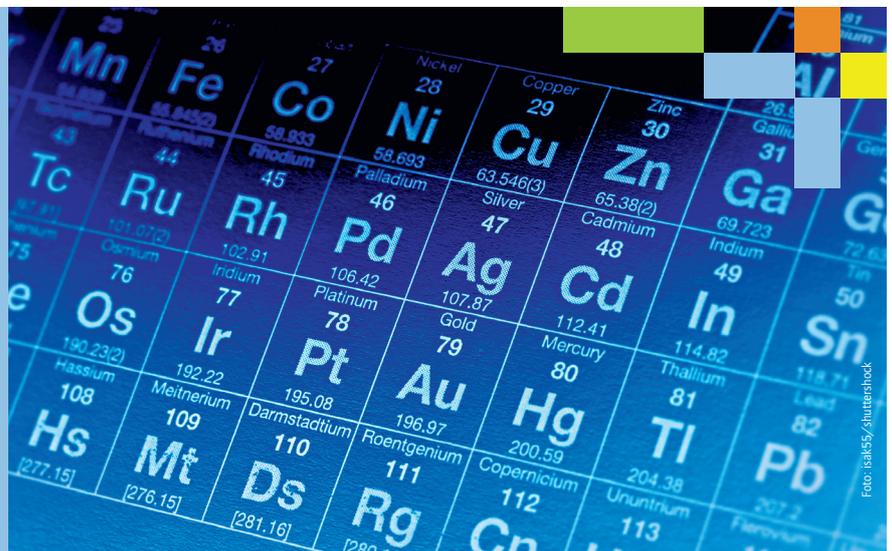


Rahmenbedingungen für die Zukunft der Werkstoffe

Analyse und Handlungsempfehlungen

acatech (Hrsg.)



Quasi alle Produkte – quer durch sämtliche Branchen – hängen von maßgeschneiderten innovativen und klassischen Materialien und Werkstoffen ab. acatech hat die gesetzlichen Rahmenbedingungen und die Situation der wichtigsten klassischen Werkstoffklassen für den Standort Deutschland analysiert. Das Fazit ist: Deutschland muss auf einen effizienteren Einsatz von Energie, Materialien und Werkstoffen hinarbeiten und Kreisläufe schließen.

Dabei muss die Balance zwischen den unverzichtbaren Materialien für die moderne Gesellschaft und dem Schutz von Mensch, Gesundheit und Umwelt weiterhin faktenbasiert und kontinuierlich auch in den politischen Prozessen diskutiert werden. Aus diesem Ergebnis leiten sich die nachfolgenden Empfehlungen an Politik, Wissenschaft und Wirtschaft ab. Sie zielen auf einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen im Sinne einer Circular Economy.

Die Rahmenbedingungen im Überblick

Regulierungen: Energiepreise, Rohstoffpreise und Emissionshandel

Die Werkstoffindustrie ist einer der energieintensivsten Industriezweige in Deutschland. Forschung und Industrie haben in der Vergangenheit große Anstrengungen unternommen, die Produktion von Werkstoffen energieeffizienter zu gestalten. Größten Einfluss auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit dieser Branchen haben insbesondere das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und das EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS).

Versorgungssicherheit: Verfügbarkeit von Rohstoffen

Deutschland ist ein rohstoffarmes Land: Mit Ausnahme der Glasindustrie und der Zement- und Betonhersteller – Steine,

Sand und Kies sind als Ausgangsstoffe vor Ort verfügbar – hängen alle anderen Werkstoffbranchen von Rohstoffimporten ab. Werden außerdem Güter, aber auch Altgeräte und Schrott exportiert, bleiben die verarbeiteten Werkstoffe im Ausland und können nicht im Inland recycelt und wiederverwendet werden.

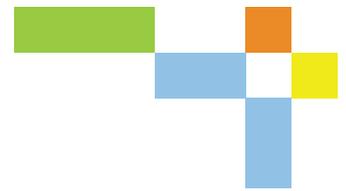
Nachhaltigkeit: Recycling, Materialeffizienz, Kreislauffähigkeit

Nachhaltigkeit, Material- und Energieeffizienz sind sowohl bei der Herstellung als auch bei der Anwendung der verschiedenen Werkstoffe wichtig. Im Sinne eines nachhaltigen Life-Cycle-Managements sind außerdem die Lebensdauer sowie die Reparatur- und Recyclingfähigkeit von Produkten entscheidend.

Die Situation ausgewählter Werkstoffklassen

Stahl

Die Eisen- und Stahlindustrie ist ein vergleichsweise energieintensiver Industriezweig und zählt somit auch zu den weltweit größten CO₂-Emittenten. Daher ist ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit eng an Strompreise und Umweltauflagen gebunden. Aufgrund technischer Grenzen, welche weitere Prozessoptimierungen bei der Herstellung in naher Zukunft unwahrscheinlich machen, sind Ausnahmeregelungen und Belastungsbegrenzungen bei Energieumlagen und -abgaben für die Stahl- und Eisenindustrie nach wie vor wichtig. Höhere CO₂-Einsparungen sieht die Branche vor allem bei der Entwicklung und Anwendung neuartiger Stähle.



Nichteisenmetalle: Aluminium und Kupfer

Aluminium und Kupfer werden an der London Metal Exchange gehandelt und unterliegen dementsprechend einem harten globalen Wettbewerb. Die Preise werden hauptsächlich vom Strompreis getrieben. Ohne Privilegierung für deutsche Aluminiumerzeuger hätten allein die Stromkosten den Marktpreis von Aluminium überschritten. Die Energiewende wird von Branchenvertretern daher als Herausforderung begriffen. Da die Ausgangsmaterialien sowohl für Kupfer als auch für Aluminium importiert werden müssen, hängt die Handlungsfähigkeit außerdem von den Rohstoffpreisen ab.

Kunststoffe

Ebenfalls für die gesamte Grundstoffchemie stellt die Energiewende eine Herausforderung dar. Aktuell greifen zahlreiche Betriebe auf Stromkostenkompensationen zurück, doch ist es fraglich, ob auch künftig eine Befreiung von der EEG-Umlage möglich sein wird. Neben den hohen Energiepreisen sorgen sich Branchenvertreter zudem um die Sicherheit der Energieversorgung und der Versorgung mit Kunststoff. Es wird daher die Bedeutung des Wechsels von der Erdöl- zur biobasierten Chemie hervorgehoben.

Glas

Besonders energieintensive Unternehmen der Glasindustrie sind teilweise von der EEG-Umlage sowie von Netzentgelten befreit und können durch die Carbon-Leakage-Kriterien beim Emissionshandel sparen. Eine Senkung der Treibhausemissionen seitens der Glasindustrie ist aus physikalisch-technischen Gründen nicht möglich. Ein großes Plus gibt es bei der Versorgungssicherheit und Nachhaltigkeit: Primärrohstoffe (Quarzsand) sind in Deutschland reichlich vorhanden. Durch das hundertprozentige Recycling ohne Qualitätsverluste steht auch Recyclingglas als Sekundärrohstoff ausreichend zur Verfügung.

Beton, Zement, Steine

Die Zementindustrie benötigt zum einen große Mengen an Brennstoffen, zum anderen wird beim Brennen des Rohstoffgemischs viel CO₂ freigesetzt. Die Zementindustrie erhält zwar eine Zuteilung kostenfreier Zertifikate im Europäischen Emissionshandel. Sollte der Carbon-Leakage-Schutz ab 2020 jedoch schwächer ausfallen, könnte das eine Verlagerung der Produktion ins außereuropäische Ausland mit sich bringen. Neuartige

Zemente, Bindemittel und Baustoffe wie kohlenstofffaserverstärkter Beton können eine interessante sowie energie- und ressourcenschonende Alternative zu herkömmlichen Werkstoffen darstellen. Die Rohstoffversorgung ist gesichert, alle Rohstoffe der Zementbranche werden überwiegend in Deutschland gefördert.

Verbundwerkstoffe – speziell kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe

Im Vergleich zu anderen, konkurrierenden Materialien hat die Kohlenstofffaserherstellung einen höheren Energiebedarf. Durch die Subventionierung der Energiepreise von wettbewerbbenden Branchen wie Aluminium hat die Kohlenstofffaserbranche einen Wettbewerbsnachteil. Allerdings steht die Branche erst am Anfang ihrer Entwicklung; in den letzten zehn Jahren konnte der Energieverbrauch während der Kohlenstofffaserherstellung bereits um fünfzig Prozent reduziert werden. Neue Technologien, Materialien, Berechnungen und Verfahren lassen weitere enorme Sprünge in Bezug auf die Energieeinsparung in der Zukunft vermuten.

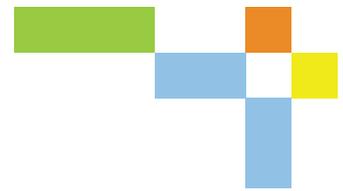
Funktionswerkstoffe

Funktionswerkstoffe sind eine heterogene Gruppe von Materialien mit beispielsweise besonderen elektrischen, magnetischen, akustischen, optischen oder biologisch-chemischen Eigenschaften. Funktionswerkstoffe sind Schlüsselkomponenten für Energiespeicher, Energiewandler- und Energietransportapplikationen inklusive Smart Grid. Rohstoffe wie seltene Erden kommen weltweit an verschiedenen Stellen vor, der Markt wird aber von China dominiert. Die Importabhängigkeit Deutschlands von Strategiemetallen liegt in der Regel bei einhundert Prozent.

Die Handlungsempfehlungen im Überblick

1. Voraussetzungen für einen fairen Innovationswettbewerb der Werkstoffbranche schaffen

Nationale oder europäische Regelungen, zum Beispiel beim Emissionshandel, bei umweltbezogenen Grenzwerten oder bei den Strompreisen, dürfen die deutsche Werkstoffbranche in ihrer internationalen ökonomischen Wettbewerbsfähigkeit nicht gefährden. Im Rahmen des Emissionshandels und der



Auf einen Blick

- Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften identifizierte das Thema „Werkstoffe der Zukunft“ in der jährlich intern stattfindenden Technikthemenumfrage als eines der bedeutendsten Themen für die kommenden Jahre.
- Für folgende 7 Werkstoffklassen hat acatech mithilfe einer Umfrage und der Auswertung von Positionen und Papieren die Rahmenbedingungen der Regulierung, Versorgungssicherheit und Nachhaltigkeit analysiert: Stahl; Nichteisenmetalle; Kunststoffe; Glas; Beton, Zement und Stein; Verbundwerkstoffe; und Funktionswerkstoffe.
- Alltägliche sowie innovative Produkte und Technologien sind auf maßgeschneiderte neue und klassische Materialien und Werkstoffe angewiesen. Der Wettbewerb zwischen den Werkstoffen ist darüber hinaus ein wesentlicher Treiber für Innovationen in allen Sektoren der Wirtschaft.
- Fast alle Werkstoffe hängen stark von Energiepreisen und dem CO₂-Emissionshandel ab. Zudem ist Deutschland als mit Ausnahmen weitgehend rohstoffarmes Land von der Verfügbarkeit der Rohstoffe und vom internationalen Handel abhängig.
- Den Wettbewerb zwischen den Werkstoffen vor dem Hintergrund von steigenden Energiepreisen, Regulierung und globalem Wettbewerb fair und offen möglich zu machen, ist die zentrale Empfehlung an die Politik.
- Wirtschaft und Wissenschaft sind aufgefordert, weiterhin Werkstoff-Innovatoren zu sein. Dabei muss die Balance zwischen den Werkstoffen, deren Produktion, Nutzung sowie Recycling und dem Schutz von Mensch, Gesundheit und Umwelt kontinuierlich faktenbasiert diskutiert werden.
- Politische Entscheidungen müssen den Schutz von Mensch und Umwelt mit der Entwicklung von Wohlstand und Wirtschaftswachstum in Einklang bringen. Die Auswirkungen von politischen Entscheidungen auf die Werkstoffwirtschaft müssen wissenschaftlich ermittelt und transparent gemacht werden.
- Die Umsetzung von Circular-Economy-Ansätzen und von Digitalisierungsvorhaben stehen dafür genauso im Fokus der Handlungsanforderungen wie die Zielanalyse von Regulierungsmaßnahmen, die Umsetzung von Öko-design- und Recycling-Richtlinien, die Förderung interdisziplinärer Forschung, und der Mut zu Innovationen und ihrer wirksameren Kommunikation.

steigenden Energiepreise durch die EEG-Umlage bleibt die Werkstoffbranche weiterhin auf Ausnahmeregelungen angewiesen. Diese sollen vermeiden, dass die werkstofferzeugende Industrie in Länder abwandert, die günstiger und häufig zu schlechteren Bedingungen für Klima, Umwelt und Gesundheit produzieren können. Für einen fairen Innovationswettbewerb braucht die Werkstoffbranche nicht nur Ausnahmen bei der EEG-Umlage, es muss auch gewährleistet sein, dass nicht mehr CO₂-Zertifikate auf dem Markt sind, als benötigt werden.

2. Kreisläufe schließen und Rückgewinnung aus Schrott und Altprodukten im Sinne der Circular Economy verbessern

Schrott und Altprodukte, die im Inland anfallen, leisten einen erheblichen Anteil an der Produktion von Neuware. Dieser Anteil lässt sich steigern, wenn die Rückführung in den Ressourcen und Materialkreislauf verbessert wird. Insbesondere bei

kritischen Roh- und Werkstoffen, deren Versorgungssicherheit in Deutschland gefährdet ist, können Ausfuhrbeschränkungen von Schrott und funktionsfähigen Altprodukten notwendig werden. Die Endlagerung von Rohstoffen in Halden oder in der Asche von Verbrennungsanlagen mit ökonomisch vertretbarem Aufwand nicht rückgängig zu machen, ist ökologisch, ökonomisch und mit Blick auf die wachsende Abhängigkeit Deutschlands von Rohstoffen nicht vertretbar. Hier sollte mehr in Forschung investiert werden, um diese Verluste so weit wie möglich zu verringern. Ein ethischer Aspekt kommt hier ebenfalls zum Tragen: Deutschland exportiert Altprodukte und Abfälle in Entwicklungsländer, die dort unter Gefahren für Gesundheit und Umwelt zerlegt und recycelt werden. Andererseits wird durch die Ausfuhr funktionstüchtiger Produkte deren Lebens- und Nutzungsdauer häufig verlängert.



3. Ökodesign-Richtlinie auf den gesamten Lebenszyklus anwenden

Gegenwärtig steht bei der Anwendung der Ökodesign-Richtlinie der Energie- und Materialverbrauch von Produkten bei der Erzeugung und in der ersten Nutzungsphase im Vordergrund. Beim Gesamtenergie- und -materialverbrauch sind jedoch die Lebensdauer, Reparaturfähigkeit und die Recyclingfähigkeit ebenso entscheidend. Auch die Standardisierung von Schnittstellen, zum Beispiel bei der Stromversorgung und bei Steckverbindungen aller Art, ist entscheidend für die Effizienz des Material- und Ressourceneinsatzes – häufig landet heute mit dem defekten Gerät auch das funktionstüchtige Netzteil im Müll. Eine auf den gesamten Lebenszyklus ausgerichtete Ökodesign-Richtlinie muss von der Politik auf Basis materialwissenschaftlicher Evidenz weiterentwickelt werden. Der dafür bestehende Forschungsbedarf wird in der Handlungsempfehlung 7 benannt.

4. Ökodesign-Richtlinie auf alle Branchen ausweiten

Ein nachhaltiges Life-Cycle-Management von Produkten erfordert, dass alle Mitspieler einer Produktentwicklung an einem Strang ziehen. Nur so entsteht die Basis dafür, dass sich Material und Ressourcenkreisläufe schließen. Das ist nur möglich, wenn die Grundidee der Ökodesign-Richtlinie auf alle Branchen ausgeweitet wird. Im Moment werden Transportmittel jeglicher Art von der Ökodesign-Richtlinie ausgeklammert. Diese Ausnahmen für Kraftfahrzeuge, Eisenbahnen, Flugzeuge, Schiffe sind auf ihre Berechtigung zu überprüfen.

5. Geplante Regulierungen auf Zielkonflikte analysieren und gegebenenfalls revidieren

Einige Richtlinien und Regularien lösen Zielkonflikte aus. Ein Beispiel ist der Zielkonflikt zwischen der Materialeinsparung durch immer kleinere Geräte und der Effizienz des Materialeinsatzes: Bei der Miniaturisierung von Bauteilen, zum Beispiel bei Elektrogeräten, wird zwar Material gespart. Allerdings erhöht sich durch die Vielfältigkeit der eingesetzten Werkstoffe auf immer engerem Raum die Komplexität der Produkte. Der Gehalt der einzelnen Materialien wird dermaßen gering, dass ein Recycling solcher Bauteile unrentabel oder sogar unmöglich wird. Solche Zielkonflikte müssen eine verstärkte Forschung und Entwicklung frühzeitig aufdecken. Weitere Konflikte bestehen gerade an der Schnittstelle zwischen dem Chemikalien-, Produkt- und Abfallrecht. So ist der Einsatz von recycelten Kunststoffen zum Beispiel in Lebensmittelverpackungen eingeschränkt. Regulierungen, die Zielkonflikte auslösen und ihr Ziel nicht erreichen, sollten vermieden beziehungsweise überdacht und

gegebenenfalls zurückgenommen werden. Derartige Zielkonflikte sind nur durch politische Entscheidungen zu lösen.

6. Durchgängige und konsequente Digitalisierung von Materialwissenschaft und Werkstofftechnik vorantreiben und etablieren

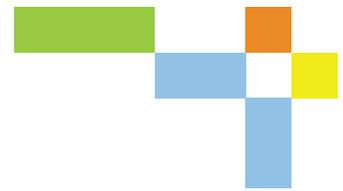
Die Werkstoffentwicklung ist einerseits wesentlich für die Digitalisierung. Schon die Entwicklung immer kleinerer und leistungsfähiger Chips wäre ohne sie undenkbar. Die Digitalisierung verbessert andererseits auch die Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. Digitale Datenbanken und Simulationen vereinfachen die Suche nach geeigneten Werkstoffen für spezifische Anwendungen und beschleunigen die Entwicklung neuer Werkstoffe. Daher ist für die Werkstoffforschung eine durchgängige Digitalisierung der Werkstoffe nötig – entlang der Wertschöpfungskette von der Forschung bis zum Produkt und zum Recycling.

7. Forschung zu Recyclingverfahren intensivieren und stärker fördern

Das Recycling von Werk- und Rohstoffen erfordert eine bessere Kooperation zwischen Werkstoffforschung und Produktentwicklung (siehe auch Empfehlung 8). Besonders wichtig wird diese Zusammenarbeit für Metalle aus Dünnschichttechnologien, wie Indium, Gallium, Europium, Tantal, oder für einige Katalysatormetalle. Nur im Zusammenspiel von Werkstoffforschung und Produktentwicklung und mit Blick auf die Recyclingmethoden lassen sich Zielkonflikte vermeiden, wie sie in Empfehlung 3 und 5 beschrieben wurden. Zudem fehlen insbesondere für Funktionsmaterialien zumeist technisch und wirtschaftlich machbare Recyclingmethoden. Die Forschungsförderung sollte einen stärkeren Schwerpunkt auf diesen Aspekt legen. Insgesamt müssen Forschung, aber auch Politik einem systemischen Kreislaufgedanken im Sinne einer Circular Economy mehr Beachtung schenken. Zu berücksichtigen sind dabei auch mögliche Wechselwirkungen aus der Einstufung von Stoffen gemäß dem Produktrecht mit Folgen für das Abfallrecht und das Recycling.

8. Werkstoff – Konstruktion – Fertigung: interdisziplinäres Arbeiten ausbauen und Lücke zwischen Materialentwicklung und fertigem Produkt schließen

Die Forschungsförderung in Deutschland zur (Weiter-)Entwicklung von klassischen und neuen Werkstoffen ist insgesamt gut aufgestellt. Eine ausgeprägte interdisziplinäre Forschung zwischen Werkstoffentwicklung, Produktentwicklung und Fertigungstechnologie muss das Förderziel sein und bleiben. Jedes Bauteil benötigt Werkstoffe, Konstruktion und Fertigung.



Die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands leidet, wenn einer dieser Bestandteile vernachlässigt wird. Die notwendige Durchgängigkeit zwischen Grundlagenforschung und angewandter Entwicklung erfordert je nach Zielstellung längere Projektlaufzeiten. Ebenso sind Pilotprojekte an Hochschulen und Forschungseinrichtungen wichtig, die Entwicklung von Demonstratoren, die Einrichtung von Innovation-Labs sowie die vermehrte Durchführung von Validierungsprojekten. Förderprogramme, Förderstellen und Projektträger sollten diesem Bedarf Rechnung tragen.

9. Mehr Mut zu innovativen Werkstoffen

Neue, innovative Werkstoffe werden von Unternehmen oft zögerlich eingesetzt, weil damit häufig ein hohes ökonomisches Risiko einhergeht sowie Normen und Standards verändert werden müssten. Außerdem erfordern sie häufig markante Umstellungen im eigenen Betrieb: Beispielsweise ändern sich der etablierte Produktionsprozess, die Verarbeitung der Produkte, die Arbeitsorganisation. Über Jahre aufgebaute Kompetenzen werden plötzlich hinfällig, neue müssen erlernt werden. Ein Beispiel dafür ist der Einsatz von innovativen Glasfaserleitungen für die Telekommunikation: Für die Unternehmen war es kurzfristig betrachtet günstiger, wie gewohnt klassische Kupferleitungen zu

verlegen – neue Arbeitsabläufe, neue Geräte oder neue Kompetenzen bei Mitarbeitenden waren dafür nicht nötig. Heute liegt darin eine Ursache des schleppenden Netzausbaus in Deutschland. Daher erfordert es Mut von Unternehmen, innovative Werkstoffe schneller in die Umsetzung zu bringen. Dafür ist eine stärkere Zusammenarbeit zwischen Forschung und Anwendung nötig, die Politik sollte die nötigen Anreize in öffentlichen Infrastrukturprojekten setzen.

10. Wirksamer und zielorientierter kommunizieren

Ohne innovative Werkstoffe und Materialien gibt es keine innovativen Produkte. Werkstoffinnovationen sind oft wenig sichtbar, aber unverzichtbar. Vor allem bei klassischen Werkstoffen wie Stahl oder Glas werden innovative Entwicklungen von der Öffentlichkeit und Politik kaum wahrgenommen. Häufiger geraten Werkstoffe in Negativschlagzeilen – beispielsweise Dämmmaterialien bei Hausbränden oder Plastikmüll. Verbände und Unternehmen, aber auch Fachkräfte sollten „ihre“ Werkstoffe und Materialien und deren positive Eigenschaften und Innovationspotenzial stärker kommunizieren und zugleich im gesellschaftlichen und politischen Dialog auf eine effizientere Verwendung im Sinne der Circular Economy hinwirken.

Methodische Grundlagen

Diese acatech POSITION ist in zweijähriger Projektgruppenarbeit entstanden. Grundlage der Inhalte bildeten eine umfassende Literaturlauswertung, ein Expertenworkshop und eine acatech Umfrage, in der Fachleute auf dem Gebiet der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik und Vertreterinnen und Vertreter der einschlägigen Verbände zu den Rahmenbedingungen für die Werkstoffe der Zukunft interviewt wurden. Mitgewirkt haben im Kern rund 25 Expertinnen und Experten in Deutschland, vielfach leitende Angehörige aus Forschungseinrichtungen, der Industrie und Verbänden. Gefördert wurde das Vorhaben durch den acatech Förderverein.

Herausgeber: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2019

Geschäftsstelle

Karolinenplatz 4
80333 München
T +49 (0)89/52 03 09-0
F +49 (0)89/52 03 09-900

Hauptstadtbüro

Pariser Platz 4a
10117 Berlin
T +49 (0)30/2 06 30 96-0
F +49 (0)30/2 06 30 96-11

Brüssel-Büro

Rue d'Egmont /Egmontstraat 13
1000 Brüssel (Belgien)
T +32 (0)2/2 13 81-80
F +32 (0)2/2 13 81-89

www.acatech.de
info@acatech.de