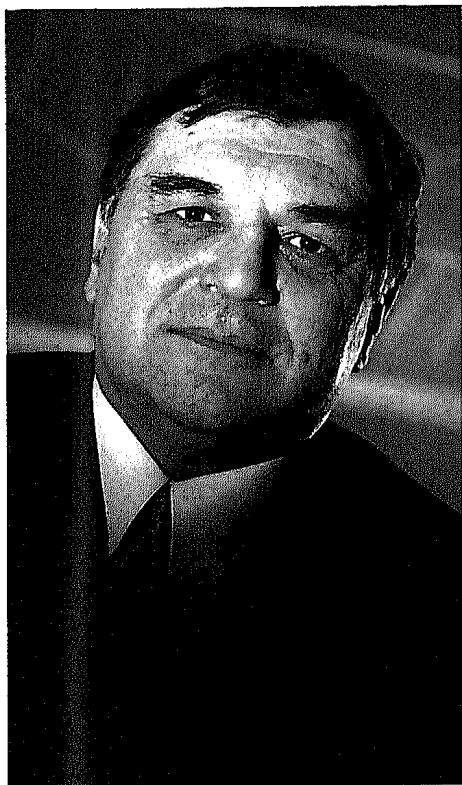


Neue Werkstoffe, ihre Wirkung und ihre Chance zur industriellen Innovation

VON PROF. DR. HELMUT SCHMIDT
Institut für Neue Materialien gGmbH, Saarbrücken



Das INM befaßt sich seit Anfang der 90er Jahre mit der chemischen Synthese von Nanopartikeln und deren Weiterverarbeitung zu intelligenten neuen Werkstoffen.

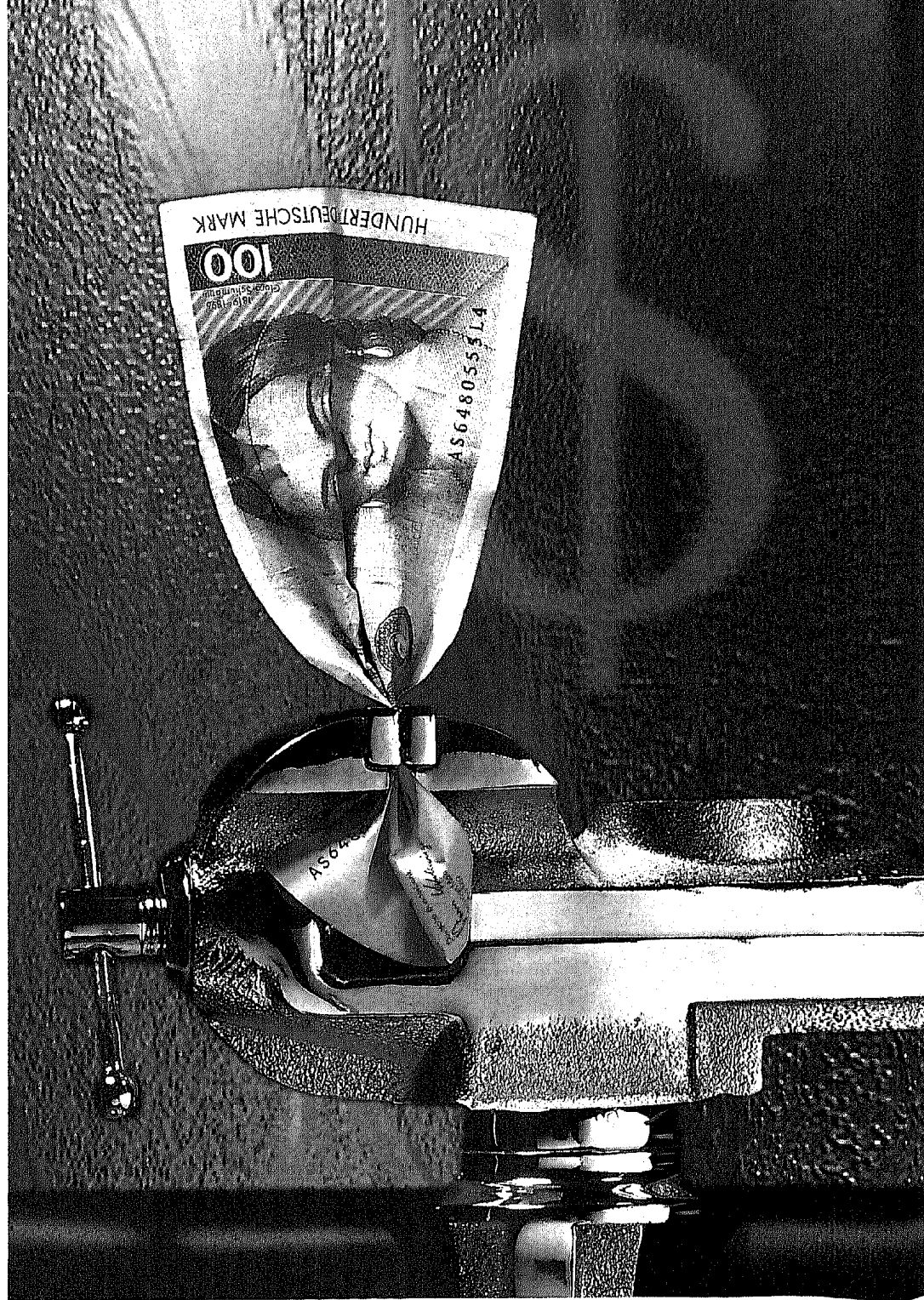
Die Bedeutung von Werkstoffen für die Existenz der Menschheit, für deren Entwicklung und für deren Fortschritt, d. h. die Weiterentwicklung der Technologie, ist in der Regel dem allgemeinen Bewußtsein

viel zu wenig präsent. Dabei war die gesamte Entwicklung der Menschheitsgeschichte stets direkt mit der Qualität der benutzten Werkzeuge und der Werkstoffe, aus denen sie hergestellt werden konnten, verknüpft. Während über viele Jahrtausende hinweg natürliche oder biologische Werkstoffe dominierten, wurde mit der Entwicklung der Metallurgie eine neue Perspektive geschaffen, die besonders in diesem Jahrhundert durch die Chemiewerkstoffe eine substantielle Erweiterung erfuhr. Mit der Einführung industrieller Produktionsverfahren änderte sich auch der Charakter der Werkstofflogistik: Während in früheren Jahrtausenden die Werkstoff- und Bauteilherstellung, maßgeschneidert für den Anwendungszweck (z. B. einer Säule aus Marmor), in der Regel noch in einer Hand lagen, wurde mit der Zurverfügungstellung großer Mengen an Werkstoffen (Stahl und andere Metalle, Polymere) die „Ausgestaltung“ dem jeweiligen Systemhersteller (z. B. Automobilindustrie, Schiffbau, Kunststoffspritzgießer etc.) überlassen. Damit entstand aus dem Wertschöpfungsakt aus einer Hand eine Wertschöpfungskette, an der entlang unterschiedliche Disziplinen (oder auch Industriezweige) zusammenarbeiten. Der Werkstoffhersteller oder -entwickler steht dabei an der ersten (und in der Regel der niedrigsten) Stufe der Wertschöpfungskette, der Systemhersteller in der Regel an der letzten. Zusammen mit den sehr langen Entwicklungszeiten, die Werkstoffe durchlaufen müssen, bevor sie als Produkt am Markt erscheinen (> 10 Jahre) ergibt sich daraus für den Verkauf des einzelnen Werkstoffes ein notwendiges Mindestmarktvolumen, das die aus den langen Entwicklungszeiten und dem hohen experimentellen Aufwand erwachsenen Entwicklungskosten rechtfertigen muß. Damit erfolgt eine auto-

matheische Einschränkung einer möglichen Werkstoffvielfalt auf diejenigen Produkte, die nach den Gesetzen des Marktes gewinnbringend hergestellt werden können. Das Paradoxe ist nun, daß den vermarktbareren Werkstoffen ein um Größenordnungen größeres Potential an machbaren Werkstoffen gegenübersteht, das Anwendermärkte aufweist. Solche Anwendermärkte können, wenn sie „Systeme“ wie Automobile betreffen, sehr groß, in bezug auf die Werkstoffverkäufermärkte jedoch zu klein sein. Als ein Beispiel hierfür seien elektrochrome Verschiebungen auf der Basis chemischer Beschichtungswerkstoffe genannt. Die Grundlagen der Elektrochromie, z. B. auf der Basis von Wolframoxiden, sind schon seit einem halben Jahrhundert bekannt. Auch die anderen dazu erforderlichen Werkstoffe wie z. B. transparente leitfähige Beschichtungen oder ionenleitende Polymere kennt man schon seit langem. Die Entwicklung einer preisgünstigen elektrochromen Verschiebung mit Beschichtungswerkstoffen, die über chemische Synthesen hergestellt werden, ist jedoch bis heute nicht im industriellen Maßstab erfolgt, da der Verkäufermarkt dieser Schichtwerkstoffe die aufwendigen Entwicklungen nicht rechtfertigt. Andere Beispiele sind Antireflexschichten für Automobilverglasungen, Easy-to-clean-Schichten für Scheinwerfer, Antibeschlagschichten etc. Hier kommt ein kontraproduktiv wirkendes Prinzip zum Tragen, das viele Bereiche der westlichen Industrieentwicklungen kennzeichnet: Der Werkstoffhersteller darf nicht an der Wertschöpfung der späteren Systeme partizipieren, und der Systemhersteller trägt das Forschungs- und Entwicklungsrisiko für solche neuen Werkstoffe nicht mit. Aus Risiko- und Kostenfaktoren heraus wird damit notgedrungen das Marktvolumen für eine rentable Ent-

wicklung zu hohen Werten geschoben, die in der Regel weit über 100 Mio. DM pro Wertstofftyp und Jahr liegen, und es unterbleiben als Konsequenz besonders spezielle Entwicklungen von z. B. intelligenten systemspezifischen Werkstoffen. Dies wirkt sich, wie das Beispiel der Elektrochromie zeigt, extrem innovationshemmend aus, obwohl die Systemmärkte elektrochromer Verschiebungen allein im Architekturbereich auf mehrere Mrd. US \$ geschätzt werden.

Die Alternative, eine systemintegrierende Werkstoffentwicklung, die entlang einer transdisziplinären Wertschöpfungskette zum innovativen Endprodukt führt, können sich nur sehr wenige Unternehmen im eigenen Haus leisten, wie z. B. die elektronische und elektrotechnische Industrie in einigen Fällen. Dies gilt nicht im gleichen Maße für Südostasien und den pazifischen Wirtschaftsraum: Dort hat durch eine andere Industriekultur mit der Bildung großer Konglomerate, die relativ interdisziplinär zusammengewürfelt sind, ein anderes Modell Schule gemacht: Die meisten dieser Konglomerate verfügen über ihre eigene Werkstoffentwicklung, die zudem auch noch meistens chemieorientiert ist. Dies hat z. B. dazu geführt, daß der Sol-Gel-Prozeß, der in Europa und den USA als eine für attraktive Industrieproduktionen eher ungeeignete Technologie mit rückläufiger Tendenz angesehen wird, in Japan zu einem boomendem Markt geführt hat, bei dem inzwischen eine Vielzahl hochattraktiver Produkte entstanden ist. Das jüngste Beispiel sind photokatalytische Oberflächen, die, z. B. auf Gebäuden, Kraftfahrzeugen oder anderen Gegenständen aufgetragen, Verschmutzungen durch organische Produkte in einem hohen Maße verhindern und Hausfassaden über eine lange Zeit in einem hervorragenden Zustand halten. Schüchterne Versuche zum Durchbrechen dieser Barriere im Sinne strategischer Kooperationen haben in Westeuropa keine nennenswerten Erfolge gebracht. Etwas anders sieht die Situation in den USA aus, die besonders durch die sehr intensive Mittelstandsförderung sehr viele junge Unternehmen auf den Plan gerufen haben, die den Großteil ihres Budgets zuverlässig über Entwicklungsprojekte von staatlichen Organen erhalten und hier eine wichtige Funktion in der Entwicklung von Minder-



mengenwerkstoffen erfüllen, die derzeit in Deutschland in dieser Form nicht existiert.

Die Frage, inwieweit hier institutionalisierte Forschung und Entwicklung Abhilfe schaffen kann, z. B. dadurch, daß sie im Werkstoffbereich die Rolle einer entwicklungsrisiko- und -zeitherabsetzenden Funktion spielt, würde z. T. einschneidende Umdenkprozesse erfordern: Die derzeit in Deutschland praktizierten Wissenschaftsfördermodelle (Hochschulforschung, Großforschungseinrichtungen, Max-Planck-Gesellschaft, Fraunhofer-Gesellschaft,

BLAUe-Liste-Institute) sind in ihrem Modellcharakter relativ unbeweglich oder werden, wie das Beispiel der BLAUen Liste zeigt, zunehmend auf eine Richtung festgelegt: Jede Einrichtung erhält ihren gut abgegrenzten, festgefügtten Platz. Die einen sind z. B. nur für die Grundlagenforschung, die anderen nur für die anwendungsorientierte Forschung und die dritten für mehr oder weniger hoheitliche, d. h. für vom Staat als wichtig erkannte oder vermeintlich als wichtig erkannte Aufgaben zuständig. Damit sind sie vom „Markt des Bedarfs“ genommen und in

Aus Risiko- und Kostenfaktoren heraus wird damit notgedrungen das Marktvolumen für eine rentable Entwicklung zu hohen Werten geschoben, die in der Regel weit über 100 Mio. DM pro Werkstofftyp und Jahr liegen, und es unterbleiben als Konsequenz besonders spezielle Entwicklungen von z. B. intelligenten systemspezifischen Werkstoffen. Obwohl die Systemmärkte elektrochromer Verschleißungen allein im Architekturbereich auf mehrere Mrd. US \$ geschützt werden

ihrer industriellen Wirkung drastisch reduziert, oder sie sind, wie das Beispiel Fraunhofer-Gesellschaft zeigt, in ihrer innovativen Tätigkeit dadurch eingeschränkt, daß sie, unabhängig von den Return-of-Invest-Zeiten der jeweilig bearbeiteten Forschungsrichtungen, auf eine über einen Kamm geschorene sehr niedrige Grundfinanzierung gesetzt sind. Eine Durchgängigkeit zwischen diesen Forschungsmodellen, die seit sehr langem diskutiert wird, hat noch zu keinem nennenswerten Erfolg geführt, wenn man von Einzelbeispielen absieht.

Für die Nutzung des Potentials neuer Werkstoffe mit den geschilderten speziellen Rahmenbedingungen, nämlich den sehr langen Return-of-Investment-Zeiten bei gleichzeitigem extrem hohen Innovationspotential in nahezu allen Industriebereichen, die bis in die Informationstechnologie und die Biotechnologie hineinreichen, sind, wenn man von der Notwendigkeit überzeugt ist, daß nur ein ausreichend hohes Maß an Innovation die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands bewahrt, neue Denkansätze erforderlich. Diese Denkansätze erfordern ein flexibles Modell, bei dem in der institutionellen Werkstoffentwicklung entlang der Wertschöpfungskette von der Grundlagenforschung notfalls bis zur Produktionstechnologie gearbeitet werden kann. Die Übergabe der Ergebnisse an das interessierte Industrieunternehmen, die gegen eine angemessene Vergütung erfolgt, kann dann genau an der Stelle erfolgen, an der das Know-how des Unternehmens in ausreichender Menge vorhanden ist (Schnittstellen-Engineering). Mit der Entwicklung bis zur Turn-Key-Technologie wird ein ganz entscheidendes Hemmnis abgebaut, nämlich das Technology Gap zwischen dem Ende der Leistungsfähigkeit eines innovativen Forschungsinstituts, das dann, wenn es neue Werkstoffe synthetisiert oder entwickelt, in der Regel nicht das Technologieentwicklungs-Know-how hat, und dem aufnehmenden Unternehmen, das, wenn es nicht einen interdisziplinären Konzern darstellt, nicht das Know-how zur Werkstoffsynthese und Prozeßtechnik hat.

Solche einen so großen Bogen überspannenden Forschungseinrichtungen existieren in der Bundesrepublik nur in sehr geringem Umfang. Sie brauchen wie jedes andere im Grundlagenbereich arbeitende Institut eine zunächst einmal von Drittmitteln unabhängige Grundfinanzierung, mit der langfristige neue Felder vorbereitet werden können. Sie brauchen aber auch ein interdisziplinäres Team, das bis hin zur Produktionstechnik reicht, um der Forderung des Schnittstellen-Engineerings gerecht zu werden, und sie brauchen, und das ist vielleicht der kritischste Punkt, ein Management, das in der Lage ist, auch interdisziplinäre Teams im Institut zusammenstellen zu können und diese interdisziplinäre Zusammen-

arbeit aus der reinen Freiwilligkeit herauszunehmen. Das erfordert einen Um-denkenprozeß seitens der Mitarbeiter, der Träger solcher Institute und insbesondere auch der Forschungspolitik. Wie das funktionieren kann, sei an einem Beispiel aus dem INM, und zwar an der in der Zwischenzeit populär gewordenen sogenannten „Nanotechnologie“ erläutert. Einer der interessantesten basistechnologischen Ansätze in der Nanotechnologie ist die chemische Synthese von Nanopartikeln, da solche Partikel auf eine elegante und kostengünstige Art und Weise über chemische Synthesen zugänglich sind. Das INM befaßt sich seit Anfang der 90er Jahre mit der chemischen Synthese von Nanopartikeln und deren Weiterverarbeitung zu intelligenten neuen Werkstoffen. Eine der herausragenden Eigenschaften von Nanopartikeln neben vielen anderen ist ihre große Oberfläche und ihre adhäsive Wirkung, d. h. sie können auf sehr vielen Untergründen exzellent haften und im günstigsten Falle sogar diese miteinander verbinden. Nach einer mehrjährigen Grundlagenphase mit SiO₂-Nanopartikeln, der Untersuchung ihrer Oberflächeneigenschaften und ihrer Möglichkeiten, durch eine gezielte Oberflächenmodifizierung neue Eigenschaften zu finden, hat es sich herausgestellt, daß mit solchen Nanopartikeln z. B. neue Bindemittel für Glasfasern hergestellt werden können, die nahezu frei von organischen Komponenten sind. Nach Vorliegen dieser Grundlagenenergebnisse wurden dann Entwicklungen durchgeführt, die gezeigt haben, daß ein vollkommen neuer Typ von Glaswolle („Weiße Ware“, ebenfalls nahezu organikfrei) herstellbar ist und damit eine ganze Reihe von Problemen der organikgebundenen Glasfasern wegfällt, wie z. B. die Entwicklung giftiger Dämpfe beim Erhitzen, die mangelnde Hitzebeständigkeit, um im Brandschutz eingesetzt zu werden, und eine vollkommene Recyclingfähigkeit. Auf dieser Basis wurde eine Technologie aufgebaut, die einerseits die chemische Herstellung der nanopartikelären neuen Bindemittel mit rationellen Verfahren sowie eine Beschichtungstechnologie für eine Online-Beschichtung der Glasfasern während des Herstellungsprozesses zum Inhalt hatte, so daß inzwischen ein neues industrielles Produkt zur Verfü-

gung steht, das in komplett neuen Einsatzbereichen im Vergleich zu den organikgebundenen Glasfasern verwendbar ist. Diese Entwicklung war ausschließlich durch das Zusammenwirken von Chemikern, Physikern, Werkstoffwissenschaftlern und Ingenieuren möglich. Sie wurde für ein Industrieunternehmen durchgeführt, das die Voraussetzungen für eine eigenständige Entwicklung mit dieser Aufgabenstellung nicht hatte, da es voll glasfaserproduktionsorientiert arbeitet. Letztendlich ist für dieses Unternehmen die Frage, was ein solches Bindemittel kann, wie es entwickelt worden ist bzw. was für chemische Strukturen hierfür eine Rolle spielen, vollkommen unerheblich. Wichtig ist nur, daß, wie im vorliegenden Falle geschehen, das organische Bindemittel gegen die neue Bindemitteltechnologie ausgetauscht wird und ein Produkt mit vollkommen neuen Eigenschaften resultiert. In ähnlicher Weise wurden im INM elektrochrome Verschiebungen entwickelt, die nun als Prototyp in der Größe 1 x 1 m₂ für Demonstratorprozesse gefertigt werden. In beiden Fällen waren etwa vier Jahre Grundlagenforschung nötig, die im wesentlichen wie jede andere Grundlagenforschung auch öffentlich finanziert sein muß.

Neue nanotechnologische Werkstoffe werden in der Zukunft eine revolutionäre Rolle spielen, wenn es gelingt, die beschriebenen Hürden zu überwinden. Nutznießer sind die Medizintechnik, wobei Nanopartikel die Transportfunktion von Genen oder Werkstoffen zur Tumorbekämpfung übernehmen können, die Energietechnik mit neuen Photovoltaiksystemen oder neuen leistungsfähigeren Batterien, die Mikroelektronik, die Optik und die Informationstechnik mit nie für möglich gehaltenen Speicherdichten, die Verkehrstechnik, die industrielle Fertigungstechnik sowie als Querschnittstechnologie die Oberflächentechnik. Zur Nutzung des Potentials sind neue, flexiblere Modelle in der Forschung und Entwicklung und der Industrie erforderlich, die die „Technology-Gap-“ und Schnittstellenproblematik und damit das Mindestmengenproblem überwinden, um somit die in der westlichen Industrielandschaft im Werkstoffentwicklungsbereich existierenden Hemmnisse zu beseitigen.

Werkstoffe online

Informationssystem des Bayerischen Forschungsverbands Materialwissenschaften (FORMAT)

VON DIPL.-PHYS. JOSEF MITTERMEIER
Geschäftsführer, FORMAT

Neue Werkstoffe

Die „neuen Werkstoffe“, mit denen sich der Bayerische Forschungsverband Materialwissenschaften – FORMAT – befaßt, gehören zu den innovativsten und wissenschaftlich-technisch interessantesten Zukunftsfeldern. Werkstoffe nehmen eine zentrale Stellung in vielen Prozessen industrieller Produktion ein. Zum Teil wird die Wachstumsgeschwindigkeit ganzer Branchen wesentlich von Fortschritten der Werkstofftechnik bestimmt – ein eindeutiges Zeichen für deren Schlüsselfunktion im technischen Fortschritt.

Die herausragende Bedeutung neuer Werkstoffe ist darin begründet, daß sie in einer Vielzahl von Komponenten eingesetzt werden können. Dadurch wirken sich Werkstoffinnovationen automatisch auf unterschiedliche Technologiefelder und Branchen aus.

Neue Werkstoffe müssen immer in Zusammenhang mit verfügbaren Fertigungsverfahren gesehen werden, wobei zunächst die Ur- und Umformtechniken im Vordergrund stehen. Oftmals erfordern neue Werkstoffe speziell auf sie abgestimmte Fertigungsverfahren oder die verfügbaren Fertigungsverfahren beeinflussen wesentlich die Werkstoffauswahl.

Nicht zuletzt muß auch die Prüftechnik in Verbindung mit neuen Werkstoffen gebracht werden. So ist z.B. die Möglichkeit des zerstörungsfreien Nachweises von Werkstoffschäden bei sicherheitstechnisch relevanten Bauteilen ein wesentlicher Faktor bei der Werkstoffauswahl.



Innovation durch Information

Notwendige Voraussetzung für Innovation ist eine vorausgehende und umfassende Information des bereits Bestehenden. Deshalb hat sich FORMAT die Informationsvermittlung zum obersten Ziel gesetzt.

Mit dem materialwissenschaftlichen Online-Informationssystem – M-Line – stellt FORMAT für alle Interessenten aus Industrie und Forschung werkstofftechnische Informationen über die gesamte Wertschöpfungskette im Internet zur Verfügung.

M-Line verkürzt somit langwierige Recherchen und Experimente im Vorfeld einer Produkt- und Werkstoffentwicklung.

Die verschiedenen Teilbereiche werkstofftechnischer Informationen werden in M-Line unter Berücksichtigung ihrer komplexen Zusammenhänge in einer materialwissenschaftlichen Datenbank bereitgestellt.

Informationsspektrum von M-Line

M-Line bietet ein breites Spektrum an Informationen zu neuen Werkstoffen, wobei sowohl das Eigenschaftsprofil der