Es sollte nicht vorrangiges Ziel sein, alle Produkte bis hin zu den chemischen Elementen aufzuarbeiten, wie es bei den klassischen Recyclingverfahren der Fall ist. Oftmals werden dafür mehr Ressourcen (auch Energie) verbraucht, als an Rohstoffwerten zurückgewonnen werden kann. Viele dieser Verfahren sind damit nicht oder nur eingeschränkt wirtschaftlich. In jüngerer Zeit entwickelte innovative Verfahren ermöglichen hingegen eine zielgenaue Zerlegung entlang von Materialgrenzen. So können die Komponenten oder auch funktionelle Materialien weitestgehend sortenrein und oftmals sofort wieder einsetzbar zurückerhalten werden. Das spart Energie und Ressourcen, benötigt aber neue Verfahren und Wissenschaftler sowie Ingenieure, die diese entwickeln und beherrschen. Neben der Zukunftschance für gut ausgebildete Verfahrenstechniker und Ingenieure eröffnen sich spannende Möglichkeiten, um dann aus qualitativ viel hochwertigeren Sekundärrohstoffen Produkte in Primärqualität herstellen zu können.

Ein Beispiel ist der rasant steigende Bedarf an Batteriematerialien und der in absehbarer Zeit auflaufende Berg an ausgedienten Traktionsbatterien von Elektrofahrzeugen aus erster und zweiter Generation. Bisher können Fahrzeugbauer ihren Bedarf kaum aus europäischer Produktion decken. Welche Folgen das vor dem Hintergrund von globalen Krisen haben kann, zeigen uns gerade die Lieferschwierigkeiten in der Elektronik-Zulieferindustrie. Durch funktionelles Recycling können aber ab 2040 Aktivmaterialien im Wert von circa fünf Milliarden Euro pro Jahr wiedergewonnen und zur Produktion von

neuen Batteriezellen eingesetzt werden.⁴ Ein Mitarbeiter des Fraunhofer ISC hat kürzlich die Firma CellCircle gegründet, um neue Verfahren zur Rückgewinnung und Trennung aller Aktivmaterialien in einer Batteriezelle anzuwenden und die zurückgewonnenen Verbindungen sofort wieder zur Produktion von neuen Batteriezellen einzusetzen.

Energiewende und Batterien

Für die Nutzung „Grüner Energien“ spielen nachhaltige Materialtechnologien ebenfalls eine wichtige Rolle. Die volatile Stromerzeugung durch Wind, Wasser und Sonne ist ohne geeignete Speicher und Netze nicht effizient nutzbar. Der Einsatz intelligenter neuer Technologien und innovativer Energiespeicher schafft hier die Voraussetzung für den erfolgreichen Umbau unserer Energieinfrastruktur. Batterien wird hier in Zukunft eine wichtige Rolle zukommen. Es etablieren sich gerade unterschiedliche Batteriesysteme, die für diverse Anwendungen bereits heute einen Mehrwert bieten. Ein wichtiger Standortfaktor im globalen Wettbewerb wird sein, die Batteriezellfertigung ins Land zu holen. So ist das Bayerische Forschungs- und Entwicklungszentrum Elektromobilität FZEB am Fraunhofer ISC derzeit an rund 20 nationalen und internationalen Projekten rund um die Entwicklung innovativer Batterietechnologien und Recyclingverfahren beteiligt und arbeitet an der Europäischen Roadmap BATTERY 2030+ mit.

Ein weiteres Standbein für die Energiewende können biogene Kraftstoffe sein, wenn es gelingt, die Konkurrenz zwischen „Nahrung“ und „Technik“ klug zu lösen – ebenfalls wieder mit Material- und Technologieinnovationen.

Grüne Wasserstofftechnologien

Wasserstoff als Energieträger wird zweifellos in Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Mit ihm lassen sich Industrieprozesse dekarbonisieren, zum Beispiel bei der Verhüttung von Eisen, und Wasserstoff kann auch chemischer Rohstoff sein.⁵ Noch erreichen aktuelle Verfahren Wirkungsgrade von „nur“ 30 bis 40 Prozent, wenn erzeugter Wasserstoff verflüssigt oder verdichtet werden muss. Für den effizienten Transport und die Lagerung braucht es ebenso neue Materialien. So werden beispielsweise am Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperaturleichtbau HTL des Fraunhofer ISC in Bayreuth besonders druckstabile und trotzdem leichte Tanks aus faserverstärkten Kunststoffen untersucht, die mit wasserstoffdichten Barrierematerialien ausgerüstet wurden, um die Langzeit-Lagerfähigkeit zu verbessern und einen höheren Grad an Sicherheit gewährleisten zu können.

Wasserstoff ist ein Energieträger der Zukunft.

**Forschungsergebnisse
müssen schnell
umgesetzt werden
können.**

Gesundheit und Lebensqualität

Neben Seuchen wie der aktuellen COVID-Pandemie bedrohen auch weniger spektakuläre Gesundheitsgefahren unser Leben, angefangen bei der Versorgung mit sauberem Wasser und der Entsorgung von Abwässern bis hin zu den Volkskrankheiten Bluthochdruck, Diabetes, Karies, Übergewicht, Krebs und anderen. Ein schnellerer Transfer von Forschungsergebnissen in die Anwendung kann hier buchstäblich Leben retten. Neue In-vitro-Testsysteme können seit kurzem schnell und zuverlässig für das Screening von Wirkstoffen und Kosmetika genutzt werden. Derartige dreidimensionale Testsysteme basieren auf menschlichen Zellen, die als Organoide auf geeigneten Substratmaterialien im Labor kultiviert werden und so die Haut, die Augenhornhaut, den Darm, das Herz oder die oberen Atemwege nachbilden können, sowohl als gesundes als auch als erkranktes Zellgewebe, bis hin zu Tumorgewebe. An ihnen lässt sich nachweisen, ob ein Medikament wirkt oder vielleicht sogar gefährlich ist.

Mit den neuen, langlebigen In-vitro-Modellen, wie sie im Translationszentrum für Regenerative Therapien am Fraunhofer ISC entwickelt werden, können somit Wirkstofftests in vitro durchgeführt werden, ganz ohne Tierversuche. Nicht nur Versuchstieren wird so Leid erspart, auch der Zulassungsprozess kann beschleunigt und letztlich können Ressourcen eingespart werden.

Digitalisierung und Künstliche Intelligenz

Zur Lösung der großen globalen Probleme werden auch leistungsfähige Instrumente zur Realisierung von Materialinnovationen benötigt. Es geht darum, die Effizienz zu erhöhen und mit weniger Ressourceneinsatz zum Ziel zu kommen. Methoden der Digitalisierung, eine standardisierte Materialdatenerfassung, „digitale Zwillinge“, eine offene Dateninfrastruktur, geeignete Ontologien und Künstliche Intelligenz können das effektiv unterstützen. Mit dem Programm MaterialDigital hat das Bundesforschungsministerium bereits einen wichtigen ersten Schritt getan. Und auch die Industrie hat das Potenzial erkannt. Neue Digitalisierungsprojekte verbessern das Management von Rohstoffen und Wertstoffkreisläufen, auch um eine Lieferkettenresilienz zu erreichen. Die Digitalisierung erlaubt zudem eine Parallelisierung von Entwicklungsprozessen und einen ressourcensparenden und schnelleren Zugang zu Inventionen.

Doch wie sieht es mit dem Transfer aus? Trotz Digitalisierung ist Deutschland im vergangenen Jahrzehnt merklich langsamer geworden, auch weil die Strukturen in den Landes- und Bundesministerien mittlerweile starrer und weniger flexibel sind und die Vorgaben zu Verwaltung, Beschaffung, Nachweispflichten und Regulatorik ständig weiter verschärft werden. Durch den steigenden zeitlichen Aufwand für Verwaltungstätigkeiten müssen produktive Arbeiten eher zurückgefahren werden und mögliche Innovationen laufen Gefahr, schon früh zu scheitern. Im Sinne einer raschen Realisierung müssen wir wieder flexibler werden und wir brauchen pragmatische Lösungen.

Zusammenarbeit Industrie mit anwendungsnaher Entwicklung

Innovationen sollten schnell skalierbar sein, damit sie zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit beitragen können. Einzelne Start-ups sind dafür meist zu klein. Ihre Stärke ist die erste wirtschaftliche Umsetzung einer Invention. Große Unternehmen können das sehr viel besser und schneller, sofern sie ihre Chancen erkennen und wahrnehmen. So hat die Zusammenarbeit zwischen Fraunhofer und Unternehmen in der Vergangenheit immer wieder spannende Innovationen ermöglicht. Mittlerweile werden auch neue Konzepte realisiert, um an unterschiedlichen Stellen vorhandene Kompetenzen zu bündeln, zum Beispiel virtuelle oder reale Projektzentren oder gemeinsame Teams, die an einem Standort eng zusammenarbeiten. In solchen „Innovations-Ökosystemen“ sind schnellere Umsetzungen möglich, wenn die Beteiligten aus anwendungsnaher Forschung und Industrie zumindest temporär gemeinsam und kollegial an der Umsetzung arbeiten.

Innovationen sollten schnelle Veränderungen bewältigen können.

Bayern

Die HighTech-Agenda Bayern kämpft um die besten Köpfe für hohe wissenschaftliche Exzellenz und beste Ausbildung, als Basis für eine innovative Zukunft. Auch bei der Förderung von anwendungsnahen Technologien und der Realisierung von Produktideen ist Bayern immer wieder Vorreiter. Eine Herausforderung besteht aber noch bei Ausbau und Speicherung von regenerativ erzeugter Energie.

Fazit

Man sollte weiterhin in Bildung investieren und Mut zur Innovation haben.

Wettbewerbsfähigkeit ist Voraussetzung für jede Innovation. „Humanes Kapital“ in Form gut ausgebildeter und engagierter Fachleute ist in Deutschland vorhanden, wengleich der Fachkräftemangel langsam die bereits vor Jahren prognostizierten dramatischen Formen annimmt. Es ist für den Erhalt dieses Kapitals essenziell, weiterhin in Bildung zu investieren und den Mut zur Innovation zu haben. Und es sollten Prioritäten innerhalb des Wissenschaftssystems gesetzt werden: Die Schaffung von „Leuchttürmen“ und Spitzenforschung gelingt nicht so gut, solange in den Bundesländern und teilweise auch in einzelnen Regionen auf identische Themen gesetzt wird. Dadurch „dissipieren“ Fördermittel und unzureichend finanzierte Aktivitäten bleiben regelmäßig unterkritisch. Andererseits gäbe es genügend Themen, um diverse lokale Leuchttürme mit ausreichend hoher Förderung in den unterschiedlichen Bundesländern zu etablieren. Regulatorische Themen müssen (selbst-)kritisch und strategisch betrachtet werden, auch unter dem Aspekt, was gebraucht wird, um Materialinnovationen schnell und erfolgreich in den Markt zu bringen.

Eine möglichst ideologiefreie und offene Gestaltung neuer Geschäftsmodelle, auch basierend auf der Digitalisierung und gemeinsamen Datenbanken und im Kontext mit einem weiterentwickelten Know-how-Schutz, wird eine wichtige gesellschaftliche und politische Aufgabe sein. Ressourcenintensive Produkte sollten mittelfristig nur noch geleast oder gemietet werden können, um den Rückfluss wichtiger und knapp werdender Rohstoffe in den Wertstoffkreislauf sicherzustellen. Und es braucht neue Beteiligungsmodelle, um den Zugang zum Kapitalmarkt zu erleichtern.⁶

///

Anmerkungen

- ¹ UNEP: Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth, 2011.
- ² UNEP: Global Resources Report 2019.
- ³ Reports to the Club of Rome: Earth for all – A survival guide to humanity, Jackson, TN 2022.
- ⁴ NPM-Bericht Batterierecyclingmarkt Europa: Chance für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft, 2021.
- ⁵ Fraunhofer-Gesellschaft e.V.: Kompetenz für das Wasserstoffzeitalter, München 2022.
- ⁶ Vielen Dank an Frau Marie-Luise Righi und Frau Nicole Klinger aus dem Fraunhofer ISC für deren wertvolle Beiträge und Korrekturen.