

Rossow, Ernst

Article — Digitized Version

## Problematik und Probleme der Materialforschung

Wirtschaftsdienst

*Suggested Citation:* Rossow, Ernst (1956) : Problematik und Probleme der Materialforschung, Wirtschaftsdienst, ISSN 0043-6275, Verlag Weltarchiv, Hamburg, Vol. 36, Iss. 4, pp. 199-204

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/132265>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# ABHANDLUNGEN

*In der modernen industriellen Entwicklung hat sich die Rolle des Werkstoffs grundlegend verändert. Während man früher die von der Natur gegebenen Werkstoffe hinnahm und sie je nach ihren Eigenschaften für die handwerkliche und industrielle Fertigung einsetzte, werden heute von der Industrie aus Forderungen für die Eigenschaften von Werkstoffen aufgestellt, die man in wissenschaftlicher Forschung zu entwickeln versucht. Eine solche Umstellung von Ursache und Folge setzt eine systematische und wissenschaftliche Werkstoff-Forschung voraus. Die Entwicklung neuer Werkstoffe hat das Werkstoff-Denken in zunehmendem Maße auf die Gebiete der Chemie und Physik geführt. Die Einzelprobleme, die die Werkstoff-Frage für die verschiedenen Industriezweige aufwirft, hat zur Errichtung betrieblicher Forschungsstätten gedrängt, die im Einsatz finanzieller Mittel die staatlichen Forschungs- und Prüfanstalten weit überflügelt haben. Um den Anschluß an den industriellen Fortschritt der großen Industrieländer zu halten, werden wir künftig noch viel umfangreichere Mittel für die Werkstoff-Forschung zur Verfügung stellen müssen. Damit wird sich die sich bereits anbahnende Entwicklung zur Gemeinschaftsarbeit in verstärktem Maße durchsetzen müssen.*

## Problematik und Probleme der Materialforschung

Prof. Dr. Ing. Ernst Rossow, Berlin

Für die Bewertung eines technischen Endproduktes ist lediglich der wirtschaftliche und der technische Erfolg maßgebend. Er setzt sich zusammen aus dem Zusammenspiel vieler oft nicht exakt beurteilbarer, geschweige denn meßbarer Einzelfaktoren, die im wesentlichen die Konzeption einer vorliegenden Konstruktion, ihre fertigungstechnische Verwirklichung, ihre Betriebsbewahrung und ihre Preiswürdigkeit in Anschaffung und Betrieb umfassen.

Zur Verwirklichung einer Konstruktion gehört die Fertigung des Gegenstandes in einem verfügbaren oder zu schaffenden Werkstoff, der den gestellten Anforderungen genügen muß. Der Werkstoff selbst ist nur für einen kleinen Teil der Industrie scheinbar als Endzweck, also als verkaufsfertiges Erzeugnis anzusehen, das konkurrenzfähig z. B. als Rohwerkstoff oder als Halbfabrikat auf den Markt gebracht werden muß.

Das eigentliche Endziel ist aber immer, mit Hilfe dieses Werkstoffes entweder direkt oder indirekt — z. B. bei einem Werkzeug — Apparate oder Maschinen zu schaffen, die zur Gewinnung technischer Leistungen im weitesten Sinne entweder direkt (wie bei der Transportleistung eines Kraftwagens) oder wieder indirekt (wie bei einer Werkzeugmaschine) dienen sollen.

Wirtschaftlich gesehen muß also das Endziel jeder Werkstoffverwendung entweder eine lebensnotwendige technische Leistung, wie sie beim Gebrauch des Pfluges zur Sicherung der Ernährung vorliegt, oder eine zur Erhöhung des Lebensstandards dienende verkaufsfähige technische Leistung, wie bei einem Fernsehapparat, sein, wobei die Zuordnung zu „lebensnotwendig“ oder „Steigerung des Lebensstandards“ immer subjektiv bedingt bleiben wird. Liegt ein derartiges Endziel nicht vor, so bleibt ein neuer Werkstoff unabsetzbar und hätte nur Museumswert.

Diese primitiv elementaren Überlegungen umreißen bereits die Schwierigkeit, von einem Gebiet „Materialforschung“ oder „Werkstoff-Forschung“ als einem in sich abgeschlossenen Forschungsgebiet zu sprechen. Werkstoff-Forschung kann nie ein fest umrissenes Wissenschaftsgebiet darstellen, sondern muß letzten Endes auf eine Zweckforschung in Bezug auf Anwendungsgebiete hinausgehen, wenn man nicht alles in der Grundlagenforschung, was mit Werkstoffen irgendwie zusammenhängt, als „Werkstoff-Forschung“ deklarieren will, also die gesamte Chemie und Physik ebenso wie jede Forschung, die sich mit den Eigenschaften und Eigenschaftsänderungen eines beliebigen nicht lebenden Körpers unter irgendwelchen Verarbeitungs- und Betriebsbedingungen beschäftigt, also auch die gesamte Fertigungstechnik. Und selbst das wäre noch nicht ausreichend: Holz ist zweifelsfrei ebenso wie eine Strohfaserverplatte ein Werk- und Baustoff. Zu seiner Weiterentwicklung müssen aber die Wissenschaftsgebiete des Landwirtes, des Forstmannes, des Geologen, des Meteorologen und, bezüglich der Schädlingseinflüsse, des Biologen und des Zoologen herangezogen werden.

Sachlich erfordert daher eine Definition des Begriffes Materialforschung in industrieller und wirtschaftlicher Hinsicht eine Einengung, da ein allgemein gefaßter Begriff viel zu umfassend wäre. Die Art der Einengung ist aber nicht allgemeingültig festgelegt, so daß in der Behandlung von Problemen der Werkstofftechnik immer die subjektive Auswahl bleibt und sie nie umfassend im Sinne eines Résumés einer fest umrissenen Wissenschaft sein kann. Sämtliche der oben skizzierten Wissenschaftsgebiete haben im übrigen auch in irgendeinem Teilgebiet einer enger umrissenen Werkstoff-Forschung befruchtend gewirkt: Aus der Geologie ist ein Kurzverfahren zur Feststellung der Dauerhaltbarkeit von Metallen gekommen, aus

der Landwirtschaft und Biologie sind in jüngster Zeit auch in die Technik die Methoden wissenschaftlicher Versuchsplanung unter sich ändernden Versuchsbedingungen übernommen worden, usw.

Zu einer sinnvollen Einengung des Umfanges dessen, was man noch als Materialforschung oder Werkstofftechnik im engeren Sinne ansehen will, kommt man z. B. aus einer rein historischen Betrachtung. Am Anfang der Menschheitsgeschichte steht die überlieferte Erfahrung, deren allmähliche Erweiterung den Übergang von Holz- über Stein- zu Metallgeräten bringt. Metalle wurden zunächst nur verwendet, soweit sie gediegen vorkamen. Die allmähliche Erkenntnis, Metalle aus Erzen zu gewinnen, so wie wir sie beim einfachen Rennfeuer der Primitiven zur Eisengewinnung noch in der Neuzeit beobachten können, hat nichts mit Forschung zu tun, sondern ist Überlieferung oft zufällig gemachter Beobachtungen.

Diese Überlieferung und das über Generationen oft in streng abgeschlossenen Zünften hingehende Sammeln und Verankern handwerklicher Erfahrungen war zunächst oft religiös zeremoniell verankert, wenn z. B. im alten Orient für das Härten eines Schwertes das frische Blut eines Sklaven gefordert wurde. Es führte aber zu handwerklichen Spitzenleistungen, die in ihrer Art, wie die alten Damaszenerklingen, auch in moderner industrieller Arbeitsweise nicht übertroffen werden oder deren innere Begründung wie die Verwendung von Überzügen, die das Leydenfrost'sche Phänomen herabsetzen, wie bei der Härtung der Samurai-Schwerter, erst in den letzten Jahrzehnten wissenschaftlich erkannt und erforscht wurde.

Forschen setzt aber außer der meist erforderlichen Problemstellung unbedingt zweierlei voraus: messende Untersuchung von Phänomenen und kritische Analyse der Meßergebnisse. In diesem Sinn können wir, abgesehen von einigen vereinzelt Vorläufern, von einer Werkstoff-Forschung eigentlich erst mit dem Beginn des neunzehnten Jahrhunderts sprechen.

#### TRÄGER UND AUFGABEN DER WERKSTOFF-FORSCHUNG

Der Beginn einer messenden Beurteilung von Werkstoffen setzte damals mit der Untersuchung der Straßenbauwerkstoffe in Frankreich ein, der Schwerpunkt verlagerte sich mit dem Beginn des Eisenbahnbaus zu metallischen Werkstoffen nach England. Mitte des vorigen Jahrhunderts waren die ersten Ansätze moderner messender Auffassung auch in der Industrie zu erkennen. Vor noch nicht hundert Jahren (1862) stellte Krupp wohl als erstes deutsches Werk eine englische Werkstoffprüfmaschine auf. Die Gründung der großen Materialprüfanstalten (München, Stuttgart, Berlin in Deutschland, Zürich in der Schweiz) liegt in den Jahren 1872 bis 1884.

Ihre Arbeitsgebiete kann man als das Gebiet einer Werkstoff-Forschung im engeren Sinne ansehen. Die von diesen Anstalten getroffene Gliederung, die auch von dem kurz vor der Jahrhundertwende gegründeten Deutschen Verband für Materialprüfungen in der Technik übernommen wurde, umfaßt Metalle, Baustoffe, sonstige Materialien und allgemeine Fragen.

Wie der Name des Verbandes sagt, war das Gebiet der Werkstoff-Forschung damit zunächst eingeeignet auf das Gebiet der Werkstoffprüfung. Durch das Schaffen der Physikalisch-Technischen und der Chemisch-Technischen Anstalten erweiterte sich das Gebiet auf das der eigentlichen Grundlagenforschung; heute geht die Tendenz auf ein Zusammenfassen dieser Gebiete. Die heutige Bundesanstalt für mechanische und chemische Materialprüfung (BAM) in Berlin-Dahlem hat als Vorgänger z. B. das ehemalige Staatliche Materialprüfungsamt, die Chemisch-Technische Reichsanstalt (die Physikalisch-Technische ist in Braunschweig selbständig geblieben), die ehemalige Reichsröntgenstelle, die Prüfstelle des Azetylenverbandes, das ehemalige Bautechnische Untersuchungsamt der Stadt Berlin und kleinere Forschungsgruppen.

Auch in anderen Ländern geht die Entwicklung auf ein Zusammenfassen der Forschung in immer größere Einheiten, die die verschiedensten Gebiete umfassen und so in enger Zusammenarbeit gegenseitig befruchtend wirken sollen. Als Beispiel für die Summen, die erforderlich sind, sei gesagt, daß die Schweiz eine völlige Modernisierung der Eidgenössischen Materialprüfanstalt mit einem Gesamtaufwand von 62 Mill. sFr. plant und daß Holland für die allerdings weit über die Werkstoff-Forschung im engeren Sinne hinausgehende Neueinrichtung der Delfter Universität eine Gesamtsumme von 400 Mill. hfl. veranschlagt.

Aufgabe einer staatlichen Anstalt ist in erster Linie die Prüfung von Werk- und Baustoffen für Anwendungsgebiete des öffentlichen Interesses einschließlich des Schutzes der Bevölkerung vor Schäden, die durch gefahrbringende Verwendung entstehen können, sowie die damit zusammenhängende Forschung. Aufgabe eines Industrieunternehmens ist aber die wirtschaftliche Fertigung und Verwendung von Industrieerzeugnissen und ihre Weiterentwicklung. Auch wenn die staatlichen Anstalten in dieser Hinsicht auf Grund ihrer Einrichtungen durch Übernahme von Forschungsaufträgen beachtliche Hilfe leisten können, ist es nicht zu verwundern, daß sich das industrielle Forschungs-wesen auf dem Werkstoffgebiet ziemlich unabhängig in anderer Hinsicht entwickelte. Einmal waren es die Großfirmen, die auf ihre Belange ausgerichtete eigene Forschungsanstalten schufen, und zwar sowohl in der rein werkstoffherzeugenden Industrie wie in Konzernen, deren Programm sowohl den Werkstoff wie daraus hergestellte Produkte umfaßt (z. B. Krupp oder Gutehoffnungshütte), als auch in der verarbeitenden Industrie (die Elektrofirmer Siemens und AEG seien als Beispiel genannt) und schließlich bei den Großverbrauchern wie Post oder Reichsbahn. Besonders stark machte sich das Bedürfnis nach eigener Werkstoffentwicklung auf dem Gebiet des Leichtbaus geltend: wohl alle Flugzeug- und Flugmotorenwerke unterhielten ihre eigenen Forschungsstätten unabhängig von den staatlich gelenkten Anstalten auf dem gleichen Gebiet, die ihrerseits den sonstigen wissenschaftlichen Instituten, wie den Kaiser Wilhelm- (heutigen Max Planck-) Instituten, zur Seite getreten waren.

Trotz der privatwirtschaftlichen Konkurrenz setzte zwischen den Industrielabors bald ein Erfahrungsaustausch ein, der allerdings manchmal, wie zunächst in den Fachausschüssen des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, im wesentlichen auf bestimmte Industriegruppen beschränkt blieb. Bedingt durch die oben skizzierte Problemstellung der endgültigen Werkstoffverwendung setzte dann die auch forschungsmäßige Zusammenarbeit zwischen Erzeuger und Verbraucher ein, sei es, daß eine gemeinsame Dachorganisation in der Normung den erarbeiteten Forschungsergebnissen auf längere Zeit ein einheitliches Gepräge geben soll, sei es, daß eine unmittelbare Zusammenarbeit erfolgt, für die die Schiffsorganisationen, die Kraftfahrzeugindustrie und die Abteilung Baustoffprüfung des ehemaligen Verbandes der Deutschen Luftfahrtindustrie als prägnante Beispiele genannt seien.

Mit der weiter fortschreitenden Entwicklung der Forschung zu Einzelproblemen, die sich nur unter Aufwand genügender Mittel lösen lassen, wird sich diese Tendenz zu gemeinsamer Arbeit noch verstärken müssen. Die Entwicklungsrichtung zeichnet sich bereits in einzelnen Instituten ab. Nach dem Kriege wurde z. B. in Bremen das Institut für Härtereitechnik gegründet, dessen Aufgabe die Forschung und Verbreitung der Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Wärmebehandlung ist und an dessen Aufgabenstellung und Arbeiten sowohl die Stahlerzeuger als auch die Stahlverbraucher beteiligt sind.

Nicht vergessen werden darf schließlich, daß in dieses Gebiet sogar die Versicherungen eingriffen: Die Maschinenschadensversicherung hat in ihren Schadensfällen den Werkstoff, die Konstruktion und die Behandlung des versicherten Gutes gegeneinander abzuwägen, und eine ganze Reihe von Forschungsarbeiten gingen von den hier gewonnenen Erkenntnissen, die immer zwischen Erzeuger und Verbraucher vermitteln mußten, aus.

Vor einem halben Jahrhundert wurde die Forschung noch sehr wesentlich von den Instituten der Hochschulen getragen. Ihre Bedeutung darf auch heute nicht unterschätzt werden, ihr Anteil muß aber gegenüber den anderen genannten Einrichtungen auf Grund der gegenüber dem Ausland mehr als sparsamen Zuteilung von Personal und Sachmitteln um so mehr abfallen, je mehr die Forschung in Zukunft auf die Verwendung hochwertiger Geräte angewiesen ist. Als Beispiel der Zwangslage sei gesagt, daß an mehreren Hochschulen die Institute nur über einen Monatsetat für laufende Betriebsmittel, Bücher, Zeitschriften usw. von weniger als 500,— DM verfügen und ihr Sachetat zur jährlichen Ergänzung der oft unvollständig aus dem Krieg geretteten Einrichtungen noch unter der für laufende Mittel verfügbaren Summe liegt. Soweit nicht durch Vertragsforschungen oder persönliche Stiftungen hier im Einzelfall eine Abhilfe geschaffen wird, ist schon die Lehre an der Hochschule im Sinne der Weiterentwicklung auf die neueren Erkenntnisse gefährdet, Entwicklung und Forschung aber mehr als in Frage gestellt.

Als Vergleichszahl für die industrielle Entwicklung sei gesagt, daß sowohl die Einrichtungskosten als auch die jährlichen Unterhaltungskosten eines Forschungsplatzes in der Industrie in der Größenordnung von je 15 000 bis 40 000 DM liegen, dieser Satz allerdings in Sonderfällen, wie manchen Luftfahrtentwicklungen, oder in der Kerntechnik wesentlich überschritten werden kann.

Man rechnet allgemein, daß je nach Betriebsart etwa knapp 1 bis 5 % des jährlichen Umsatzes — in Sonderfällen bis 10 % — für Forschungszwecke und Entwicklungsaufgaben wirtschaftlich vertretbar sind. Welcher Anteil hieran der Materialforschung zugeordnet werden darf, kann nicht allgemein angegeben werden: bei einer rohstoffherstellenden Industrie wird es ein wesentlicher, bei einer auf Feinbearbeitung zielenden Produktion nur ein geringer Anteil sein.

Kleinere Industrierwerke mit Jahresumsätzen der Größenordnung von 1—3 Mill. DM könnten sich damit im allgemeinen wirtschaftlich nur ein oder zwei Forschungskräfte leisten, zumal das Einrichten eines wirklich arbeitsfähigen Einmann-Labors im allgemeinen relativ teurer zu sein pflegt als das eines größeren Labors. Bei der vielfältigen Verknüpfung der verschiedensten Wissenschaftsgebiete, die die moderne Materialforschung kennzeichnet, erfordert die Lösung vieler Forschungsaufgaben aber das „team work“ einer Reihe von Spezialisten, die sich nur in einem großen Labor zusammenfinden.

Da damit kleinere bis mittlere Industrierwerke von einem wesentlichen Teil der Mitarbeit ausgeschlossen werden könnten, bahnt sich jetzt auch in Deutschland allmählich eine im Ausland bereits vor längerer Zeit eingeführte Lösung an: die Vertragsforschung und gegebenenfalls das Zusammenarbeiten mit freien Ingenieuren, die auf irgendeinem Sondergebiet spezialisiert sind. Die auftretenden Forschungsprobleme werden an außenstehende Institute abgegeben. Als eins der international bekannten sei das Batelle Memorial Institute erwähnt, das auch in Deutschland eine Zweigstelle hat. Das Industrierwerk hat dadurch den Vorteil, das Risiko der Investitionen wesentlich herabsetzen zu können und für ein vorliegendes Problem leichter mit Wissenschaftlern verschiedener Sparten zusammenkommen zu können.

Wesentlich ist in diesem Fall, daß die Verbindung mit solchen Instituten aufgenommen wird, die auf Grund ihrer Arbeitsausrichtung möglichst schon auf gleichem oder ähnlichem Gebiet Erfahrungen besitzen. Hier beginnt aber gerade für das kleinere Unternehmen die Schwierigkeit, da ihm im allgemeinen die notwendige Kenntnis der Arbeitsgebiete verschiedener Institute fehlt. Kennzeichnend für die jüngste Entwicklung ist, daß in Bonn jetzt die Vermittlungsstelle für Vertragsforschung gegründet wurde, die auf Grund ihrer Unterlagen in diesen Fällen vermitteln und beraten kann.

Die der Industrie an sich wirtschaftlich für eine derartige Forschungsweise, die in vielem der Tradition der Unternehmen widerspricht, zur Verfügung

stehenden Beträge sind schwer abschätzbar, liegen aber beachtlich hoch. Deutlich zweckgebunden auf ein Betriebserzeugnis ausgerichtete Vertragsforschung ist weitgehend unmittelbar als Betriebsausgabe absetzbar. Darüber hinaus sind auch Zuwendungen für rein wissenschaftliche Forschungen, die sich erst später indirekt wirtschaftlich auswirken, in bestimmtem Rahmen absetzbar. Dieser Rahmen wird augenblicklich auch nicht angenähert ausgenutzt. Die auf dem Umsatz beruhenden Schätzungen der im letztgenannten Sinne absetzbaren Summe liegen bei 300—600 Mill. DM jährlich. Für die Forschungsgemeinschaft standen im Vergleich dazu 31 Mill. DM zur Verfügung, die zum großen Teil noch aus der öffentlichen Hand stammen.

Um den Anschluß an die ausländische Entwicklung zu halten oder ihn auf einigen Gebieten überhaupt erst zu gewinnen, wird die deutsche Wirtschaft aber für jede Art von Forschung genau so wie für die Materialforschung in den kommenden Jahren erhebliche Summen aufwenden müssen, über deren zweckmäßigste Anlage man sich vor allem deswegen Gedanken machen sollte, weil in einer ganzen Reihe von Unternehmungen durch Entflechtungen und die Zweiteilung Deutschlands nicht mehr die wirtschaftlichen Voraussetzungen zum Halten von großen, in ihrer Arbeitsweise umfassend auf sich selbst stehenden Laboratorien gegeben sind.

#### SPEZIELLE PROBLEME

Wenn im folgenden einige spezielle Probleme der Materialforschung gestreift werden, so ist es selbstverständlich, daß es sich nur um eine willkürliche Auswahl aus der Vielfalt der Aufgaben handeln kann. Die Beispiele sollen mehr dazu dienen, einige Entwicklungslinien zu illustrieren, als etwa für sich gestellte Probleme darstellen, und sie sind ebensowenig wie die angegebenen Entwicklungstendenzen als erschöpfende Aufzählung zu betrachten.

**Wandel in Methode und Betrachtungsweise**  
Als wesentliche Entwicklungstendenz, die zwischen den beiden Kriegen einsetzte, ist in der Materialforschung sowohl auf dem Gebiet des Bauwesens wie im Maschinenbau der Übergang von der Erarbeitung reiner Kennziffern der Werkstoffkennzeichnung auf die Beurteilung von Versuchen an oft naturgroßen Modellen zu betrachten. Verknüpft damit ist ein allmähliches Abgehen von einem Urteil, das auf kausalen Folgerungen aus den Ergebnissen von Einzelversuchen basiert, und ein allmähliches Vordringen eines statistischen Denkens, das in Einzelfällen bereits bis zur Entscheidung auf Grund mathematisch errechneter Wahrscheinlichkeiten führt.

Zu diesen auf dem Gebiet der Methodik liegenden Entwicklungstendenzen kommt sachlich das immer stärkere Eindringen rein physikalischen und chemischen Denkens; das physikalische außer in der Kerntechnik besonders ausgeprägt bei den Versuchen, eine ganze Anzahl komplexer Phänomene auf Grund weniger Grundtatsachen zu erklären, also auf dem eigentlichsten Gebiet einer wirklichen Grund-

lagenforschung, das chemische gekennzeichnet einmal durch das Eindringen der Kunststoffchemie in Gebiete, auf denen man zunächst keine Anwendung der Kunststoffe vermuten würde, und zum anderen durch die immer mehr in den Vordergrund tretende Berücksichtigung kleinster Beimengungen, die oft bei Größenordnungen unter 0,1 % liegen. Daß daneben in jedem Industriegebiet wirtschaftlich die Fragen der Verbilligung eines Werkstoffes, gleichmäßigere und bessere Erzeugung, Verwendung besser beschaffbarer Rohstoffe ebenso wie zweckmäßigere Verarbeitung ihre Bedeutung behalten, braucht nicht besonders erwähnt zu werden.

Die Entwicklung der Kernphysik bringt mit der Verwendung von Isotopen eine ganz neue Prüftechnik und neue Möglichkeiten der Forschungsausrichtung, deren Bedeutung sich in Deutschland durch den zeitbedingten Ausfall fast eines Jahrzehnts erst langsam abzeichnet und auf die im einzelnen nicht eingegangen sei.

Einige Beispiele mögen aber die Bedeutung angeschnittener Punkte erläutern und zeigen, wie auf vielen Gebieten die Anforderungen an die notwendigen Forschungsmittel in den letzten Jahrzehnten sprunghaft angestiegen sind.

Am Anfang der Materialforschung stand das Erarbeiten von Kennziffern für den Werkstoff durch Festlegen z. B. der Bruchfestigkeit oder einer plastischen Verformungsgrenze an einem Probestab. Diese Kennziffern, die unter einmaliger, sich im allgemeinen langsam steigender Belastung gewonnen sind, haben auch heute als Prüfung der Gleichmäßigkeit einer Erzeugung ihre Bedeutung nicht verloren. Die Praxis zeigte aber, daß sie nur in Einzelfällen, insbesondere bei einer fast ruhenden Belastung im Bauwesen, unmittelbar für die Bemessung der Konstruktionen zugrundegelegt werden können. Im allgemeinen werden Werkstoffe wechselnd beansprucht, die dann ertragenen Beanspruchungen sind wesentlich niedriger als die unter ruhender Last. Die zunächst erfolgte Beurteilung an wechselnden Lasten unterworfenen Probestäben reichte ebenfalls für die Bewertung hochgezüchteter Konstruktionen nicht aus: es mußte der Versuch unter betriebsähnlichen Bedingungen mit wechselnden Lasten an Probestücken in Naturgröße gemacht werden. O. Graf ging am Stuttgarter Institut auf dem Gebiet des Bauwesens bis zur Untersuchung von 35 m langen Trägern und belastete ganze Häuserwände in seinen Prüfgeräten. Bei der Entwicklung eines deutschen Flugmotors wurden mehr als 100 Kurbelwellen mit einem Fertigungswert von über einer halben Million Mark zur endgültigen Festlegung von Werkstoff, Werkstoffbehandlung und Form im Labor unter betriebsähnlichen Bedingungen zerbrochen. Nach dem Kriege waren die Engländer gezwungen, für die Entwicklung des Comet I zum Comet III derartige Versuche an ganzen Flugzeugzellen durchzuführen.

Aber auch derartige Dauerversuche an naturgroßen Bauteilen reichen in der Nachahmung der Betriebsbedingungen nicht immer aus, da die Vielfalt der mehrachsigen Spannungszustände im Betrieb zu ganz anderem Werkstoffverhalten mit eintretendem spröden Betriebsbruch führen kann. Die Sprödebruchsuntersuchung, ausgelöst durch einige Schadensfälle an Brücken vor dem Kriege und die Serie der Zwischenfälle auf den Liberty-Schiffen, ist heute ein wesentliches Gebiet der Materialforschung geworden.

Im Kesselbau und im Motorenbau gingen das Streben der Konstrukteure und die Entwicklungsrichtung der Werkstoffe Hand in Hand in der Anwendung immer höherer Temperaturen. Die zunächst angewandten Kurzzeitversuche gestatteten keinen einwandfreien Rückschluß auf die Betriebsbrauchbarkeit, es mußten Langzeitversuche gemacht werden. Während bei der

Entwicklung der ersten Flugzeuggasturbinen noch Versuchszeiten von 200 bis 500 Stunden ausreichen, um ein brauchbares Urteil zu ermöglichen, zwingt die Entwicklung im Kesselbau und im stationären Turbinenbau, Urteile über die Bewährung bei verschiedenen Temperaturen und Zeiten von 5000 bis 10 000 und mehr Stunden abzugeben.

Diese Entwicklung zwingt zu immer zahlreicheren Versuchseinheiten, in denen derartig langzeitige Versuche durchgeführt werden können: In einem ausländischen Stahlwerk wurde vor einiger Zeit der bereits 50 Versuchsofen umfassende Versuchsraum auf das Mehrfache seiner Kapazität erweitert.

Das Streben, den Versuchsumfang herabzusetzen, führt dazu, die physikalischen Grundgesetze immer stärker auch in scheinbaren Nebensächlichkeiten zu untersuchen und für die Auswertung der gewonnenen Grundergebnisse immer kompliziertere Methoden heranzuziehen, deren Anwendung trotzdem noch wirtschaftlicher ist als eine entsprechende Steigerung des Versuchsumfanges.

Beispielsweise zeigte es sich bei der Bemessung der Schutzwirkung von Schirmen gegen die Strahlungen in der Kerntechnik, daß es oft besser ist, auf einer der neuen vollautomatischen elektronischen Schnellrechenanlagen den Schutz rein mathematisch auf Grund weniger Messungen elementarer Vorgänge durchzuführen, als einen entsprechenden Großversuch zu machen. Ohne das Heranziehen der neuen Rechenggeräte nur mit Hilfe normaler Bürorechenmaschinen wäre eine derartige Durchrechnung zeitlich und personell ein völlig hoffnungsloses, ein großes Rechenbüro manchmal auf Jahre ständiger Arbeit in Anspruch nehmendes Unterfangen.

Neue Eigenschaften neuer Werkstoffe  
Dringen von der Atomtechnik her die Physik und die angewandte Mathematik immer stärker in das Gebiet der Materialforschung ein, erfordert die experimentelle wirtschaftliche Durchführung der notwendigen Versuche immer mehr statistische und mathematische Kenntnisse, so kommt dadurch dem Eindringen der Chemie vor allem in der Entwicklung der Eigenschaften für Sonderzwecke keine geringere Bedeutung zu. Es ist hier nicht nur die unmittelbare Verwendung der neuen Kunststoffe als Bau- und Werkstoff, an die gedacht ist, sondern in gleichem Maße die dem Nichtfachmann weniger ins Auge fallende versteckte Verwendung oder die indirekte Auswirkung der bisher noch nicht ausgenutzten neuen Eigenschaften der neuen Werkstoffe.

Die Verwendung einer Polyvinylfolie als Wandbekleidung oder als Auskleidung von Behältern ist offensichtlich. Der Verwendung der neuen Schaumkunststoffe ist aber nicht gleich anzumerken, daß die Raumgewichte mit 4 bis 15 kg/cbm nur noch rund ein Hundertstel des Gewichtes einer gleichdicken Holzschicht betragen. Daß Polyvinylacetat in Betonmischungen die Zähigkeit und Abriebfestigkeit des Betons wesentlich steigert, bleibt außerhalb enger Fachkreise noch unbekannt.

Der Übergang von der Kohlenstoffchemie auf die Siliziumchemie in den unterschiedlichen Silikonen gab hochwärmeständige elektrische Isolationsmittel: Daß sich damit für gewisse elektrische Geräte des Leichtbaus die Belastungsgrenze nicht mehr durch die Isolation, sondern durch die Widerstandserhöhung des metallischen Leiters infolge der Temperaturerhöhung ergab, wurde in der Werkstoffentwicklung nicht klar vorausgesehen. Die Verwendung neuer Kunststoffe als Klebmittel nicht nur für Holz, sondern auch für Metalle, die in der Festigkeit ausreicht, um selbst im Flugzeugbau die Nietung teilweise durch Kleben zu ersetzen, hatte zwangsläufig eine Forschung auf dem Gebiet der zweckmäßigsten Oberflächenbehandlung metallischer Werkstoffe zur Folge.

Derartige sekundäre Auswirkungen können auch bei der Verwendung neuer Werkstoffe eine ausschlaggebende Rolle spie-

len. Die metallurgische Forschung gestattet es heute, reines Titan und Titanlegierungen mit Eigenschaften, die grob gesprochen zwischen denen der Leichtmetalle und der legierten Stähle liegen, industriell herzustellen. Trotz ihres hohen Preises werden diese Werkstoffe im Luftfahrtbau, im Bau hochbeanspruchter Schnellboote und im chemischen Apparatebau mit wirtschaftlichem Erfolg eingesetzt. Die Verwendung für gleitende Teile im allgemeinen Maschinenbau wird aber auch technisch durch die noch nicht überwundene Neigung zum Festfressen noch in Frage gestellt und bedarf weiterer Forschung.

Beispiele des überragenden Einflusses kleinster Beimengungen könnten in fast beliebiger Menge gegeben werden. Auf dem Stahlgebiet sei die Bedeutung kleinster Stickstoffgehalte genannt: die durch Sauerstoffzusatz beim Erschmelzen in der Größenordnung von 0,01 % gesteuerten Stickstoffgehalte erlauben es, aus dem Konverter Stähle zu erzeugen, die im wesentlichen die Eigenschaften von aus dem Siemens-Martinofen gewonnenen Stahlsorten haben. Erwähnt sei auch das bereits in technischem Umfang verwirklichte Vakuumgußverfahren des Bochumer Vereins, das eine Verringerung des in ähnlicher Größenordnung liegenden Wasserstoffgehaltes und damit eine wesentliche Verringerung der Rißanfälligkeit durch Flocken bei legierten Stählen gestattet. Die Forschung ist heute soweit gegangen, daß, wie z. B. beim Germanium, die Gehalte an Spurenelementen an verschiedenen Stellen eines Werkstückes bewußt gesteuert werden, um besondere elektrische Eigenschaften erzielen zu können.

#### DAS PROBLEM DER NACHWUCHSKRÄFTE

Aus diesen wahllos herausgegriffenen Beispielen ergibt sich bereits die Bedeutung des augenblicklich international zentralen Problems fast jeder Forschung, das auch auf dem Gebiet der Werkstoff-Forschung von größter Bedeutung ist: die Sorge um den Nachwuchs an Forschungskräften. Gute Ingenieure sind nicht nur in Deutschland mit der starken Dezimierung tragender Jahrgänge in der Bevölkerungspyramide, sondern in allen Industrieländern Mangelware, gute Forschungsingenieure haben daher Seltenheitswert. Zusammenfassende Statistiken über den Bedarf an Werkstoff- und Werkstoff-Forschungs-Ingenieuren fehlen. Selbst für viel gröbere Zusammenfassungen konnten mangels Unterlagen bei einer kürzlichen Umfrage der OEEC für das Gebiet der Bundesrepublik die Fragen über Mangel und Überschuß an wissenschaftlichen Kräften nur unzureichend beantwortet werden.

Sieht man vom Studium des Berg- und Hüttenwesens als speziell auf Werkstoffherzeugung ausgerichtetem Studium ab, und betrachtet man die Werkstoff-Forschung in der verarbeitenden Industrie, insbesondere im Maschinenbau, so existiert, von einem Ansatz an der Universität Saarbrücken abgesehen, im deutschsprachigen westlichen Gebiet keine zusammenfassende Ausbildung in Werkstofftechnik an den deutschen Hochschulen. Bei der starken Verknüpfung der Materialforschung mit den übrigen Wissenschaftsgebieten ist dieser Mangel an Spezialisierung eher zu begrüßen als zu bedauern.

Wesentlich für den Forschungsingenieur ist hier die gute Kenntnis der Grundwissenschaften und ein Eindringen in die Probleme des Konstrukteurs und des Fertigungsmannes auf einer Vielzahl von Anwendungsgebieten, und gerade das würde bei einer zu frühen Spezialisierung in Frage gestellt. Wenn aber

an einer deutschen Hochschule in den letzten Jahren nur rund 1% der Studierenden im Hauptexamen vertiefte Kenntnisse auf dem Werkstoffgebiet als Wahlfach wählten, so ist zu erwarten, daß sich das Problem des Nachwuchses gerade auf diesem Gebiet mit den sich durch Kerntechnik und die Entwicklung der Sonderwerkstoffe ergebenden erhöhten Anforderungen mit besonderer Schärfe bemerkbar machen wird. Eine der dringlichsten Aufgaben dürfte es daher sein, den Nachwuchs durch das Zurverfügungstellen ausreichender Unterrichts- und Forschungsmöglichkeiten stärker für dieses Gebiet zu interessieren. In Europa zeigen Blicke über die Grenzen nach Osten und Westen, wieviele Länder auch auf dem For-

schungsgebiet erkannt haben, daß leider an der Maxime „efficiency costs money“ nichts zu ändern ist. Ein Blick übers Meer auf die heute dort gezahlten Gehälter für Forschungsingenieure, die lebenshaltungsmäßig über dem Doppelten des hier üblichen Niveaus liegen, verdeutlicht die große Gefahr der Abwanderung gerade der tatkräftigsten Nachwuchsingenieure, die Vertrauen in ihre eigene Leistung haben. Die Erkenntnisse, die für die Forschungsförderung aus einer OEEC-Studienreise 1951 zu gewinnen waren und von F. Imberger in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1953 zusammengefaßt wurden, sind leider auf dem Gebiet der Materialforschung noch nicht in die Tat umgesetzt. Videant consules!

**Summary:** Tasks and Problems of Materials Research. The first big Institutes for Testing Materials (Munich, Stuttgart, Berlin in Germany, Zurich in Switzerland) were founded in the seventies and eighties of the 19th century. At first their activities were limited to the field of materials testing, and real fundamental research was only included as a result of the setting up of the Physico-Technical and the Techno-Chemical Institutes. Although the State institutes executed orders for private research too, there soon developed industrial materials research in the big firms of the basic and manufacturing industries as well as with certain big consumers such as the Post Office and the Reich Railways. The industrial laboratories soon began to exchange information, and today there even exists cooperation in the research of makers and users. The share which the University institutes have in this branch of research has declined in the last 50 years, the reason being that the staff and the funds allotted them are more than scanty. Of late, the system of research under contract and of collaboration with specialized free-lance research engineers has gained ground in Germany too, benefiting particularly the medium-sized and small industrial works. — Where its methods are concerned materials research has undergone fundamental changes. In its tests it is making increasing use of applied mathematics and especially statistics; nuclear physics has led to the use of isotopes which have made possible entirely new testing techniques and research in new directions; while chemistry is of immense importance in the development of properties for special purposes. — In concluding, the author describes the situation which exists with regard to the younger generation of research engineers, and in Germany today the question of training programmes and facilities constitutes one of the most urgent problems in this field.

**Résumé:** Epreuve de matériaux — problèmes de recherches scientifiques et pratiques. Au cours de la décade de 1870/80 les premiers grands laboratoires d'essai des matériaux furent fondés en Allemagne (Munich, Stuttgart, Berlin) et en Suisse (Zurich). Au début leur activité se bornait à des essais pratiques de matériaux. Les recherches scientifiques furent entreprises seulement après la fondation d'instituts chimico- et physico-techniques. A côté de ces instituts publics acceptant d'ailleurs des commandes de recherches pour des milieux privés, les grandes entreprises des industries de base et de transformation ainsi que les consommateurs en gros (poste, chemins de fer) se mirent à organiser des départements de recherches à leur propre usage. Entre les laboratoires des firmes fut établi un échange d'expériences, aboutissant finalement à une co-opération de producteurs et de consommateurs dans le domaine des recherches scientifiques et pratiques. Vue l'insuffisance absolue du nombre du personnel et des installations des instituts universitaires, le pourcentage de travail rendu dans ce domaine de recherches par ces instituts est au-dessous le niveau atteint il y a 50 ans. En Allemagne, depuis quelque temps, les entreprises moyennes et petites profitent de recherches contractuelles et de la collaboration avec des ingénieurs-spécialistes travaillant à leur propre compte. Le développement des méthodes suivies dans les laboratoires d'essai de matériaux comporte l'emploi progressif de la statistique et de la mathématique pratique. Une nouvelle technique d'épreuve fut créée par le progrès de la physique nucléaire et l'emploi d'isotopes. La chimie gagne en importance dans d'autres domaines spéciaux. L'auteur finit son article par un tableau de la situation vraiment problématique de la formation de la jeune génération de spécialistes en Allemagne.

**Resumen:** Problematicidad y problemas de la investigación de materiales: Los primeros grandes establecimientos que se dedican al examen de materiales (en Munich, Stuttgart, Berlin en Alemania, Zürich en la Suiza) fueron fundados en las décadas de 1870 y 1880. Inicialmente su actividad se limitó al examen de materiales industriales, y tan sólo desde la fundación de los establecimientos físico-técnicos y químico-técnicos se añadió la verdadera investigación de los fenómenos básicos. Además de los establecimientos estatales, que también ejecutaron ordenes de investigación para empresas particulares, las grandes empresas de industria básica y manufacturera así como los grandes consumidores tales como el ferrocarril y el correo desarrollaron departamentos de investigación. Pronto empezó un cambio de experiencias entre los laboratorios de las industrias, el cual finalmente resultó en una cooperación entre los productores y los consumidores en el campo de la investigación. La parte de los institutos académicos en la labor total de investigación es más pequeña que hace 50 años, debido a la insuficiente asignación de personal y materiales. Recientemente se propaga más y más la investigación a base de contratos y la cooperación con ingenieros independientes especializados en el ramo, beneficiando así a las empresas medianas y pequeñas. En lo que respecta a sus métodos, se nota un cambio considerable en la investigación de los materiales industriales. La matemática aplicada y principalmente la estadística van penetrando más y más la ejecución de experimentos; con el desarrollo de la física nuclear y el empleo de isotopes se propaga una nueva técnica examinadora y una nueva dirección de la investigación, mientras que la química revista gran importancia respecto al desarrollo de calidades para fines especiales. Al cabo de los problemas especiales, el autor describe la actual situación de la educación de la nueva generación que constituye hoy en Alemania uno de los más urgentes problemas en este campo.