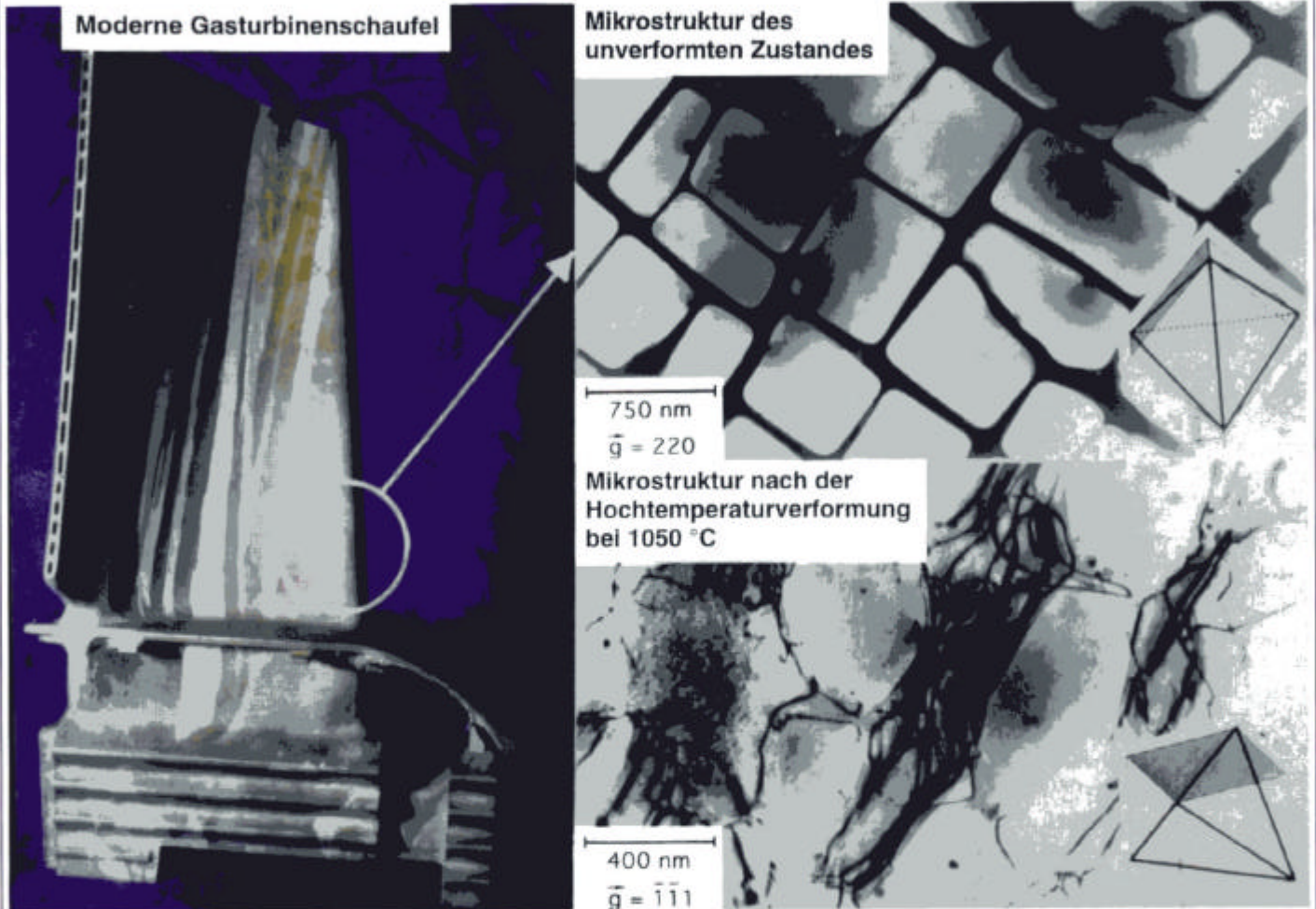


# Materialwissenschaften

Ruhr-Universität Bochum

NR. 1 FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE UND INFORMATIONEN SS 97



Peter Scheid  
Prorektor für Forschung und  
wissenschaftlichen Nachwuchs

## Intro

Materialforschung ist an mehreren Fakultäten angesiedelt. Dabei ist sich die Ruhr-Universität der Besonderheit dieses Gebietes bewußt. Gerade die Materialforschung birgt sicherlich ein besonders hohes Zukunftspotential für Forschung und Anwendung.

Daher hat auch die Ruhr-Universität schon seit längerer Zeit strukturelle Bemühungen darauf gerichtet, im Zuge von Neuberufungen in den Fakultäten die Materialforschung zu stärken und zu tragfähigen, zukunftsorientierten Kooperationen zwischen den beteiligten Bereichen zu kommen. Dies gilt etwa für die fakultätsübergreifende Ausrichtung auf Nanotechnologie in den Fakultäten für Physik und für

Elektrotechnik; es zeigt sich besonders deutlich auch an der Situation der Fakultät für Chemie, in der im Zusammenhang mit mehreren jetzt anstehenden Neuberufungen ein deutlicher Schwerpunkt in Richtung auf Materialforschung aufgebaut werden wird. Die Ruhr-Universität ist mit großem Engagement dabei, ihren Beitrag zu einem weiteren Ausbau der Materialforschung in Nordrhein-Westfalen zu leisten. Sie begrüßt daher vor allem auch

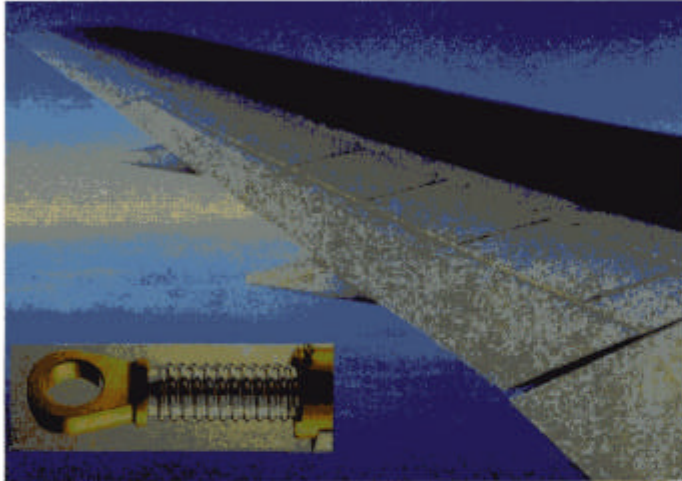
das jüngst von der Landesregierung angekündigte und in den Haushaltsentwurf 1996 eingebrachte „Innovationsprogramm Forschung“, das als einen Schwerpunkt gerade die Materialforschung nennt. Die Ruhr-Universität erhofft sich aus diesem Programm zielstrebige Unterstützung für den Ausbau und die weitere Initiierung neuer materialwissenschaftlicher Forschungsprojekte.

Hans Berns, Gunther Eggeler, Michael Pohl

## Werkstoffe als Forschungsthema in den Ingenieurwissenschaften

Für technischen Fortschritt sind grundlegende Informationen über Materialverhalten unverzichtbar. Sie alleine geben jedoch noch keine Triebkraft, keine Richtungsweisung für technische Entwicklungen. Es

zeugen, Bauwerken etc. - sie sind aber nicht die ins Auge fallende Konstruktion selbst. Auftraggeber des Werkstoffingenieurs ist weniger der Endverbraucher als der industrielle Verarbeiter: Automobil-



**Bild 1:** Kugelgewindtrieb aus hochstickstofflegiertem Stahl zur Verstellung der Landeklappen der Boeing 777 (USA) und der Astra Galaxy (Israel; Werkfoto FAG/Umbra).

müssen technische Ziele definiert werden, und bei der Zielfindung sind neben technisch-wissenschaftlichen Argumenten auch sozio-ökonomische Randbedingungen zu berücksichtigen. Erst wenn Ziele erkannt sind (z.B. Gasturbine mit höherem thermischem Wirkungsgrad, Titelbild), kann an Lösungen gearbeitet werden. In der Regel gibt es im Werkstoffbereich unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten, und man braucht Auswahlkriterien, um diejenige Lösung auszuwählen, die die besten Chancen hat, sich im technisch-wirtschaftlichen Umfeld durchzusetzen und damit zum Bestandteil „neuer Technik“ zu werden. Die Werkstofftechnik ist dabei nur ein Teilbereich der Technik. Werkstoffe sind zwar die unentbehrliche Voraussetzung zur Durchführen von Konstruktionen und zum Bauen von Maschinen, Fahrzeugen, Flug-

zeugen und Flugzeugfabriken, Hersteller von Energieanlagen u.v.a.. Deshalb ist eine Einbindung eines Teiles der materialwissenschaftlichen Hochschulforschung an der RUB in Fakultäten des konstruktiven Ingenieurbaus (Maschinenbau, Bauingenieurwesen) sinnvoll und wünschenswert. Die Zukunft des Standortes Deutschland und insbesondere des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen hängt von der Fähigkeit unserer Industrie ab, Ideen in marktfähige Produkte umzusetzen. Für diese Umsetzung sind unter anderem Werkstoffe erforderlich. Letztere bestimmen die Qualität unserer Produkte. Moderne Werkstoffe braucht man im klassischen Maschinenbau, in der Mikrotechnik und in der Medizintechnik. Es kann sich um Struktur- (Stähle, Superlegierungen, Leichtmetalle) und Funktionswerkstoffe (Formgedächtnis-Legierungen

gen) handeln. Grundsätzlich müssen sie vier Anforderungen genügen: (i) höchste Leistungsfähigkeit für komplexe Beanspruchung, (ii) maximale Zuverlässigkeit, d.h. keine Materialfehler, lange Lebensdauer (z.B. Wälzlager mit höherer Lebensdauer, Bild 1), (iii) minimale Kosten für Rohstoffe, Anlagen, Arbeitskraft und Energie bei der Verarbeitung, (iv) Integration in geschlossene ökologische Kreisläufe (Recycling), Vermeidung von Umweltschäden während des gesamten Lebenszyklus.

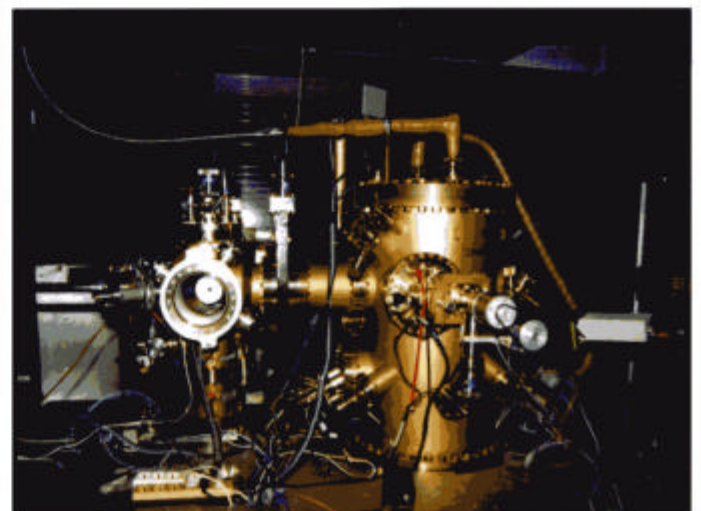
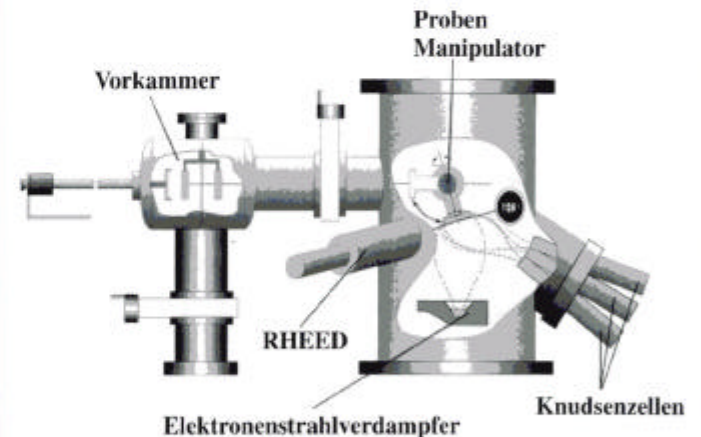
Der Trend geht in Richtung steigender Qualitätsanforderungen bei zunehmendem Kostendruck. Ingenieurwissenschaftliche Materialforschung an der Ruhr-Universität ist durch gute Grundlagenforschung im Umfeld moderner technischer Entwicklungen gekennzeichnet. Im Rahmen aktueller werkstofftechnischer Forschungsprojekte werden junge Ingenieure ausgebildet, die den Technologietransfer von der Hochschule in die Industrie sicherstellen.

Hartmut Zabel

## Materialwissenschaften der dünnen Schichten und Oberflächen

Im Zeitalter der Informations- und Kommunikationstechnologie hängen Fortschritte von der Miniaturisierung von Materialien und der Weiterentwicklung von Oberflä-

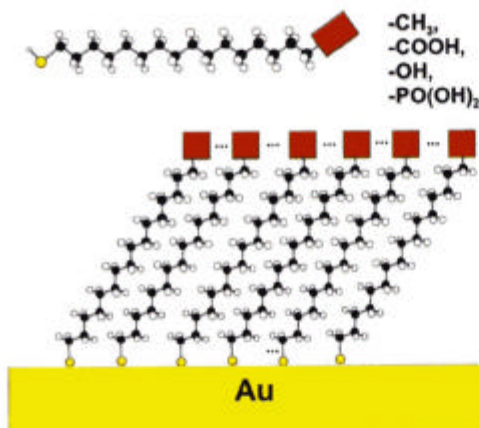
chen und Schichtsystemen ab. Intelligente Schichten, die über sensorische und informationsspeichernde Fähigkeiten verfügen, werden gefordert und derzeit weltweit in



**Bild 2:** Molekularstrahlepitaxieanlage zur Herstellung dünner epitaktischer Metallschichten. a) schematischer Aufbau; b) bestehende Anlage in der Festkörperphysik

zahlreichen Laboratorien entwickelt. Viele Industriezweige profitieren von der Grundlagenforschung im Bereich dünner Schichten, angefangen von der Halbleitertechnologie über die Optik bis zum Maschinenbau. Aber auch grundsätzliche Fragestellungen können mit dünnen Schichten modellartig untersucht werden, wie z.B. die Reichweite elektronischer

Wechselwirkungen oder chemische Reaktionen an Oberflächen und Grenzflächen von dünnen Schichten. Metallische Schichten werden mit Hilfe der Molekularstrahlepitaxie erzeugt. Dies ist ein neues Verfahren, bei dem das Wachstum von Metallschichten auf atomarer Skala kontrolliert werden kann. Bild 2 zeigt das Foto einer solchen Anlage, wie sie am Lehrstuhl für Festkörperphysik der RUB installiert ist. Der Vorteil der Molekularstrahlepitaxie im Vergleich zu anderen Aufdampfmethoden besteht in der chemischen Reinheit der Schichten und in der Möglichkeit, verschiedene Materialien mit atomar scharfen Grenzflächen aufeinanderzustapeln. Auf diese Weise entstehen neue und künstliche Strukturen, deren physikalisch-technische Eigenschaften durch Wahl der Materialien und Abfolge der Schichten maßgeschneidert werden können. Die metallischen Schichten sind Ausgangsmaterial für eine Reihe von Fragestellungen grundsätzlicher physikalischer Art. Insbesondere untersuchen wir den Zusammenhang zwischen Struktur und Magnetismus von magnetischen Stapelschichten, die als Magnetfeldsensoren einge-



**Bild 3:** Schematische Darstellung der Struktur innerhalb einer mittels Selbstorganisation erzeugten monomolekularen Schicht, hier auf einem Gold-Substrat (gelb). Die Herstellung erfolgt durch Eintauchen des Substrats in eine Lösung modifizierter Alkanthiole in Alkohol. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Schicht werden im wesentlichen durch die Endfunktion (rot) bestimmt.

setzt werden können. Aber auch materialspezifische Probleme lassen sich mit diesen Schichten unter neuen Bedingungen erarbeiten. Z.B. dienen Metall- bzw. Legierungsschichten dem fundamentalen Verständnis von Oxidationsvorgängen und des Korrosionsverhaltens an Oberflächen. Mit Wasserstoff in den Metallschichten können Versprödungen und Bruchgrenzen getestet werden. Metallinseln auf keramischen Substraten dienen der Untersuchung von chemischen Prozessen und heterokatalytischen Vorgängen an Oberflächen. Während zum Aufdampfen von ultrareinen und präzisen Metallschichten das Molekularstrahlverfahren die geeignetste Methode darstellt, ist das plasmastrahlunterstützte Hochfrequenz-Sputterverfahren besser geeignet zur Erzeugung von Isolatorschichten. Mit diesem Verfahren können sowohl Hartstoffschichten für tribologische Anwendungen wie auch dünne metallische und isolierende Schichten für die Sensorik und Optik hergestellt werden. Eine besondere Bedeutung haben in den letzten Jahren Metall/Saphir Multilagengewinnen, die als hochreflektierende Röntgenspiegel

auch bei extremer Temperatur- und Strahlenbelastung einsetzbar sind. Der Bereich 'Materialwissenschaften an dünnen Metallschichten, Isolatorschichten, und Oberflächen' wird von fünf Arbeitsgruppen an der RUB repräsentiert. Diese beschäftigen sich

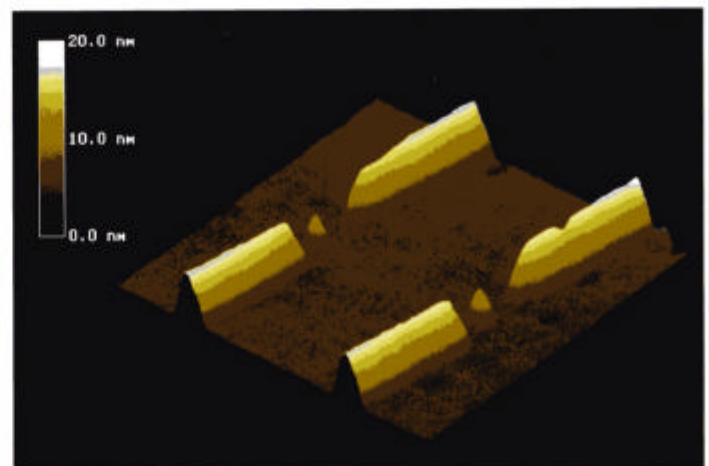
mit der Herstellung der Schichtstrukturen, ihrer strukturellen und chemischen Charakterisierung sowie den physikalisch-technischen Eigenschaften für potentielle Anwendungen im Bereich der Sensorik, Optik, Informations- und Energietechnik.

Christof Wöll

## Molekulare Materialien für die Nanotechnologie

Im Zusammenhang mit der zunehmenden Miniaturisierung von Materialien und der Kombination von mehreren Funktionen in einem Bauteil kommt dem Beherrschen des Aufbringens von Dünnschichten mit Dicken im Bereich einiger Atomlagen eine wachsende Bedeutung zu. Die für das Aufbringen und die nachfolgende laterale Strukturierung entwickelte Architektur im Nanometerbereich wurde in der Vergangenheit durch die Verwendung anorganischer Materialien, allen voran Silizium, dominiert. Gerade im Zusammenhang mit der Integration zusätzlicher Funktionen, z.B. der eines Sensors, in ein konventionelles Bauteil hat sich aber gezeigt, daß der Einsatz organischer Substanzen unerlässlich ist. Die Verwendung derartiger molekularer Materialien erfordert zwar die Entwicklung grundlegend neuer Herstellungsmethoden,

weist aber auch über die erweiterte Funktionalität hinausgehend eine Reihe von Vorteilen auf. So ist die Fabrikation von Dünnschichten mit Dicken im atomaren Bereich aus anorganischen Materialien zwar in vielen Fällen möglich, aber apparativ sehr aufwendig und damit kostenintensiv. Dagegen ist die Herstellung strukturell hochwertiger organischer Dünnschichten mit einem simplen Eintauchprozeß möglich. Erste Anwendungen dieser unter Ausnutzung des Phänomens der Selbstorganisation hergestellten Molekülschichten (Bild 3) erfolgten im Bereich der Nanolithographie, wo auf diese Weise die mit konventionellen Fotolacken erreichbare Auflösung schon übertroffen werden konnte. Für die Zukunft scheint das größte Potential der molekularen Schichtsysteme im Bereich der Sensorik zu liegen, aber auch im Bereich der Op-



**Bild 4:** Zwei zentrale Strukturen für Einzelelektronen-Transistoren wurden durch Ätzen in Si/SiO<sub>2</sub> hergestellt und mit einem Rasterkraftmikroskop abgebildet (Spurbreite ca. 50 nm).

