# WERKSTOFFKUNDE UND -FORSCHUNG GEWINNEN ZUNEHMEND AN BEDEUTUNG



>> von Norbert Jost > Es besteht heute breite Einigkeit darüber, dass zu unseren materiellen Grundbedürfnissen nicht nur Nahrung und Energie, sondern in zunehmenden Maße auch Rohstoffe und insbesondere die daraus gewonnenen bzw. hergestellten Werkstoffe gehören (*Abb. 1*).

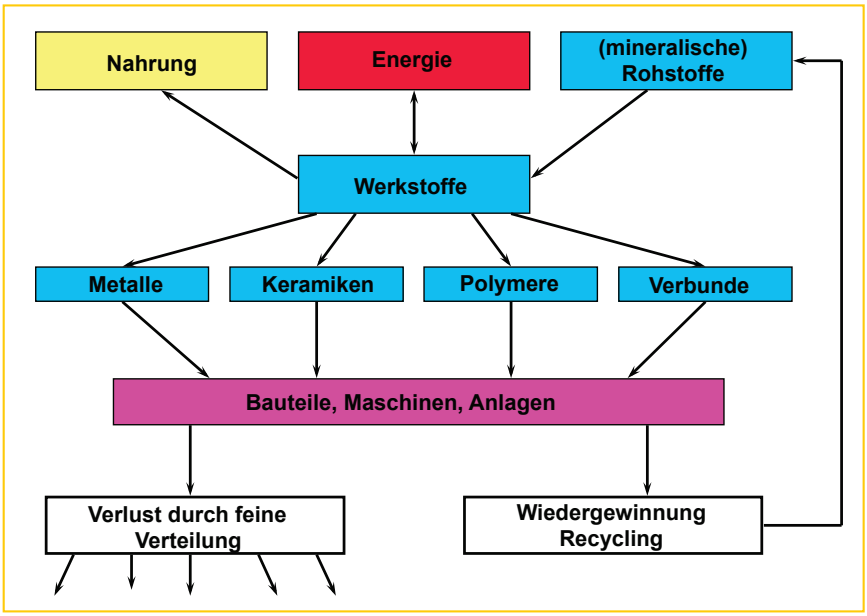



***Abb. 1:*** *Roh- und Werkstoffe gehören zu den Grundbedürfnissen der Menschheit*

Werkstoffe ermöglichen erst, dass Ideen in technische Konstruktionen umgesetzt und bestimmte Funktionen realisiert werden. Die Werkstoffe liefern in vielen Fällen sogar erst den eigentlichen Schlüssel zur Entwicklung der Technik. Hierzu gibt es zahlreiche Beispiele, von denen hier die folgende, ganz bewusst kurze und auch chronologisch-historische Auflistung nur einen winzigen Ausschnitt zeigen kann:

- aushärtbare Aluminium-Legierungen,
- Faserverbundwerkstoffe,
- Hartmetalle,
- Hochtemperaturpolymere,
- metallische Gläser,
- Legierungen mit Formgedächtnis,
- Glasfasern für die Informationsübertragung,
- mikrolegierte Feinkornbaustähle,
- ultrahochfeste Werkstoffe (auf Polymer-, Keramik- und Metallbasis),
- Werkstoffe mit Hochtemperatur-Supraleitung,
- Implantatwerkstoffe,
- Superleichtmetalle,
- und, und, und …

Bereits in frühen umfassenden Studien zu den Innovationsfeldern in Forschung und Industrie waren die Entwicklung und Optimierung von Werkstoffen feste Bestandteile und dazu ein Feld, in dem immer ausgewiesene Zukunftspotenziale gesehen wurden. Diese Einschätzung ist bis heute noch in höchstem Maße aktuell und wird durch entsprechende Nachfragen und Entwicklungsforderungen aus der industriellen Praxis stets weiter präferiert und getrieben. Bei genauerer Betrachtung wurden und werden sogar zwei von drei aller technischen Innovationen von Werkstoffentwicklungen getragen. Dabei zählen wie die von Grund auf neuen Werkstoffe hierzu selbstverständlich auch die Weiterentwicklungen bzw. Optimierungen bekannter Werkstoffe. Auch wenn Werkstoffinnovationen in tatsächlich allen Technologiesektoren und Branchen gefragt sind, werden sie in der Öffentlichkeit oftmals leider nicht in dem Maße wahrgenommen, wie sie es verdient hätten. Allerdings hat neben

>

vielen anderen Förderinstitutionen auch die Bundesregierung das Potenzial erkannt, setzt mit ihrer „High-Tech-Strategie“ wichtige Akzente und pusht u.a. auch dieses Thema ganz aktuell mit Hilfe von diversen so genannten Innovationsallianzen, (siehe auch: http://www.hightech-strategie.de).

Ein sehr wichtiges Kennzeichen moderner Technik ist, dass immer geringere Mengen von Werkstoffen für bestimmte Aufgaben bzw. Funktionen benötigt werden, (*Abb. 2*).

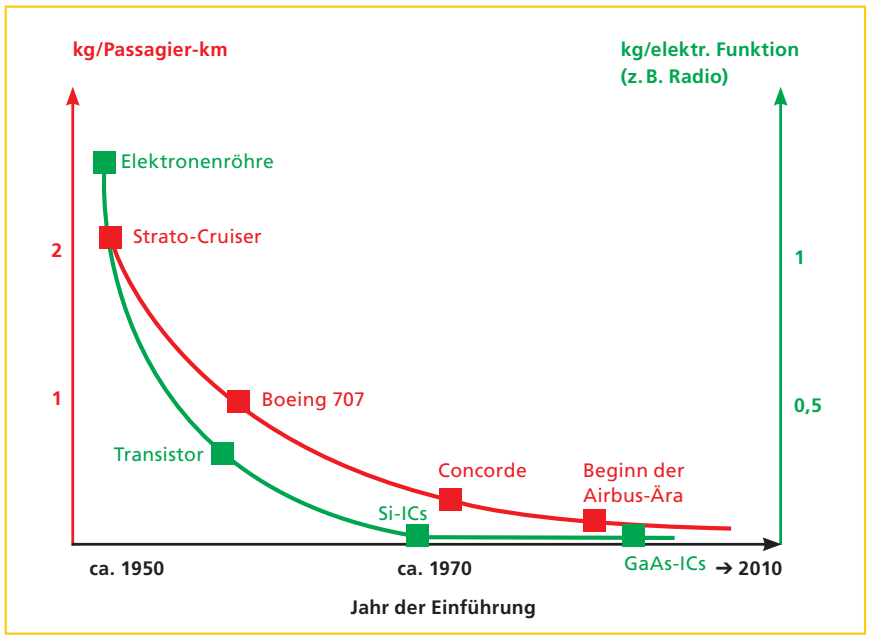



***Abb. 2:***
*Beispiele für die Entwicklung, dass immer weniger Werkstoff für eine bestimmte Funktion benötigt wird. Rot: Flugzeuge und die notwendige Werkstoffmasse, um einen Passagier einen Kilometer weit zu befördern, Grün: Elektronische Bauteile und die notwendige Masse, um die Funktion eines Radios zu erfüllen.*

Dies führt nicht nur zu kleineren, leichteren und trotzdem leistungsfähigen technischen Produkten, sondern auch zu einer immer mehr in den Fokus rückenden nachhaltigen Einsparung von Rohstoffen und Energie. Ohne Einschränkung und mit gutem Gewissen kann man daher auch hier von einem technischen Fortschritt sprechen, für den hauptsächlich neue oder verbesserte Werkstoffe und Fertigungsmethoden verantwortlich sind. Werkstoffe sind in vielfältigster Weise mit dem Grundbedürfnis Energie verknüpft. So erfordert ihre Herstellung Energie, zum Teil – wie bei Aluminium, Magnesium und Titan – sogar sehr viel Energie. Die Verfügbarkeit guter Werkstoffe für eine Technik, die unser Leben in Zukunft weiter möglichst gut unterstützen soll, ist daher eng an die Verfügbarkeit von Energie geknüpft. Dabei stellt sich die Habenseite der Beziehung Werkstoff/Energie durchaus sehr positiv dar, denn natürlich sind es auch hier wieder die Werkstoffe, die die Wirtschaftlichkeit der Erzeugung und des Transportes von Energie ganz wesentlich mit bestimmen, (*Abb. 3*).

***Abb. 3:***
*ICE 3 auf der Schnellfahrstrecke Nürnberg-Ingolstadt. Innovative Werkstoffe ermöglichen erst den für hohe Zuggeschwindigkeiten notwendigen Fortschritt im Oberleitungsbau.*

*Quelle:*
*Deutsche Bahn AG*

Auch das Thema Sicherheit (von Maschinen, Flugzeugen, Fahrzeugen, Schiffen, Brücken, Gebäuden usw.) hat wesentlich mit den verwendeten Werkstoffen, und hier vor allem mit ihrer Qualität und ihrer Verarbeitung zu tun, (*Abb. 4*).

***Abb. 4:***
*Schiffsunglück der „Prestige" vor der spanischen Küste.*

*Quelle: dpa*

Noch teilweise sehr entwicklungsfähig und -bedürftig sind die Grundlagen und Techniken zur Wiedergewinnung von Rohstoffen aus gebrauchten Werkstoffen. Besonders hervorzuheben sind dabei allerdings die Werkstoffe der neueren Generationen wie z. B. moderne und immer komplexer zusammengesetzte Faserverbunde, Werkstoffe für Li-Ionen Stromspeicher und Einiges mehr. So sind hierzu die bisher bekannten Konzepte zum werkstofflichen, aber auch rohstofflichen Recycling noch nicht ausreichend zufriedenstellend und nachhaltig gelöst.

Betrachtet man das Ganze aus fachwissenschaftlicher Sicht, so ist anzumerken, dass sich seit etwa den 1960er Jahren die Werkstoffwissenschaft und ihre Teilgebiete sehr rasant und dabei mit herausragender wissenschaftlicher Tiefe als eigenständiges Fachgebiet entwickelt haben. In diesem Grundlagenfach für vielerlei andere Ingenieurwissenschaften wird vor allem der Zusammenhang vom mikroskopischen Aufbau und den Eigenschaften der Werkstoffe behandelt. Insbesondere liefert die Werkstoffwissenschaft die allgemeingültigen Grundlagen für das sehr umfangreiche und ebenfalls in lebhafter Entwicklung befindliche Gebiet der Werkstofftechnik. Dort finden wir neben der Entwicklung neuer Werkstoffe auch deren optimale Auswahl für einen bestimmten Zweck. Dabei schöpft die Werkstoffkunde in ihrer Gesamtheit aus zahlreichen anderen Teilgebieten der Naturwissenschaft (Physik, Chemie, Mechanik, Thermodynamik …), (*Abb. 5*). >

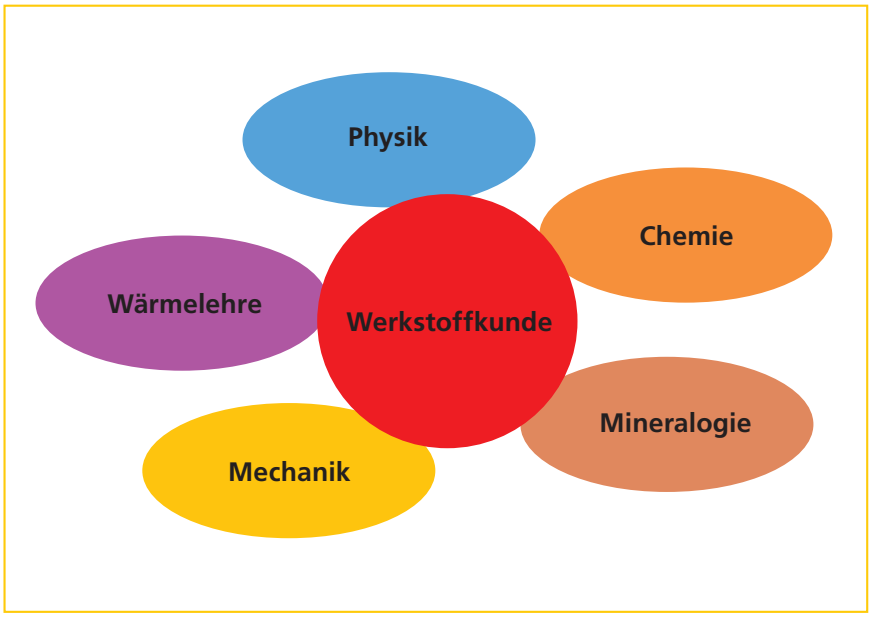



***Abb. 5:***
*Die Werkstoffkunde und ihre „Hilfswissenschaften", Zeugnis eines außergewöhnlich hohen Grades an Interdisziplinarität.*

Um diese letztlich zu ihren „Hilfswissenschaften" zu machen, musste sie Ihre eigene Basis finden, die unzweifelhaft in der Mikrostruktur, also dem so genannten Gefüge der Werkstoffe, liegt. Hier wird zunächst behandelt, wie z.B. Atome oder Moleküle zusammenzufügen sind, so dass ein gewünschter fester Stoff daraus entsteht. Aufbauend darauf geht es dann darum, diese Mikrostrukturen in Bezug zu den Eigenschaften zu setzen, die in der jeweiligen Anwendung gefragt sind. Dabei ist es üblich geworden, zwischen Struktur- und Funktionswerkstoffen zu unterscheiden. Die einen dienen vor allem zum Aufbau von Konstruktionen, wobei es bei ihnen hauptsächlich auf mechanische Eigenschaften ankommt, die unter dem Begriff der Festigkeit gut zusammengefasst werden können. Sie sollen vor allem mechanisch belastbar sein und die Belastung möglichst sicher und für lange Zeit in allerlei Umgebungen (Temperatur, korrosive Umgebung usw.) ertragen. Ganz andere Aufgaben haben die Funktionswerkstoffe. Hier stehen teilweise ganz unterschiedliche physikalische Eigenschaften (z.B. Datendichte für Speichermedien, Strahlungsfestigkeit, Formgedächtnis usw.) im Vordergrund, die von den eingesetzten Werkstoffen erfüllt werden müssen. Das Gebiet der Werkstoffe ist heute so gefestigt und etabliert, dass sich aus ihm bereits wieder eigene Fachgebiete, wie z.B. die Nanotechnik oder die Bruchmechanik erfolgreich abgespalten haben.

Es versteht sich fast von selbst, dass die Werkstoffkunde letztlich nur dann vollständig durchdrungen werden kann, wenn auch die fachtheoretischen Grundlagen mit den entsprechenden Prüf- und Untersuchungsmethoden unterstützt und verifiziert werden. Unter den zahlreichen physikalischen, chemischen und technologischen Prüfverfahren nehmen dabei die optischen Untersuchungsmethoden der Licht- und Elektronenmikroskopie eine ganz zentrale Stellung ein, weil letztlich nur mit ihnen eine systematische und umfassende Darstellung des bereits oben erwähnten „Werkstoffgefüges" möglich ist. Einige Abbildungen hierzu zeigen Beispiele von interessanten und gleichzeitig auch noch optisch sehr schön anzusehenden Werkstoffgefügen (*Abb. 6 bis 12*).

*Abb. 6*

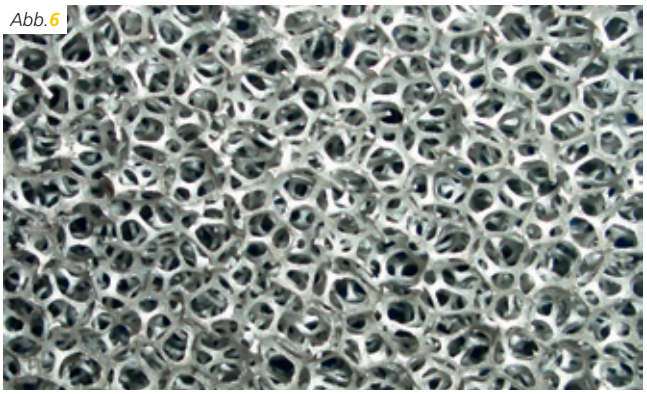


*Abb. 7*

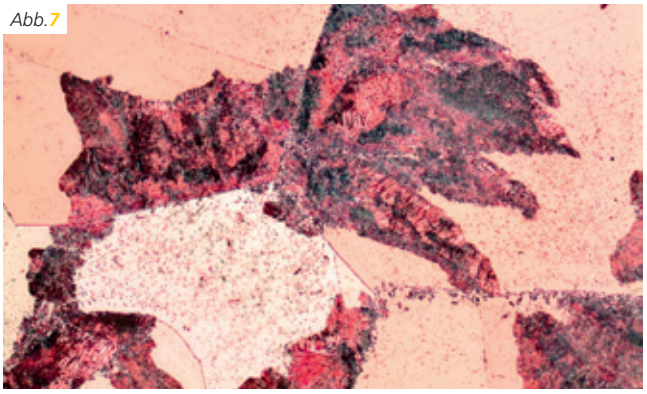


*Abb. 8*

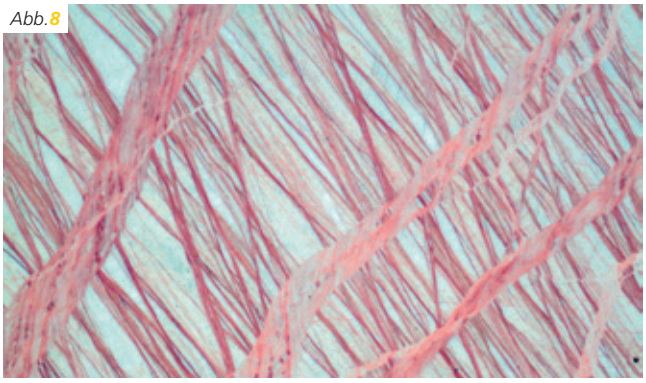


*Abb. 9*

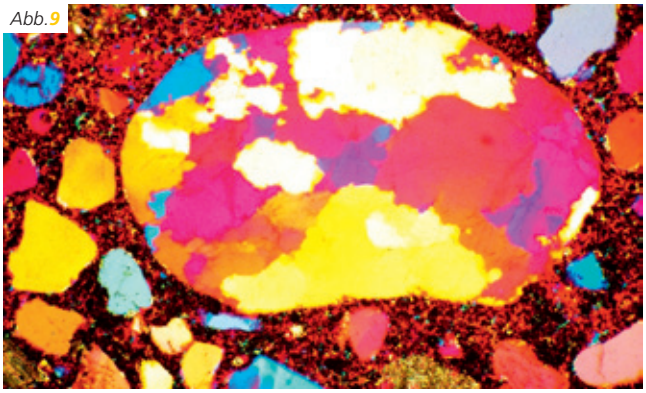


*Abb. 10*

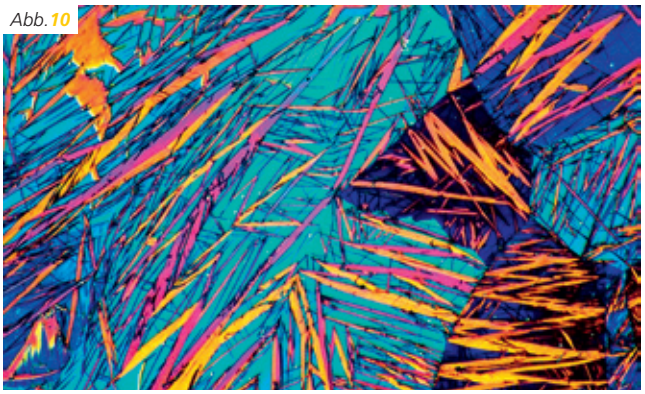


*Abb. 11*

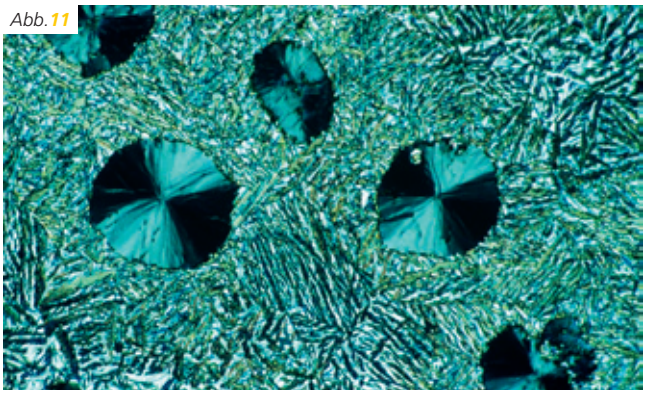
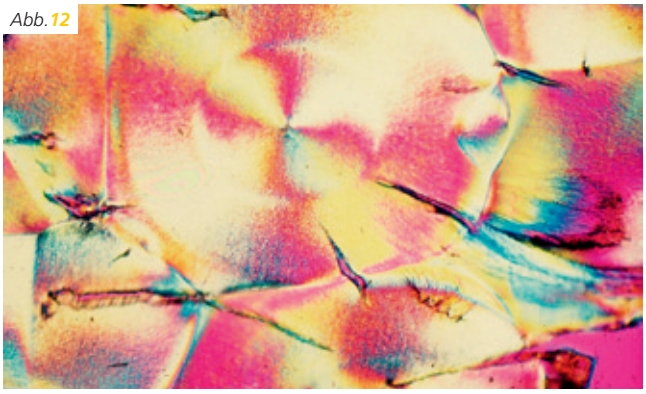


*Abb. 12*



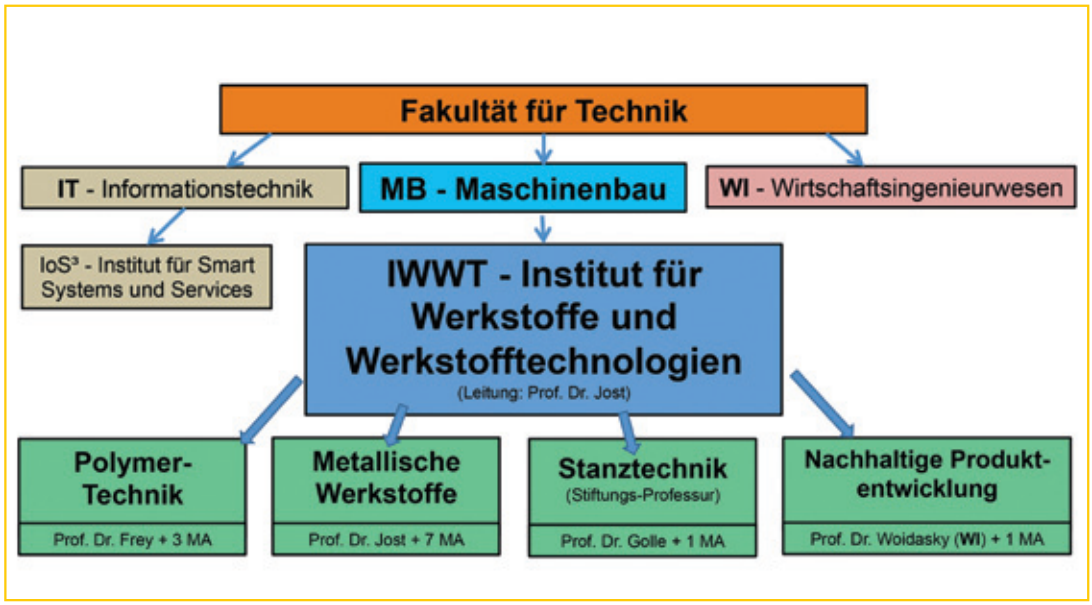



***Abb. 13:*** *Zusammensetzung und Eingliederung des IWWT in die Fakultät für Technik.*

Gerade in Deutschland hat die Gewinnung bis hin zur Ver- und Bearbeitung der Werkstoffe zu Bauteilen und Maschinen eine lange und vor allem fachlich tiefgründige Tradition. Fraglos mussten heftige wirtschaftliche Krisenzeiten gemeistert werden. Aber insbesondere der Werkstoffkompetenz, sowohl in den Instituten der unterschiedlichen Hochschulen als auch in den vielen ausgewiesenen Entwicklungszentren der Industrie konnte dies nicht nachhaltig schaden. Im Gegenteil hat dies mancherorts sogar eher noch zu einer Konzentration und einem kräftigen Auftrieb des Fachgebietes geführt. Nicht ganz unbeteiligt sind hieran auch die zahlreichen werkstofforientiert arbeitenden Labore und Institute an den Hochschulen für Angewandte Wissenschaften. Neben dem intensiven Einsatz in Lehre und Forschung bieten einige von ihnen ihre Laboreinrichtungen auch zunehmend im Rahmen von Industrieprojekten als Dienstleistung an. Das Angebot erstreckt sich von der Entwicklung neuer Werkstoffe und Werkstoffkonzepte bis hin zur Untersuchung und Bewertung von Schadensfällen, in denen falsch eingesetzte oder auch fehlerhaft hergestellte Werkstoffe beteiligt sind. Eines dieser Institute ist das Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien (IWWT) an der Hochschule Pforzheim, das 2012 vom Autor dieses Beitrags gegründet und seitdem zusammen mit den Professoren-Kollegen Gerhard Frey (Kunststofftechnik), Matthias Golle (Stanztechnik) und Jörg Woidasky (Recycling) ein respektables Portfolio aufbauen konnte. Eng angegliedert an die Hochschule und das in der Fakultät für Technik seit 1996 bestehende und immer weiter aufgebaute Werkstoffentwicklungs- und -prüflabor (lesen Sie dazu den folgenden Beitrag in Konturen) konnte sich das IWWT als verlässlicher Partner der heimischen Industrie platzieren und so bereits ein enges und dauerhaftes Netzwerk mit vielen Unternehmen schaffen. *Abb. 13* zeigt die Eingliederung und die aktuelle Zusammenstellung des Instituts ■

**Dr.-Ing., Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Norbert Jost**
ist Professor im Studiengang Maschinenbau sowie Gründer und Leiter des Instituts für Werkstoffe und Werkstofftechnologien (IWWT).

***Abb. 6:***
*Offenporiger metallischer Schaum, hier: Al-Legierung mit Porengröße 20 ppi. Foto: Alexander Matz*

***Abb. 7:***
*Gefüge einer ausgelagerten Cu-Mg-Legierung. Foto: Andreas Zilly*

***Abb. 8:***
*Gefüge einer Cu-Mg-Legierung nach Umformung. Foto: Simon Kött*

***Abb. 9:***
*Gefüge von Beton: hier ein ganz besonderer Beton aus der ehemaligen Berliner Mauer. Foto: Norbert Jost*

***Abb. 10:***
*Gefüge einer Fe-Ni-Co-Ti Formgedächtnislegierung. Foto: Norbert Jost*

***Abb. 11:***
*Gefüge einer Eisenguss-Legierung mit globularem Graphit. Foto: Norbert Jost*

***Abb. 12:*** *Gefüge von Teflon (Polytetrafluorethylen). Foto: Norbert Jost*