



Forschungsunion Wirtschaft · Wissenschaft

Zukunftsfeld Werkstofftechnologien

13. Sitzung

24. Juni 2008

Karl-Heinz Lust

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Prolog | 3 |
| 2 | Ausgangssituation | 6 |
| | 2.1 Positionierung der Werkstofftechnologien in der Hightech-Strategie | 6 |
| | 2.2 Strukturierung des Zukunftsfeldes „Werkstofftechnologien“ | 8 |
| | 2.3 Innovationshemmnisse | 9 |
| 3 | Formulierung von Forschungsaufgaben | 12 |
| 4 | Bildung von strategischen Partnerschaften | 19 |
| 5 | Handlungsbedarf und Empfehlungen im Überblick | 22 |
| | 5.1 Forschungsschwerpunkt Multimaterialsysteme | 22 |
| | 5.2 Organisation und Partnerschaften | 23 |
| | 5.3 Bildung und Qualifikation | 24 |
| | 5.4 Kommunikation und Öffentlichkeit | 26 |
| 6 | ANHANG | 28 |

Impressum

Karl-Heinz Lust; Promotor für das Zukunftsfeld Werkstofftechnologien
in der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft

mit Unterstützung von
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, Dr. phil. nat. Ursula Eul,
Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile



1 Prolog

Eine internationale Präsentationsbühne und zugleich Spiegel industrieller Leistungsfähigkeit ist alljährlich die Hannover Messe Industrie, mitten in Deutschland. Hier werden Auf- und Abwärtstrends in den existierenden globalen Industriemärkten erkennbar und ganz neue Märkte „gemacht“. Die Leistungsschau ist auch eine der wichtigsten internationalen Plattformen für Technologietransfer und ist ein Diskussionsforum für zentrale Zukunftsfragen, die sich der Industrie, der Forschung und der Politik gleichermaßen stellen. Unumgänglich werden dabei die globalen Herausforderungen adressiert, die sich aus dem Spannungsgefüge einer ungleichgewichtig wachsenden Weltbevölkerung, steigendem Wohlstand und steigender Umweltbelastung bei beschränkten natürlichen Ressourcen ergeben. Lösungsansätze werden diskutiert und präsentiert. Dabei nimmt Deutschland heute auf vielen technologischen Feldern eine führende Position ein. Als politikfeldübergreifende Initiative verfolgt die **Hightech-Strategie der Bundesregierung** das Ziel, geeignete Maßnahmen und Rahmenbedingungen zu entwickeln und zu etablieren, damit auf ausgewählten Zukunftsfeldern aus der Technologieführerschaft eine **Innovationsführerschaft bei der Lösung der anstehenden Herausforderungen in den Bereichen**

- **Gesundheit**
- **Klima- und Umweltschutz**
- **Energie**
- **Mobilität** und
- **Sicherheit** werden kann.

Basis aller dafür erforderlicher Technologien sind die Werkstoffe.

Laut der VDI-Gesellschaft Werkstofftechnik sind zwei Drittel aller technologischen Innovationen überhaupt von Werkstoffaspekten abhängig. Die Gesellschaft verlieh ihren diesjährigen Werkstoffpreis anlässlich der Hannover Messe 2008 für Arbeiten auf dem Gebiet der supraduktilen Leichtbaustähle, mit denen das Gewicht etwa von Autokarosserien um bis zu 15 % reduziert werden kann. Einige weitere Beispiele aus der aktuellsten internationalen Leistungsschau in Hannover sollen die Rolle der Werkstofftechnologien im Innovationsgeschehen schlaglichtartig beleuchten.

So wurde etwa der mit 100.000 € höchst dotierte internationale Industrie- und Technologiepreis, der Hermes Award, für eine werkstoffbasierte Innovation verliehen: eine Induktionsheizanlage auf der Basis von Hochtemperatur-Supraleitern,

Werkstoffe, für deren Entdeckung bereits 1987 zwei IBM-Wissenschaftler (Georg Bednorz, Karl Alexander Müller) mit dem Physik-Nobelpreis ausgezeichnet wurden. Die Award-Gewinner schätzen den Weltmarkt für ihre HTS-Induktionsheizanlagen für das Jahr 2010 auf 300 Mio. €.

Eine weitere für den Preis nominierte Entwicklung, ein Messmodul für die robuste, präzise und berührungslose Abtastung von bewegten Strukturen, beruht ebenfalls auf einem werkstoffspezifischen Phänomen. Zugrunde liegt hier der 1988 entdeckte Giant-Magneto-Resistance (GMR) - Effekt, für den die Physiker Peter Grünberg und Albert Fert im Jahr 2007 mit dem Physik-Nobelpreis ausgezeichnet wurden und der seit Mitte der 90er Jahre zum Auslesen in allen gängigen Festplatten genutzt wird.

Beide Beispiele stehen einerseits für eine Erfolgsgeschichte, verdeutlichen andererseits durch die lange Zeitspanne von der Invention bis zur Innovation aber auch eine der Schwierigkeiten bei werkstoffbezogenen Innovationen.

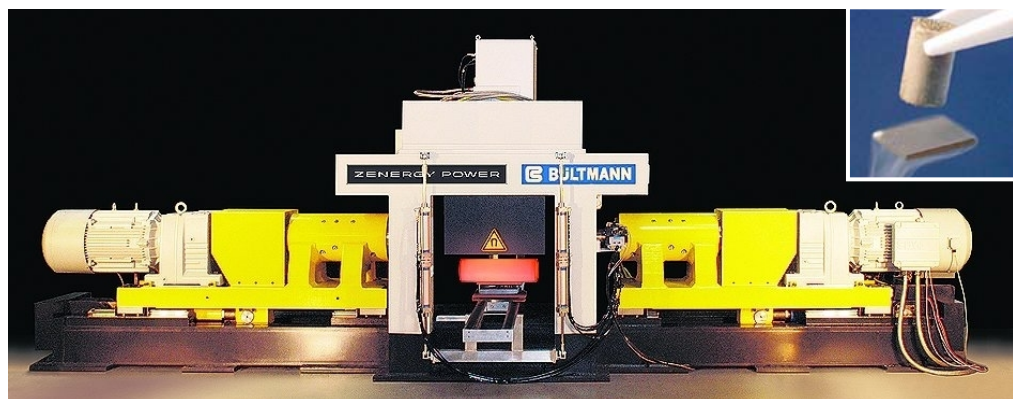


Abb. 1: HTS-Induktionsheizanlage (Bild: Zenergy Power) und Werkstoffprobe aus hochtemperatursupraleitendem-Material (Bild: Forschungszentrum Jülich).

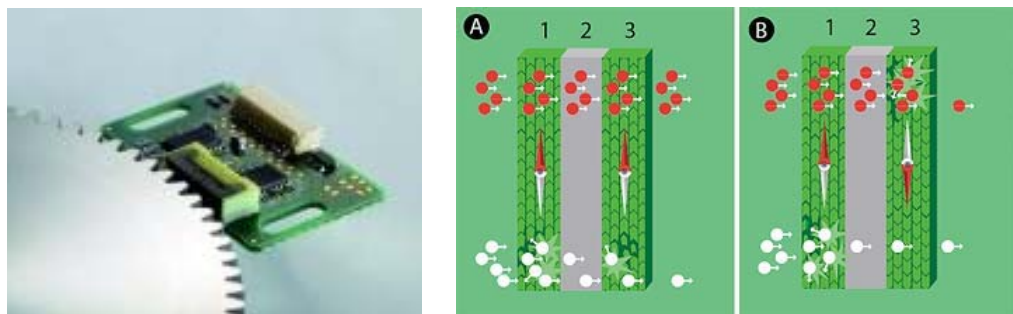


Abb. 2: GMR Zahnsensor Modul (Bild: Sensitec GmbH) und schematische Darstellung des GMR-Effektes bei Schichtsystemen aus dünnen, alternierend magnetischen und nichtmagnetischen Schichten (Bild: Nobel Foundation).

Analog zu diesen wenigen Beispielen aus der aktuellsten internationalen Leistungsschau der Industrie lassen sich Blitzlichter auf

- **die Energietechnik,**
- **die Elektronik- und Elektrotechnik,**
- **den Maschinen- und Anlagenbau,**
- **die Automation,**
- **die IuK-Technologien,**
- **den Fahrzeugbau,**
- **die Chemie,**
- **die Medizintechnik und**
- **die Luft- und Raumfahrttechnik**

werfen. Gleiches gilt für eine Reihe jüngerer Wachstumsfelder der deutschen Wirtschaft wie etwa

- **die optischen Technologien,**
- **die Mikrosystemtechnik,**
- **die Biotechnologie oder auch**
- **die Sicherheitstechnik.**

Für alle diese Industriezweige sind Werkstoffthemen in besonderem Maße essenziell und haben eine starke innovierende Hebelwirkung. Die Innovationsdynamik dieser wirtschaftlichen Leistungsträger in Deutschland hängt in hohem Maße von der Leistungsfähigkeit hochwertiger Werkstoffe ab. Werkstofftechnologien sichern und schaffen damit Arbeitsplätze in Deutschland. Insgesamt stehen mehr als 70 % des Bruttosozialproduktes in westlichen Technologieländern direkt oder indirekt im Zusammenhang mit der Entwicklung neuer Materialien (*Quelle: Arthur D. Little*).

Weitere wichtige Fortschritte bei der alternativen Energieerzeugung und der Energiespeicherung sind ohne die Werkstoffe nicht möglich.

2 Ausgangssituation

2.1 Positionierung der Werkstofftechnologien in der Hightech-Strategie

In ihrer Hightech-Strategie hat die Bundesregierung die Werkstofftechnologien als eines von 17 Zukunftsfeldern benannt und führt sie als Schlüsseltechnologie mit Querschnittscharakter. Dies impliziert (sehr berechtigt), dass Innovationserfolge in den Werkstofftechnologien unmittelbar Fortschritte bei der Lösung der drängenden Zukunftsfragen in den Themenkomplexen „**Energie**“, „**Klima- und Umweltschutz**“, „**Gesundheit**“, „**Mobilität**“ und „**Sicherheit**“ der Hightech-Strategie erzeugen. Werkstofftechnologien ermöglichen die Umsetzung der Klimaschutzziele, verbessern sie Diagnose- und Therapiemöglichkeiten im Gesundheitswesen, erleichtern den Alltag für die älter werdende Gesellschaft oder eröffnen neue Optionen für nachhaltige Energieversorgungssysteme.

Umgekehrt drängen die Lösungsbedarfe in den oben genannten Themenkomplexen und **weitere Megatrends** wie etwa der

- **demografische Wandel,**
- **zunehmende Urbanisierung,**
- **zunehmende Individualisierung von Produkten und**
- **wachsende Ressourcenknappheit**

auf zahlreiche sehr spezifische Fortschritte in den unterschiedlichsten Aspekten der Werkstofftechnologien (**Market Pull**).

Die Hightech-Strategie attestiert den Werkstofftechnologien zu Recht eine Schlüsselposition bei der Aufrechterhaltung und bei der Steigerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der wichtigsten deutschen Industriebranchen, explizit der Energietechnik, der Elektro- und Elektronikindustrie, dem Fahrzeug- und Maschinenbau, der Chemischen Industrie, der Metallerzeugung und Verarbeitung.

Diese Branchen bieten rund 5 Millionen Menschen in Deutschland einen Arbeitsplatz und erzeugen ein jährliches Umsatzvolumen von ca. 1 Billion Euro mit steigender Tendenz. Die wirtschaftliche und die gesellschaftliche Bedeutung der Werkstofftechnologien wird in den nächsten Jahren weiter zunehmen.

Im Sinne der Hightech-Strategie sollen Forschungs- und Innovationsaktivitäten vor allem auf solchen Gebieten strategisch ausgebaut werden, auf denen in Deutschland bereits Spitzenforschung geleistet wird. Diese Forschungsfelder sollen vor allem

auf solche Anwendungsgebiete ausgerichtet werden, in denen sie eine bereits vorhandene starke Wettbewerbsposition unserer Wirtschaft (s. zuvor genannte Märkte) weiter stärken helfen und dazu beitragen, künftigen Wohlstand zu sichern sowie Lösungen für die globalen Herausforderungen an die Menschheit zu erarbeiten. So sollen für die in der Hightech-Strategie identifizierten Zukunftsfelder in Deutschland Leitmärkte erschlossen und entwickelt werden. Im Bezug auf die Werkstofftechnologien sind in der Hightech-Strategie vier Handlungsfelder formuliert:

A) Neue Plattformen für die Werkstoffentwicklung schaffen

Im Sinne eines „Market Pull“ sollen aus dem Kreis der Werkstoffe anwendenden Großindustrie und ihrer Zulieferer längerfristige Roadmaps (10-15 Jahre) erarbeitet und mit Forschungseinrichtungen weiter entwickelt werden, um bedarfsorientierte Werkstoffplattformen bereit zu stellen.

B) Entwicklung neuer Werkstoffe beschleunigen

Werkstoffe mit neuen Charakteristiken, erweiterten Leistungsgrenzen und multifunktionellen Eigenschaften sollen künftig schneller und möglichst maßgeschneidert für die jeweilige Anwendung entwickelt werden können.

C) Materialeffizienz steigern

Da die Materialkosten im produzierenden Gewerbe ca. 40-50% der Produktionskosten (mit steigender Tendenz) ausmachen und Materialeffizienz zugleich einen Beitrag zur Ressourcenschonung leistet, sollen Maßnahmen zur Ausschöpfung der hierin enthaltenen Potenziale zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit ermittelt und umgesetzt werden.

D) Normen und Standards für Werkstoffe setzen

Um die Wettbewerbsfähigkeit und die Chancen für den (internationalen) Marktzugang viel versprechender pränormativer Forschungsergebnisse zu verbessern, sollen für neue Materialien zügig fehlende Normen und Standards erarbeitet werden.

Die Forschungsunion hält die benannten Handlungsfelder für wichtig und geeignet, die Innovationskraft der deutschen Wirtschaft nachhaltig zu stärken sowie die Hebelwirkung der Werkstofftechnologien in den genannten etablierten und neuen Märkten zu entfalten.

In den benannten Handlungsfelder wurden bereits durch zahlreiche, teils Handlungs- und Zukunftsfeld übergreifende Initiativen von BMBF, BMWi, BMELV, BMU (z. B. Förderprogramme **WING**, VerMAT, NeMAT, Nachwachsende Rohstoffe, Erneuerbare Energien u. v. m.) sowie durch neue werkstoffrelevante Initiativen und Partnerschaften (z. B. Organische Photovoltaik, OLED-Initiative, LIB 2015,

Nanoinitiative 2010, Klimaschutzinitiative u. a.) wichtige Erfolgsschritte bewirkt und Kräfte zwischen Wirtschaft, Politik und Wissenschaft erfolgreich gebündelt.

Als wichtige Plattform für den Informations- und Erfahrungsaustausch hat sich der industriegetriebene „Impulskreis Werkstoffinnovation“ etabliert.

2.2 Strukturierung des Zukunftsfeldes „Werkstofftechnologien“

Die Kombinations- und Variationsmöglichkeiten moderner Werkstoffe und Werkstofftechnologien sind nahezu unerschöpflich und können für zahlreiche Anwendungen maßgeschneidert werden. Im Gegensatz zu früheren Phasen der Industrialisierung dominiert heute kein einzelner Werkstoff oder keine einzelne Werkstoffklasse das Geschehen. Auf eine dezidierte Zuordnung von Handlungs- oder Förderempfehlungen zu einzelnen Werkstoffen oder Werkstoffklassen wird daher im Folgenden bewusst verzichtet. Vielmehr werden die **systemorientierten Bedarfe** in den Vordergrund gestellt.

Ein Werkstoff alleine und eine einzelne Technologie erfüllen nicht mehr die Bedarfe des Marktes. Vielmehr gilt es zukünftig über den Ansatz eines innovativen Multimaterialsystems sowohl die Werkstoff- wie auch die Technologievielfalt als Plattform mit extremer Hebelwirkung für industriegetriebene Leitinnovationen bereit zu stellen.

Die Tatsache, dass alle Industriezweige in direkter oder indirekter Form auf Werkstoffe und damit auch auf Werkstofftechnologien angewiesen sind, führt zu einem Selbstverständnis, aufgrund dessen die Werkstoffthemen selbst in der öffentlichen Wahrnehmung hinter die Anwendungen treten und eine untergeordnete Rolle zu spielen scheinen. Während die erfolgreiche Entwicklung eines neuartigen Werkstoffes noch eher Beachtung findet, insbesondere wenn er im jeweils aktuellen Trend der Wissenschafts-PR liegt, stehen **viele begleitende aber für die eigentliche Innovation oft entscheidende Hilfs- und Kerntechnologien wie etwa neue Modellierungs- und Entwurfstechniken, Konstruktionsprinzipien oder Prüf- und Analysetechniken kaum im Blickfeld.**

Im Folgenden sollen mit dem Überbegriff „Werkstofftechnologien“ grundsätzlich alle Kompetenzfelder entlang der Entwicklungs- und Wertschöpfungskette vom Werkstoff bis zum Produkt gemeint sein. „Werkstofftechnologien“ umspannen nach diesem Verständnis den gesamten Bereich von der Materialentwicklung über die Herstellung und Synthese, die Analyse und Charakterisierung, die Be- und Verarbeitungstechnologien, Oberflächentechnologien, Konstruk-

tion, Fertigung und Systemintegration, Prüf- und Analyseverfahren, Qualitätskontrolle und Standardisierung bis hin zu Recycling- und Entsorgungstechnologien.

Begleitend über alle Stufen sind skalenübergreifende experimentelle sowie numerische Simulationstechniken genauso einzuschließen wie Techniken zur Qualitätssicherung, Erprobung und Überwachung des Einsatzverhaltens und Validierungsaspekte. **Die Einzelaspekte sind im Folgenden in die Stufen Werkstoffentwicklung, Verfahrensentwicklung, Systemintegration und der Einsatzprüfung zusammengefasst.**

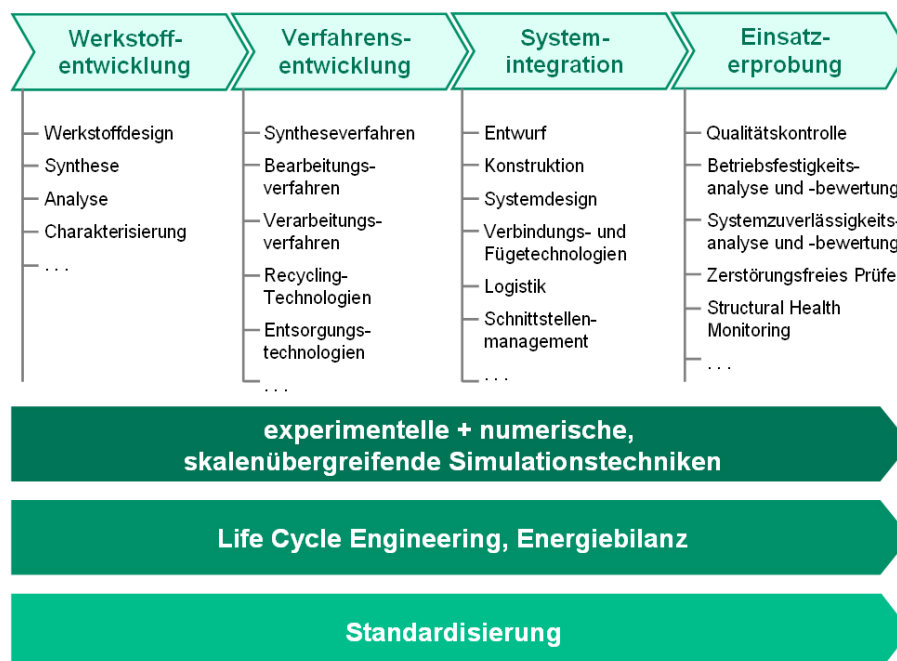


Abb. 3: Werkstofftechnologien in ganzheitlicher Sichtweise.

2.3 Innovationshemmnisse

Neue Werkstoffentwicklungen entfalten erst dann ihre volkswirtschaftlichen Potenziale, wenn sie zu neuen oder besseren Produkten führen, mit denen sich neue Märkte erschließen lassen. Deutschland verfügt im internationalen Vergleich über eine hohe Fachkompetenz im Bereich der Werkstoffe und Werkstofftechnologien, sowohl in der Tiefe (z. B. bei Eisen/Stahl, Kunststoffen u. v. m.) als auch in der Breite (z. B. im Hinblick auf (Makro-) Materialeigenschaften, prototypische Materialentwicklung u. s. w.) und nimmt speziell in der grundlagenorientierten Werkstoffforschung eine Spitzenstellung ein. Dieser Vorsprung wird jedoch im Wettbewerb

um attraktive Märkte aufgrund sehr langer Werkstoffentwicklungszeiten und einer mangelnden oder zu zögerlichen Umsetzung in marktfähige Produkte häufig wieder verschenkt. Dies lässt sich u. a. durch folgende z. T. historisch gewachsene Sachverhalte begründen:

1. Anbindung an Marktbedarfe nicht durchgängig

Obwohl für immer mehr Anwendungen ein zunehmender Bedarf an maßgeschneiderten Werkstoffen vorliegt, erfolgt die Ankopplung der Werkstoffentwicklung an die marktseitigen Werkstoffbedarfe nicht frühzeitig, eng und konsequent genug.

2. Zersplitterung der Kräfte

Die oben erwähnte umfangreich vorhandene Fachkompetenz an verschiedenen universitären und außeruniversitären Einrichtungen und in Unternehmen hat zur Zersplitterung der Kräfte in individuelle Werkstoffwelten beigetragen und zur Verfolgung zahlreicher Einzelinteressen geführt, so dass übergreifende Innovationspotenziale und -ziele weitestgehend ungenutzt bleiben. Künftige Materialbedarfe liegen hingegen zunehmend in **Systemanwendungen**, wobei schnittstellenübergreifende, interdisziplinäre Werkstoffthemen eine herausragende Bedeutung erlangen.

3. Systemorientierung nicht ausgeprägt

Trotz einer ständig wachsenden Vielzahl von Roadmaps für verschiedene Industriebranchen und Anwendungen, mangelt es an übergreifenden strategischen Roadmaps mit einer konkreten Zielfokussierung im Hinblick auf ausgewählte, bedarfsorientierte Leitthemen bzw. Leitprojekte, deren Bearbeitung in strategischen „Leitinnovationen“ mit **Systemcharakter** und breitem Verwertungspotenzial münden.

4. Mangelnde Transparenz

Die starke Fragmentierung in Werkstoffwelten und Einzelthemen spiegelt sich auch in der aktuellen Organisationslandschaft mit einer fast unüberschaubaren Anzahl von Plattformen, Netzwerken, Clustern, Kompetenzcentern, Kompetenznetzen etc. von teils regionalem, teils überregionalem Charakter wider, was ebenfalls zu einer Zersplitterung der Kräfte und zu einer Individualisierung von Interessen, vor allem aber zu einer Intransparenz für den Anwender und gegenüber den Forschungsförderern führt. Dies erschwert zusätzlich die Profilierung im europäischen und internationalen Umfeld, d. h. im Wettbewerb.

5. Starre Organisationsformen

Innovationsorientierte Werkstoffforschung und -entwicklung muss in der Lage sein, auf die stetig steigende Marktdynamik bei gleichzeitig zunehmender Komplexität der geforderten Produkt- und **Systemlösungen** entlang der Prozesskette flexibel und zeitnah reagieren zu können. Die in der Vergangenheit bewährten, meist starren Organisationsformen lassen die erforderliche Flexibilität nicht zu.

6. Fragmentierte Finanzierungskonzepte

Um eine werkstoffbasierte Neuerung in eine Innovation zu überführen, bedarf es neben der konsequenten technischen Bearbeitung über mehrere Entwicklungsstufen hinweg auch der jeweils geeigneten Finanzierungskonzepte und Organisationsformen. Zwar existieren für diese beiden Handlungslinien durchaus sehr gute Modelle und Angebote, es fehlt aber an der Durchgängigkeit und vor allem an der Konsistenz der genannten Handlungslinien untereinander.

Im Speziellen sind außerdem folgende Aspekte zu beachten:

⇒ **Qualifizierung und Bildung**

Damit werkstoffbasierte Neuerungen sich tatsächlich im Produkt, d. h. im Markt verankern können, ist entsprechendes Fachwissen nicht nur auf der (akademischen) Ebene von FuE sondern in angepasster Form auch in den späteren Stufen des Produktentwicklungs- und Implementierungsprozesses erforderlich. Häufig liegen aber die interdisziplinären Bildungsangebote (Lehrinhalte + Personal) für die erforderliche Qualifizierung in den Ausbildungsberufen der IHKs, im Handwerk sowie in der beruflichen Weiterbildung für Fach- und Führungskräfte nicht oder nur mit hohem Zeitverzug vor.

⇒ **Integration des Mittelstandes**

Werkstoffbasierte Neuerungen erobern in der Regel nicht sofort Massenmärkte sondern finden ihren Weg in den Markt oft zunächst über Best Practise - Beispiele in Nischen. In diesem Umfeld nehmen mittelständische Unternehmen eine Schlüsselposition im Innovationsprozess ein. Ihr hohes Potenzial als besonders flexibler Innovationstreiber bleibt noch über weite Strecken ungenutzt, da sie nicht hinreichend und nicht frühzeitig genug mit dem werkstoffrelevanten FuE-Geschehen verzahnt sind.

⇒ **Durchgängigkeit der Wertschöpfungskette**

Die innovierende Wirkung der die eigentliche Materialentwicklung begleitenden Technologien und Techniken, wie etwa wirtschaftliche Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren, geeignete CAE-Techniken für neue Materialien, Bemessungs- und Modellierungsverfahren bis hin zur Bewertung der späteren Systemzuverlässigkeit, wird unterschätzt und nicht konsequent genug mitgefördert bzw. mitgefördert.

⇒ **Standards und Normen**

Insbesondere für hochinnovative Materialien und komplexe **Materialsysteme** fehlen einheitliche **Standards, Normen sowie Prüf-, Validierungs- und Verarbeitungsvorschriften.**

3 Formulierung von Forschungsaufgaben

Innovationsorientierte Werkstoffforschung und -entwicklung richtet sich an industriegetriebenen Leitthemen aus, (welche über die Werkstoffforschung hinaus eine zentrale Relevanz haben). Diese sollen zur Bewältigung der eingangs genannten und in der Hightech-Strategie explizit adressierten globalen Herausforderungen (Klima- und Umweltschutz, Energie, Gesundheit, Mobilität, usw.) beitragen und werden daher meist einen ausgeprägten **Systemcharakter** haben.

Eine volkswirtschaftlich gewinnbringende FuE muss sich zudem an ihrer Hebelwirkung für die eingangs genannten, in Deutschland starken Wirtschaftszweige messen lassen. Die Werkstofftechnologien müssen frühzeitig, konsequent und eng an die marktseitigen Werkstoffbedarfe angekoppelt werden.

Zu Leitthemen in diesem Spannungsfeld gehören aus Sicht der Forschungsunion

- **Ökologisch-ökonomische Verkehrsträger,**
- **Energieautarke Gebäude,**
- **Höchstleistungskraftwerke der Zukunft,**
- **Innovative Medizintechnik,**
- **Energieautarke Monitoring- und Diagnosesysteme,**
- **Produktionstechnik für individualisierte Produkte und**
- **Werkstoffinhärenter Plagiatschutz.**

In ihrer finalen Fassung können die Leitthemen unter Mitwirkung der Forschung vorrangig von der Industrie (vertreten durch die Verbände / Fachgesellschaften der anwendenden Industrien wie etwa VDA, VDMA, BDLI, DECHEMA, ZVEI etc.) und die Politik benannt werden. Durch die einzelnen Leitthemen werden zielgerichtet Lösungsbedarfe für die globalen und nationalen Herausforderungen definiert.

Zur Bearbeitung der Leitthemen steht im Prinzip ein vielfältiges Angebot an spezifischen Einzellösungen aus der Material- und Werkstoffwelt zur Verfügung. Die Kriterien und Anforderungsprofile für Werkstoffe sind dabei aber zunehmend mehr von **systemischen Bedarfen** bestimmt.

Ein Werkstoff alleine und eine einzelne Technologie erfüllen nicht mehr die Bedarfe des Marktes. Vielmehr gilt es zukünftig, über den Ansatz eines innovativen Multimaterialsystems sowohl die Werkstoff- wie auch die Technologievielfalt als Plattform mit extremer Hebelwirkung für industriegetriebene Leitinnovationen bereit zu stellen.

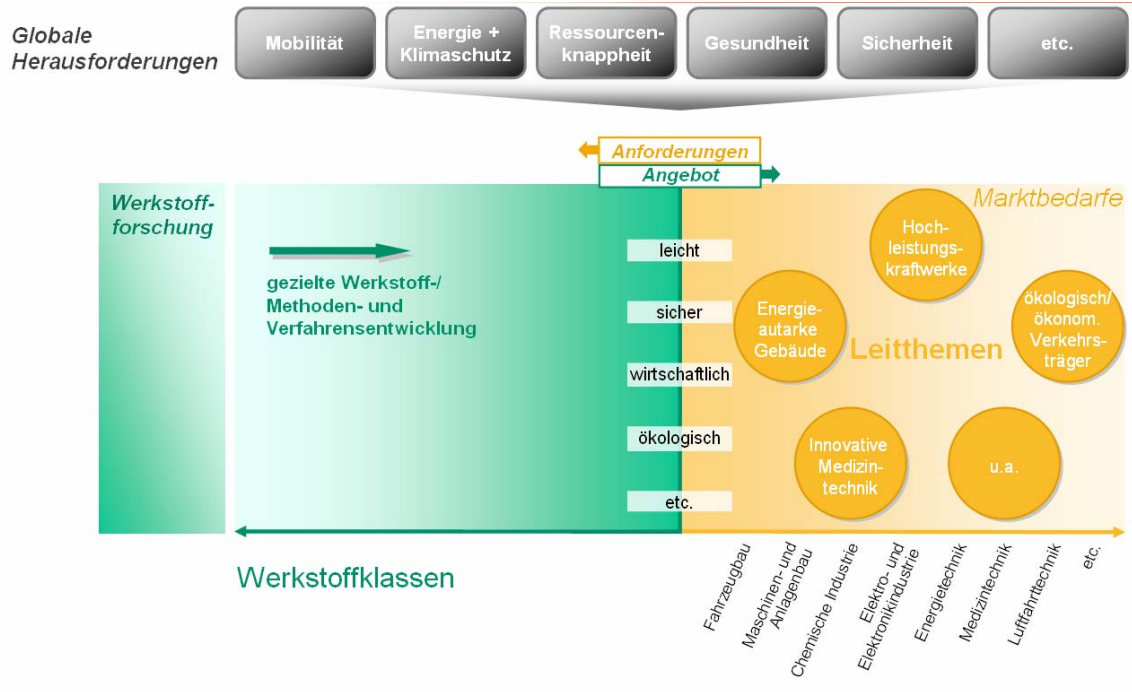


Abb. 4: Globale Herausforderungen und aktuelle Marktbedarfe definieren das Anforderungsprofil für innovationsorientierte Werkstoffforschung und -entwicklung.

Übergreifend wird von einigen Werkstoffgruppen eine besonders hohe Innovationswirkung erwartet:

- Leichtbaumaterialien
- Intelligente Werkstoffe
- Multifunktionswerkstoffe
- Nanomaterialien
- Beschichtungsmaterialien
- Verbund- und Hybridwerkstoffe
- Biomaterialien
- Naturwerkstoffe u. a. . . .

An der Art dieser Gruppierungen wird deutlich: Aufgrund steigender Marktdynamik und zunehmender Produktkomplexität werden Entwicklungszielsetzungen weniger an einem bestimmten Werkstoff oder einer bestimmten Werkstoffklasse sondern zunehmend am **Anforderungsprofil ganzer Systeme** festgemacht.

Werkstofflösungen müssen nicht nur **funktionell für die jeweilige Anwendung** sein sondern auch **energieeffizient, nachhaltig, ressourcenoptimiert, ökologisch und gesundheitlich unbedenklich, wirtschaftlich für Hersteller und Anwender, sicher und komfortabel für den Verbraucher usw..**

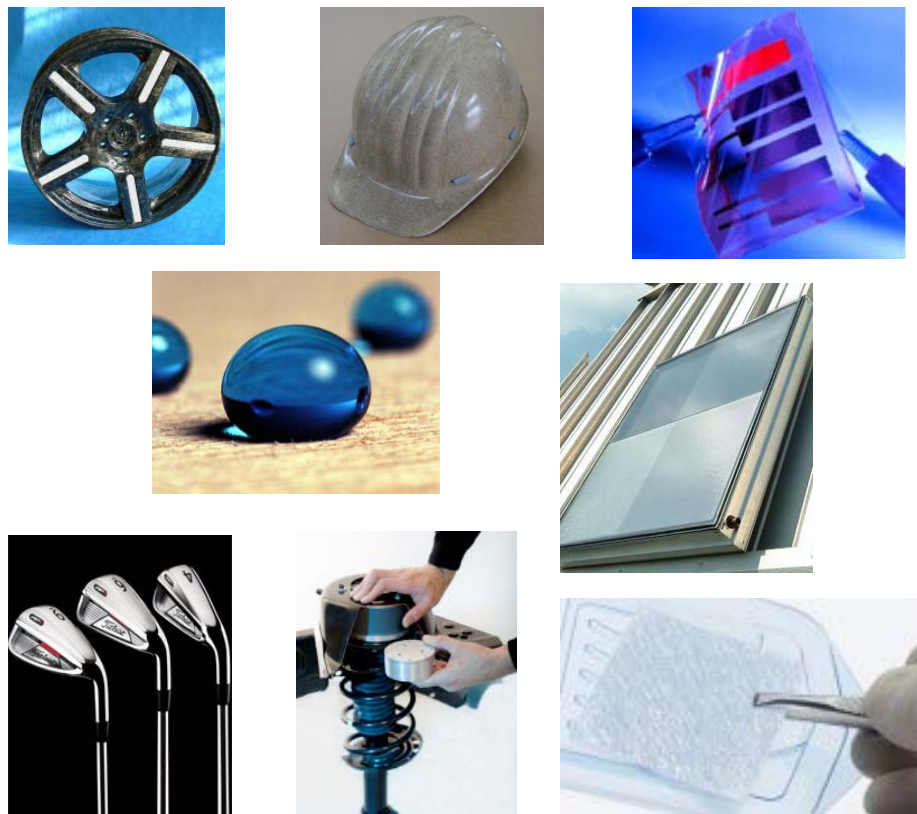


Abb. 5 (von links oben nach rechts unten): Rad aus Sheet Moulding Compound (Bild: Polynt GmbH); Schutzhelmschale aus nachwachsenden Rohstoffen (Bild: Invent GmbH); Flexible Displays auf Basis von OLEDs (Bild: Fraunhofer-Gesellschaft); Wassertropfen auf hydro-phobisierter Holzoberfläche (Bild: BASF); Sonnenkollektor mit nanoporöser Beschichtung (Bild: Fraunhofer-Gesellschaft); Golfschläger aus Wolfram-Nickel-Legierung, Stahl, Aluminium und Elastomer (Bild: Titleist); Federbein mit aktivem Strukturinterface (Bild: Fraunhofer-Gesellschaft); Bioresorbierbares Kieselgelfaser-Vlies (Bild: Fraunhofer-Gesellschaft).

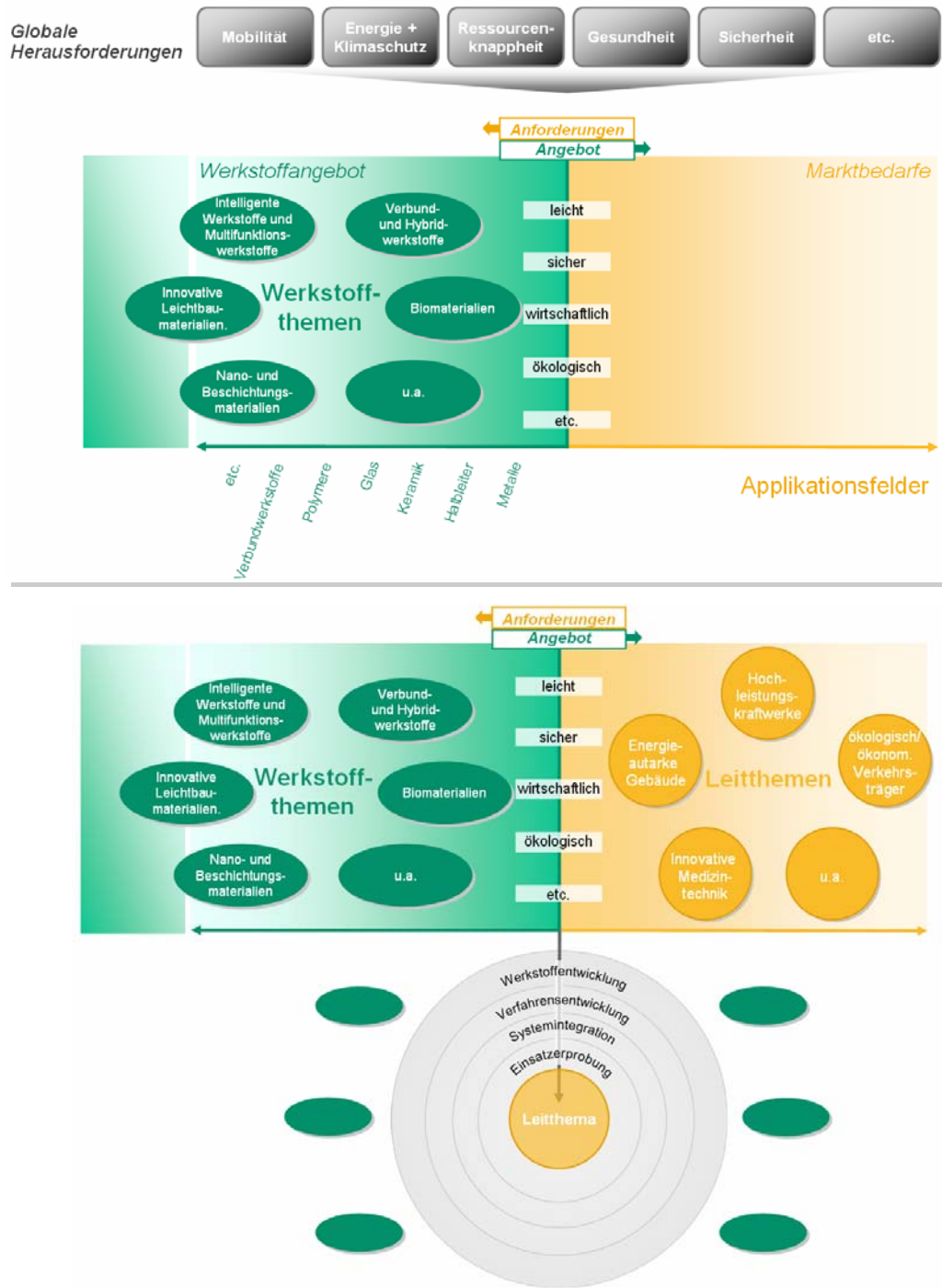


Abb. 6: Übergreifende Werkstoffthemen als Lösungsangebote für komplexe Marktanforderungen (vergl. auch Abb. 5) und Bearbeitung von Leitthemen entlang der Wertschöpfungsstufen im zielorientierten Wettbewerb um die besten Werkstofflösungen.

Derartigen Profilen genügende, moderne Werkstofflösungen für die benannten Leitthemen („**Ökologisch-ökonomische Verkehrsträger**“, „**Energieautarke Gebäude**“, „**Höchstleistungskraftwerke der Zukunft**“, „**Innovative Medizintechnik**“, „**Energieautarke Monitoring- und Diagnosesysteme**“, „**Produktionstechnik für individualisierte Produkte**“, und „**Werkstoffinhärenter Plagiatschutz**“) liegen in **Multimaterialsystemen**, Mischbauweisen und hybriden Technologien.



Beispielsweise verlangen künftige **energie- und ressourceneffiziente Verkehrsträger** (Automobil, Flugzeug, Schienenfahrzeuge) Leichtbaukonzepte. Leichtbau für diese Anwendungen bedeutet aber, einen ökonomischen Kompromiss hinsichtlich der Gewichtsreduzierung einerseits und ausreichender Steifigkeit, statischer und dynamischer Stabilität, Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit andererseits zu finden. Dahinter stehen berechnete Forderungen nach Sicherheit, Materialeffizienz, Kosteneffizienz der Bauteile und guter Recyclingfähigkeit der eingesetzten Materialien.

Der Schlüssel zum Erfolg liegt auch hier im Multi-Material-Design.

Ungelöst sind aber gerade in diesem Bereich zahlreiche Fragen der wirtschaftlichen Herstellung, des Einsatzverhaltens, der Lebensdauer (auch Alterungs-, Degradations- und Korrosionseinflüsse), der Nachhaltigkeit, der biologischen Verträglichkeit, des Recyclings oder der Entsorgung von Multimaterialsystemen. Ebenso fehlen gerade auf diesem Gebiet Standards, Normen und Richtlinien. Auch die bei Einzelmaterialien zur Verkürzung der Entwicklungszeiten immer häufiger und mit wachsendem Erfolg eingesetzten Simulationstechniken sind im Bezug auf Multimaterialsysteme auf ihre Aussagekraft hin zu überprüfen und weiter zu entwickeln.

Nachweislich besteht im Themenkomplex Multimaterialsysteme / hybride Werkstoffe und Technologien ein zwingender Forschungsbedarf, dem in Form eines **Forschungs- und Förderschwerpunktes** unbedingt Rechnung getragen werden muss (z. B. in der Fortsetzung des erfolgreichen WING-Programms, Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft).



Abb. 7: Multifunktionaler Werkstoff-Mix im ressourceneffizienten Automobil der Zukunft (Bild: ThyssenKrupp, Impulskreis „Werkstoffinnovation“).

Fortschritte bei der Beantwortung der oben angerissenen Fragen im Bezug auf **energie- und ressourceneffiziente Multimaterialsysteme (MMatSys)** implizieren einen gleichzeitigen, marktgetriebenen Know how - Zuwachs im Blick auf die betreffenden Einzelmaterialien. Im o. g. **Fahrzeugleichtbau**-Beispiel etwa bei Mg, Al, TRIP-, TWIP-, TRIPLEX-Stählen, Kunststoffen, faserverstärkten Verbundwerkstoffen usw.. Die Gewichtsreduktion und damit die Reduktion des Energieeinsatzes durch **optimale Materialkombination ist ein wesentliches strategisches Element zur Lösung des globalen Klimaproblems.**

Ein weiteres Beispiel sind **Energiespeicher** z. B. in Form von Li-Hochenergiebatterien für Elektro- oder Hybridantriebe, eine Thematik, der in der bekannten Innovationsallianz „LIB 2015“ in beeindruckender Weise Rechnung getragen wird. Technologisch bewirkt die Nanotechnologie z. B. über maßgeschneiderte Keramik-Nanopartikel für Membranen einen entscheidenden Innovationsschub. Weitere Wettbewerbsvorteile werden durch optimierte Elektrodenmaterialien, durch Beschichtungen mit oxidischen Aktivmaterialien auf Elektrodenoberflächen, durch funktionelle anorganisch-organische Polymerelektrolyte (z. B. Ormocere), durch funktionelles Material für Elektroden, ionenleitfähige Binder für Elektroden, geeignetes elektrolytstabiles Packaging-Material (etwa MEMS-Packaging mit Glas-Si-Gehäuse für Mikrobatterien) usw. erzielt. **Auch hier hat die optimale Materialkombination eine Schlüsselfunktion.**

In diesem Sinne hat ein Forschungsschwerpunkt „MMatSys“ einzigartigen Plattformcharakter.

Im Rahmen des **Forschungsschwerpunktes „MMatSys“** sollen gezielt **(Leit)Projekte zur Bearbeitung marktrelevanter Leitthemen** wie den oben genannten ausgeschrieben werden. Die innerhalb der Projekte zu einem bestimmten Leitthema erarbeiteten, im innovationsstimulierenden Wettbewerb um die besten

Werkstofflösungen gewonnenen Werkstoffergebnisse erzeugen bei entsprechend organisiertem Wissensmanagement Lösungsbeiträge zu weiteren Leitthemen. **Gegenüber der unverbundenen Förderung von Einzelthemen werden in der Plattform „MMatSys“ Synergien besser genutzt, werden zusätzliche Innovationsimpulse gesetzt und der Innovationsprozess wird beschleunigt.**

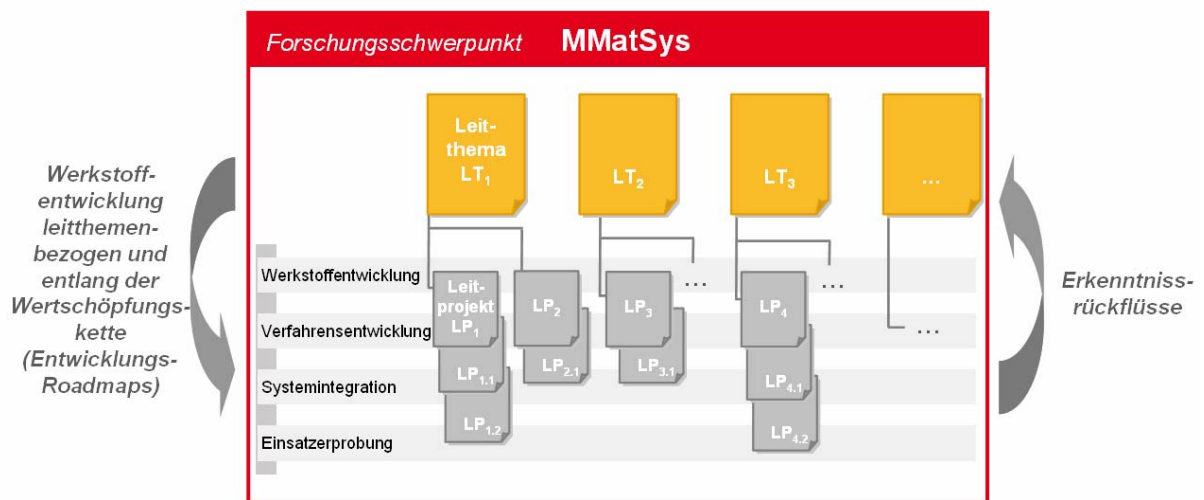


Abb. 8: Forschungsschwerpunkt und Plattform Multimaterialsysteme MMatSys.

Die Bearbeitung von Projekten zu einem Leitthema muss durch **interdisziplinär zusammengestellte Projektkonsortien** erfolgen. Die Projektkonsortien müssen unter Beachtung aller Wertschöpfungsstufen systematisch aus geeigneten Vertretern der Industrie, der KMU (inkl. Zulieferer) und der FuE aufgebaut werden. Im Sinne von **anwendungsgetriebenen Entwicklungsallianzen** sollten sie über eine längere Zeitdauer als die bisher übliche Projektlaufzeit von 3-4 Jahren pragmatisch und unbürokratisch zusammen arbeiten.

Zu den o. g. Leitthemen des Forschungsschwerpunktes Multimaterialsysteme sollen anwendungsbezogene, mit den jeweiligen Industriebedarfen abgestimmte **Multi-Material-Roadmaps** (z. B. Werkstoffe für das rezyklierbare Fahrzeug, ressourceneffiziente Hochleistungswerkstoffe in Kraftwerken und Antriebssystemen, biokompatible Werkstoffe für Prothesen und Orthesen, Energiespeichermaterialien für energieautarke Gebäude etc.) über die Stufen der Werkstoffentwicklung, Verfahrensentwicklung, Systemintegration, Einsatzerprobung und Standardisierung bzw. von der Entwicklung und Simulation bis hin zum Recycling erstellt werden. Diese Roadmaps dienen als Orientierung und Zielvorgaben für die FuE-Projekte.

Geeignete (**Leit**)**Projekte zu den Leitthemen sollen über Ausschreibungen im Wettbewerb um die besten innovierenden Ideen** ermittelt werden. Ziel bei der

Projektbearbeitung muss die Generierung von **Leitinnovationen** oder mindestens marktfähigen technologieintegrierten Demonstratoren mit breiter Ergebnisverwertung sein. Im Idealfall erzielen diese Innovationen Leuchtturmwirkung.

Die Forschungsunion empfiehlt dem BMBF, einen **Forschungsschwerpunkt Multimaterialsysteme MMatSys** von der oben beschriebenen Art in einem geeigneten Rahmenprogramm, etwa in der Fortschreibung des erfolgreichen Programms WING zu verankern. Über das Programm WING des BMBF (ab 2004) wurden bereits viele wichtige Innovationsimpulse gesetzt, strategisch Themenfelder adressiert und wertvolle Ergebnisse erzielt.

Weitere denkbare Forschungsschwerpunkte mit Plattformcharakter sind die (umfassende!) systemische Multiskalensimulation einschließlich der Umwelt- und Beanspruchungssimulation, weiterhin Werkstoffe für extreme Leistungsanforderungen oder Biomaterialien. Auch für diese Forschungsschwerpunkte ergibt sich der Plattformcharakter aus den Synergieeffekten bei der Bearbeitung mehrerer unterschiedlicher Leitthemen.

Mit einem solchen Konzept und den genannten Leitthemen wird eine Profilschärfung in der nationalen Werkstoffforschung und zudem eine synergetische Vernetzung mit der Europäischen Werkstoffforschungspolitik bzw. mit den ETP (**European Technology Platform**) EuMAT, SusChem, ESTEP und mit anderen Initiativen in Europa erreicht.

4 Organisation und Bildung von strategischen Partnerschaften

Es empfiehlt sich, einen Forschungsschwerpunkt nach dem oben beschriebenen Muster auch durch eine organisatorische (Meta)Plattform im Sinne organisierter Allianzen zu begleiten. Dabei soll einerseits die Bildung von **anwendungsgetriebenen, ggf. produktfokussierten Entwicklungsallianzen** zu den einzelnen Leitthemen gefördert werden, andererseits soll aber auch quer dazu die Bildung von **technologiegetriebenen FuE-Plattformen** innerhalb einer Wertschöpfungsstufe (z. B. für „Moderne Analyseverfahren“, „Charakterisierungsmethoden“ oder für „Systemintegration und –zuverlässigkeit“ etc.) über mehrere Leitthemen hinweg aktiv unterstützt werden.

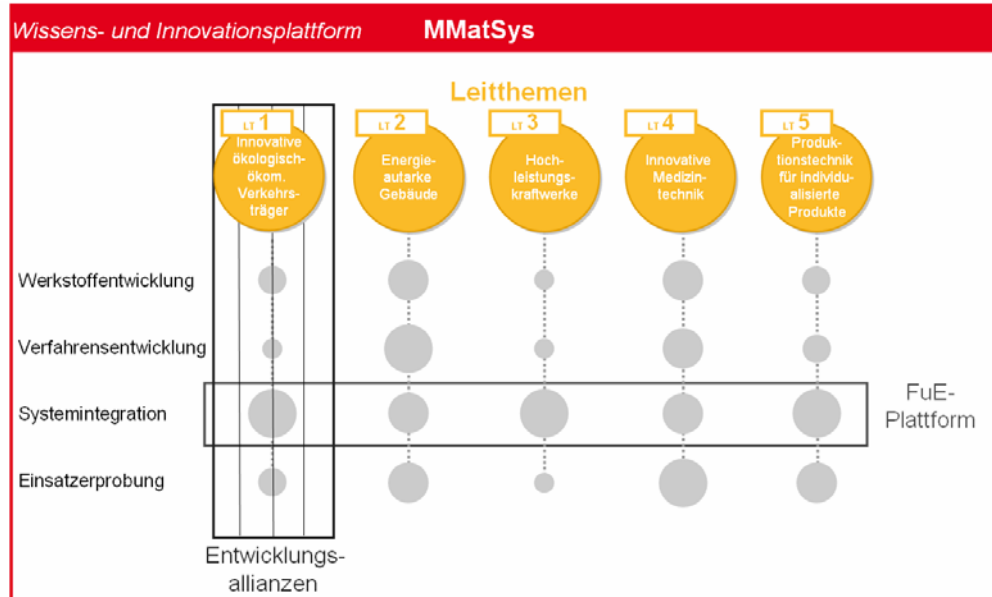


Abb. 9: Organisatorische Hinterlegung des Forschungsschwerpunktes MMatSys durch strukturierte Entwicklungsalianzen und FuE-Plattformen.

Ein innerhalb einer Wertschöpfungsstufe nach dem Prinzip der „Open Innovation“ konsequent und systematisch organisiertes **Wissensmanagement** wird sich gerade bei den oben genannten, maßgeblich durch **Schnittstellenaspekte** geprägten, modernen Werkstoffthemen innovationsbeschleunigend auswirken. Es kann zudem einen wichtigen **Beitrag zur Übertragung der Ergebnisse in KMU-typische Anwendungen leisten (technology translation)**. KMU sind nicht nur ein bedeutender Innovationsmotor für die deutsche Wirtschaft, sondern auch wichtige Träger des Technologietransfers. Die Entwicklungsalianzen und FuE-Plattformen erhalten so über den Vorteil der konzertierten Bearbeitung der „eigenen“ Werkstoffthemen hinaus einen Mehrwert durch die Vernetzung im Forschungsschwerpunkt MMatSys. Synergien werden unmittelbar nutzbar gemacht und Innovationsprozesse werden maßgeblich beschleunigt.

Die Bearbeitung der o. g. Leitthemen innerhalb des Forschungsschwerpunktes MMatSys erfordert in jedem Fall themen- und projektspezifisch interdisziplinäre Kompetenzen aus unterschiedlichen Werkstoffbereichen.

Entsprechende Teams bedarfsgerecht, zeitnah und zielfokussiert aufstellen zu können ist dabei ein Wettbewerbsvorteil. Dies bedingt **dynamische Organisationsformen und Strukturen**. Geeignete Rahmenbedingungen und Anreize helfen, solche Strukturen über Organisationsgrenzen hinweg schnell und unbürokratisch zu bilden und übergreifende Innovationspotenziale zu realisieren.

Viel versprechende Ansätze dazu sind mit dem Impulskreis „Werkstoffinnovation“, dem Themennetzwerk „Werkstoffe“ der acatech, der Bundesvereinigung „MatWerk“, dem „Studientag Materialwissenschaft und Werkstofftechnik e. V.“ und anderen gegeben.

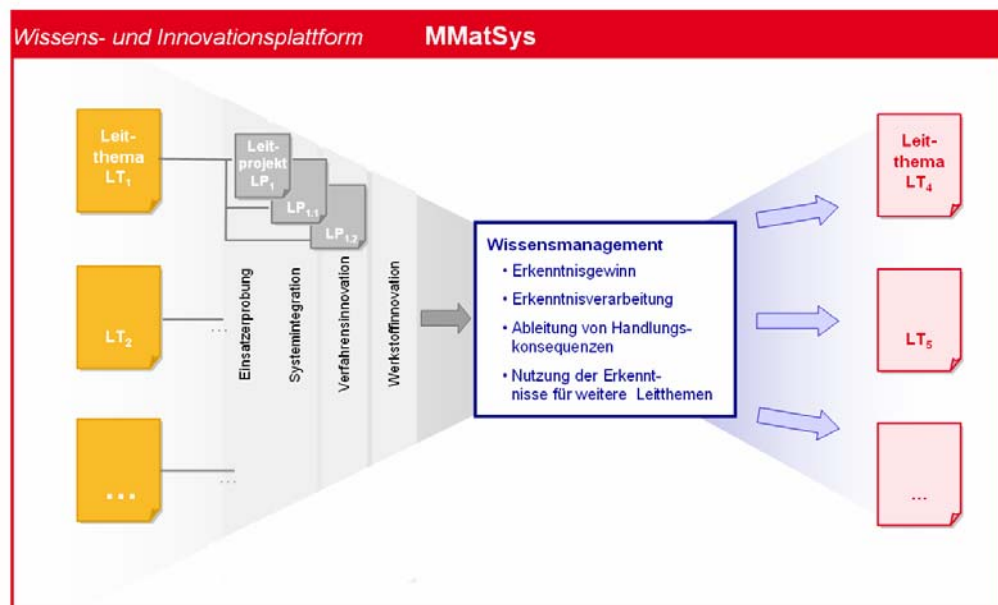


Abb. 10: Begleitung der Forschungsplattform durch systematisches Wissensmanagement.

5 Handlungsbedarf und Empfehlungen im Überblick

Aus Sicht der Forschungsunion lässt sich der aktuelle Handlungsbedarf zur Überwindung der eingangs aufgezeigten Innovationshemmnisse im Bereich der Werkstofftechnologien vorrangig auf vier Felder konzentrieren:

- **Forschungsschwerpunkt**
- **Organisation**
- **Bildung**
- **Kommunikation**

5.1 Forschungsschwerpunkt Multimaterialsysteme

Steigende Marktdynamik, zunehmende Produktkomplexität und kürzere Produktlebenszyklen lassen Entwicklungszielsetzungen in Industrie und Forschung zunehmend die Form umfassender Anforderungsprofile an ganze Systeme annehmen. Werkstofflösungen müssen somit **Systemansprüchen** gerecht werden und gleichzeitig der Zielgröße Wirtschaftlichkeit entsprechen. Daraus resultiert immer häufiger ein Multi-Material-Design. Werkstoffkonzepte münden in Multimaterialsysteme, Mischbauweisen und hybride Technologien. Diesem Sachverhalt muss auch in der Forschungsförderung Rechnung getragen werden. Die Forschungsunion empfiehlt dem BMBF daher die Einrichtung eines **Forschungsschwerpunktes Multimaterialsysteme MMatSys** in einem geeigneten Programm. Dazu bietet sich das bewährte Rahmenprogramm WING in einer Fortsetzungsstufe (WING 2) an.

Der Forschungsschwerpunkt muss **an klar markt- und bedarfsgetriebenen Leitthemen ausgerichtet** werden. Diese sollen zur Bewältigung der bekannten globalen Herausforderungen sowie zur Stärkung der deutschen Wirtschaft beitragen und jeweils über dezidierte **(Leit)Projekte** in interdisziplinären Teams entlang der Wertschöpfungskette von der Materialentwicklung bis zur Systemzuverlässigkeit und zur Standardisierung bearbeitet werden. **Hierbei ist die Zulieferindustrie, sind insbesondere KMU verstärkt einzubinden.** An der Schnittstelle zwischen Spitzenforschung und ihrer Umsetzung in marktfähige Produkte kommt gerade den KMU eine herausragende Bedeutung zu. Ihr Potenzial muss deutlich effektiver als bisher genutzt werden. Dazu sollten KMU frühzeitig eng mit werkstoffrelevanten FuE – Initiativen verzahnt werden.

Ziel eines jeden (Leit)Projektes muss die Generierung einer **(Leit)Innovation** durch das Konsortium sein. Die in Kap. 3 empfohlenen Leitthemen („Ökologisch-ökono-

mische Verkehrsträger“, „Energieautarke Gebäude“, „Höchstleistungskraftwerke der Zukunft“, „Innovative Medizintechnik“, „Energieautarke für Monitoring- und Diagnosesysteme“, „Produktionstechnik für individualisierte Produkte“ und „Werkstoffinhärenter Plagiatschutz“) können in einem durch Fraunhofer moderierten Experten-Workshop mit Teilnehmern aus Industrie und Politik geprüft und verabschiedet werden.

Bei markt- und anwendungsbezogenen Projektausschreibungen zu den einzelnen Leitthemen empfiehlt die Forschungsunion eine politikfeldübergreifende Kooperation der Ministerien.

Der Forschungsschwerpunkt MMatSys hat **Plattformcharakter** und soll durch ein professionelles **Wissensmanagement** begleitet werden. Um frisch gewonnenes Werkstoff-Know how möglichst effizient und nachhaltig zu nutzen, sollen innerhalb einer Wertschöpfungsstufe werkstoffwissenschaftliche / werkstofftechnische Erkenntnisgewinne (vor allem auch **Erkenntnisse zu Aspekten der Energie- und Materialeffizienz**) aus einem Leitthema zügig und „barrierefrei“ für weitere Leitthemen, d. h. anwendungs- und branchenübergreifend zur Verfügung gestellt und weiter entwickelt werden.

Insbesondere sollen in diesem Sinne Normungs- und Standardisierungsmaßnahmen unterstützt werden. Durch eine frühzeitige Berücksichtigung dieser Aspekte im Forschungs- und Innovationsprozess können Wettbewerbsvorteile für den Standort Deutschland heraus gearbeitet werden.

Der als (Wissens- und Innovations-) Plattform gestaltete Forschungsschwerpunkt Multimaterialsysteme MMatSys kann als Strukturmuster für den Aufbau weiterer werkstoffbezogener Forschungsschwerpunkte (s. Kap. 3) dienen.

5.2 Organisation und Partnerschaften

Um frisch gewonnenes Werkstoff-Know how zügig in die nächste Wertschöpfungsstufe überführen und final zu Innovationen auszubauen zu können, ist es in allen Phasen des Entwicklungs- bzw. Wertschöpfungsprozesses, insbesondere in den späteren, marktnahen Phasen essenziell, dass sich geeignete Taskforces zielorientiert und schnell bilden. Durch die zuvor beschriebenen Entwicklungallianzen und FuE-Plattformen wird der Weg hierfür bereits bereitet. Um **übergreifende Innovationspotenziale** am Markt Realität werden zu lassen, sollte die Politik insbesondere in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien Anreize für die **unbürokratische Bildung geeigneter Strukturen** etwa in der Form von „Projekthäusern“ schaffen.

Um am Ende tatsächlich Innovationen zu erzielen, muss dabei unbedingt auf die **Durchgängigkeit der Maßnahmen über alle Stufen der Wertschöpfung** geachtet werden. Dieser Aspekt hat für die Werkstofftechnologien deshalb eine besondere Bedeutung, weil die Implementierung neuer Werkstoffsysteme und -technologien am Markt sich naturgemäß (auch nach wirksam werden der notwendigen Beschleunigungsmaßnahmen) in der Regel über eine gewisse, die üblichen Projektlaufzeiten übersteigende Zeitspanne hin erstrecken wird. Bei Nichtbeachtung dieser Tatsache besteht die Gefahr, eine Vielzahl nicht finalisierter oder nicht finalisierbarer Einzellösungsansätze zu produzieren. Die Ergebnisse in den einzelnen Wertschöpfungsstufen sollen vor dem Übergang in die nächste Stufe unter dem Fokus der Ausgangszielsetzung und einer Chancen/Risiko-Abwägung jeweils **evaluiert** werden (vergl. **Stage Gate Verfahren**). Dies sollte durch **Industriebeiräte** geleistet werden.

Um eine werkstoffbasierte Neuerung in eine Innovation zu überführen, bedarf es neben der konsequenten technischen Bearbeitung über mehrere Entwicklungsstufen hinweg der jeweils geeigneten Organisationsformen und passender Finanzierungskonzepte. Unter dem Fokus des zuvor Gesagten ist daher im Sinne der Effizienzsteigerung aller Einzelmaßnahmen eine konsequente **Synchronisation von (bedarfsorientierten) Entwicklungs-Roadmaps, geeigneten Kooperations- bzw. Organisationsformen sowie passenden Finanzierungsmodellen über den gesamten Innovationsprozess hinweg erforderlich**. Eine solche Synchronisation kann durch eine enge Abstimmung zwischen der Industrie (fallbezogen vertreten durch die Verbände / Fachgesellschaften der anwendenden Industrien wie VDMA, VDA, DECHEMA, ZVEI etc.) und der angewandten Werkstoffforschung (z. B. vertreten durch den Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile) einerseits sowie der Politik (BMBF, BMWi, BMF) andererseits erreicht werden.

5.3 Bildung und Qualifikation

Der Entwicklung innovativer Werkstoffsysteme und -technologien folgen zwangsläufig auch neue bzw. **neu zu definierende Bildungsanforderungen**. Dies betrifft alle Qualifizierungsstufen, im gewerblichen wie im akademischen Bereich. **Zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit ist dieser Prozess inhaltlich sowie in seiner Dynamik den Marktrealitäten anzupassen**. Um den Innovationsprozess jetzt zu beschleunigen, muss dabei ein spezielles Augenmerk auf die in den späteren Stufen des Produktentwicklungsprozesses erforderlichen Bildungs- und Weiterbildungszweige gerichtet werden. Darüber hinaus sollten im Sinne einer nachhaltigen Verbesserung der Bildungslage moderne Werkstoffthemen in geeignetem Maße bereits im Schulunterricht aufgegriffen werden. (Hier sind die Länder adressiert.)



Abb. 11: Synchronisation des Innovationsprozesses mit Bildungs- und Qualifizierungskonzepten (hier beispielhaft für den Forschungsschwerpunkt Multimaterialsysteme dargestellt).

Der tatsächliche **Bildungs- und Qualifizierungsbedarf insbesondere an den Schnittstellen einzelner Materialkompetenzen** einschließlich der Nanotechnologien muss (in regelmäßigen Abständen) in einer branchen- und themenübergreifenden Analyse ermittelt und durch eine Recherche des existierenden Bildungsangebotes ergänzt werden. Eine solche Analyse könnte durch die Bundesvereinigung MatWerk in Kooperation mit dem „Studentag Materialwissenschaft und Werkstofftechnik e. V.“, den Bildungsträgern und der Wirtschaft, fallbezogen vertreten durch die Verbände / Fachgesellschaften der anwendenden Industrien (VDMA, VDA, ZVEI, DECHEMA etc.), durchgeführt werden.

Aufbauend auf dem Abgleich mit den aktuellen Anforderungen des Marktes müssen **praxisgeeignete interdisziplinäre Bildungsangebote (Lehrinhalte + Personal)** für die erforderlichen Qualifizierungen in den Ausbildungsberufen der IHKs, im Handwerk sowie in der beruflichen Weiterbildung für Fach- und Führungskräfte geschaffen werden. Hier sind alle Bildungsträger gefordert.

Diesen Angeboten müssen konkrete Qualifizierungskonzepte zugrunde gelegt werden, die wiederum **in den Innovationsprozess zu implementieren sind und vor allem mit diesem synchronisiert werden müssen**. Dazu sind neben den oben genannten Institutionen auch die Forschungsgesellschaften, Universitäten und Fachhochschulen gefragt. Durch bedarfsorientierte Modularisierung von Bildungs- und Weiterbildungseinheiten, auch in Form von Trainings und Coaching-Maßnahmen, werden Innovationsprozesse sehr pragmatisch und effizient unterstützt. Ein aktuelles Beispiel hierfür liefert die Fraunhofer Technology Academy.

Im Hinblick auf die gezielte Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses sei das vom BMBF für den Bereich der Nanotechnologien aufgelegte Programm NanoFutur, welches auch im Ausland tätige Nachwuchswissenschaftler anspricht, als positives und auf die Werkstofftechnologien übertragbares Beispiel erwähnt.

5.4 Kommunikation und Öffentlichkeit

Die nüchternen Fakten belegen: Moderne Werkstoffe und Werkstofftechnologien gehören zu den „Champions“ unter den Innovationstreibern. In der öffentlichen Wahrnehmung spielen sie hingegen eine völlig untergeordnete Rolle. Ihr Image muss durch eine gezielte Kommunikationsstrategie und eine pointierte Öffentlichkeitsarbeit verbessert und ihr tatsächlicher Stellenwert im Innovationsprozess in das Bewusstsein der Öffentlichkeit und der Bildungsträger gebracht werden. Potenzielle **Nachwuchskräfte müssen für diese Multidisziplin zunächst begeistert und dann gewonnen werden**. Ein dahin gehend verstärktes Engagement hat insbesondere vor dem Hintergrund der in Deutschland mit 8,4 natur- und ingenieurwissenschaftlichen Hochschulabschlüssen pro 1000 Einwohner (*Quelle: OECD*) unterdurchschnittlichen Quote von Nachwuchskräften hohe Wichtigkeit.

Dazu ist ein **spezifischer Maßnahmen-Mix** zu entwickeln und in der Umsetzung durch die öffentliche Hand, ggf. durch Ressort übergreifende Initiativen zu unterstützen, wie bereits im Beispiel der „Nanoinitiative – Aktionsplan 2010“ erfolgreich praktiziert. Die strategische Grobkonzeption des Maßnahmen-Mixes kann kurzfristig durch eine Projektträger übergreifende Task Force (ggf. unter Einbeziehung externer Experten) erarbeitet und dem BMBF zur Umsetzung vorgeschlagen werden.

Ein Element im Maßnahmen-Mix sollte in Ergänzung zur expedition materia und zum nanoTruck des BMBF ein **zielgruppenspezifisches Edutainment-Konzept** für Werkstoffe bzw. Werkstofftechnologien etwa in Form eines „Materials Adventure Camps“ sein. Durch diese Maßnahme soll einerseits der Informationsstand in der breiten Öffentlichkeit verbessert werden und andererseits das Interesse der jungen Generation an werkstofftechnischen und werkstoffwissenschaftlichen Ausbildungs- und Studiengängen geweckt und nachhaltig bestätigt werden.

Die Feinkonzeption und Durchführung der einzelnen Maßnahmen kann durch offene Ausschreibungen im Wettbewerb vergeben werden, wobei eine **Umsetzungsbegleitung durch wissenschaftliche Expertise zwingend** anzuraten ist.

Als Profil gebende Maßnahme soll außerdem eine wiederkehrende, hochwertige **Leitveranstaltung im Sinne eines „Werkstoffgipfels“** mit internationaler Ausstrahlung auf deutschem Boden initiiert und etabliert werden. In einer solchen Veranstaltung soll sich wissenschaftliche Spitzenleistung an den Innovationsbedarfen der wichtigsten Leitmärkte messen. Mit der Konzeption und Ausrichtung eines „Internationalen Werkstoffgipfels“ kann z. B. die Bundesvereinigung MatWerk und/oder der Impulskreis Werkstoffinnovation beauftragt werden. Es ist zu prüfen, in wie weit die vor einiger Zeit ins Leben gerufene Veranstaltung MSE Material Sciences and Engineering dazu ausgebaut werden kann.

6 Schlussbemerkung

Die hier aufgeführten Empfehlungen lassen sich aus Sicht der Forschungsunion innerhalb der in der Hightech-Strategie für die Werkstofftechnologien benannten Handlungsfelder umsetzen (vergl. Kap. 2.1, A-D).

Mit der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen werden zusätzliche wesentliche Innovationsimpulse für weitere Zukunftsfelder der Hightech-Strategie, insbesondere für die Energietechnologien, die Fahrzeug- und Verkehrstechnologien, Luftfahrttechnologien, die Umwelttechnologien, die Gesundheitsforschung und Medizintechnik, die Sicherheitstechnologien, die IuK-Technologien, die Biotechnologie, die Nanotechnologie, die Mikrosystemtechnik, die optischen Technologien und die Produktionstechnik gegeben.

Insbesondere im Bereich der Nanotechnik sind Werkstoffe die Träger für die Umsetzung des enormen Innovationspotenzials.

7 ANHANG

Quellenangaben (Auswahl)

Bayern Innovativ, Gesellschaft für Innovation und Wissenstransfer mbH: Automobil + Innovation (Studie). Nürnberg, 2007

Bayern Innovativ: Symposium Material Innovativ. Nürnberg, April 2008 und März 2005

BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie e. V.: Jahresbericht 2008. Berlin, Februar 2008

Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Technologieführer: Grundlagen, Anwendungen, Trends. Springer Verlag Berlin, 2006

Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Trendbarometer Technik. Carl Hanser Verlag, München / Wien, 2003

Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Fokus Innovation. Carl Hanser Verlag, München / Wien, 2006

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Auftaktworkshop zum neuen BMBF-Foresight-Prozess (Teilnahme am Workshop). Berlin, November 2007

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Die Hightech-Strategie für Deutschland. Bonn / Berlin, 2006

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Die Hightech-Strategie für Deutschland – Erster Fortschrittsbericht. Bonn / Berlin, 2007

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Die Hightech-Strategie zum Klimaschutz. Bonn / Berlin, 2007

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Klimaschutz durch Werkstoffinnovationen im Automobilbau. Bonn / Berlin, 2007

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Rahmenprogramm Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft - WING. Bonn, Oktober 2003

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Werkstoffwelten – Entdeckungen im Kosmos der Stoffe. Bonn / Berlin, 2005

CFK-Valley Stade Convention 2007: Conference Proceedings. Stade, Juni 2007

Ehrenstein, G. W.: Faserverbund-Kunststoffe. Carl Hanser Verlag, München / Wien, 2006

Europäische Kommission: Europäische Technologieplattformen – Wissen für Wachstum. Brüssel, Belgien, 2005

EuMat - European Technology Platform for Advanced Engineering Materials and Technologies: Roadmap of the European Technology Platform for Advanced Engineering Materials and Technologies. Frankfurt, Juni 2006

European Commission, NMP - Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies: FP7 Cooperation Work Programme 2008. Brüssel, Belgien, November 2007

European Steel Technology Platform - ESTEP: Strategic Research Agenda. Brüssel, Belgien, April 2005

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI): Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit. Berlin, Feb. 2008

Fraunhofer-Gesellschaft: Zukunftsthemen – Chancen für morgen. München, 2008

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung ISI: Delphi '98 – Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik (Kurzfassung). Karlsruhe, 1998

Fraunhofer Marketing-Netzwerk: Leichtbauwerkstoffe im Fahrzeugbau. Marktstudie für das FIT Leichtbau, Freiburg, Februar 2008

Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile: Material- und Produktentwicklung für die Zukunft – Strategische Themenfelder für Industrie und Gesellschaft. München, 2004

Gottschalk, B.; Kalmbach, R. (editors): Mastering Automotive Challenges. Kogan Page, London, 2007

Hartwig Höcker(Hrsg.): Werkstoffe als Motor für Innovationen. In der Reihe: acatech DISKUTIERT, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, München, 2008

Materials EuroRoads: Minutes of the Materials EuroRoads Workshop, London, May 2008

Mercer Management Consulting, Hypo Vereinsbank: Automobiltechnologie 2010 – Technologische Veränderungen im Automobil und ihre Konsequenzen für Hersteller, Zulieferer und Ausrüster. München / Frankfurt, August 2001

Rodenhäuser, B.; Daheim, C.; Uerz G.: Zehn Jahre Zukunft. Technology Review 1/2008, Hannover

Rüdiger Iden, Daniel Heubach (Hrsg.): Große Potenziale der Nanowelt ergreifen – Brücken schlagen, Chancen umsetzen, verantwortlich handeln. Impulskreis Nanowelten der „Partner für Innovation“, Stuttgart, 2007

SusChem – European Technology Platform for Sustainable Chemistry: Sustainable Chemistry Strategic Research Agenda 2005. Brüssel, Belgien, 2005

TAB – Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag: Forschungs- und wissensintensive Branchen: Optionen zur Stärkung ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit. Innovationsreport, Berlin, März 2007

Stahlinstitut VDEh im Stahl-Zentrum: Werkstoff-Forschung Stahl an den Instituten und Einrichtungen der Fraunhofer-Gesellschaft in Deutschland. Düsseldorf, Dezember 2007

Wuppertal Institut für Umwelt und Energie GmbH, BSR Sustainability GmbH: Endbericht „Untersuchung der Wirksamkeit des Programms zur Verbesserung der Materialeffizienz“ (im Auftrag des BMWi). Wuppertal / Karlsruhe, Januar 2008

Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH (Hrsg.): Innovations- und Marktpotenzial neuer Werkstoffe. Monitoringbericht 2007 im Auftrag und mit Unterstützung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, Düsseldorf, 2007

Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH (Hrsg.): Zukunft des Autos. Düsseldorf, Januar 2008

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (Hrsg.): Hightech-Strategie Deutschland, Empfehlungen der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie. Frankfurt, Oktober 2007

http://cordis.europa.eu/estep/home_en.html

<http://imi.europa.eu>

http://rp7.ffg.at/etp_hfp

<http://www.acare4europe.org/>

http://www.bundesregierung.de/nm_217538/Content/DE/Artikel/2008/06/2008-06-01-hightech-serie-werkstoffe-hauptartikel.html

<http://www.nanotech-hessen.de/Nachrichten/newsletter/hessen-nanotech-news-3-2008>

<http://www.eumat.org>

<http://www.vwb.fraunhofer.de/fhg/vwb/>

http://www.fraunhofer.de/ueberuns/profil/wissenschaftspreise/JvP_2008.jsp

<http://www.materialeffizienz.de>

<http://www.matwerk.de>

<http://www.stmw.de>

<http://www.suschem.org>

<http://www.suschem.org>