

# news

## abayfor

Arbeitsgemeinschaft der Bayerischen Forschungsverbünde

März 2005

## WERKZEUGENTWICKLUNG SICHERT MARKTSTELLUNG

**N**eue Technologie- und Maschinenkonzepte für den Werkzeug- und Formenbau sind das Thema des neuen Bayerischen Forschungsverbunds Flexible Werkzeugsysteme (ForWerkzeug). Sprecher ist Prof. Dr.-Ing. Michael F. Zäh von der TU München. Im Boot sind insgesamt drei Lehrstühle der TU München, zwei Lehrstühle aus der Universität Erlangen-Nürnberg, das Bayerische Laserzentrum gGmbH und 38 Industriepartner. Die Bayerische Forschungsstiftung unterstützt den Verbund in den nächsten drei Jahren mit 1,81 Mio. €. Weitere 2,52 Mio. € steuern die Partner aus der Wirtschaft bei.

### Schlüsselfunktion des Werkzeugbaus

1,2 Mio. Menschen beschäftigt die bayerische Industrie in etwa 8 000 Unternehmen und der Werkzeug- und Formenbau hat eine Schlüsselfunktion. Bereits heute stehen die Unternehmen der Branche unter erheblichem Druck, um gegen Billiglohnländer wettbewerbsfähig zu sein. Die Anforderungen an Flexibilität und Herstellkosten von Produktionsmaschinen lassen sich mit den am Markt verfügbaren Verfahren und Vorgehensweisen zur Werkzeugentwicklung zunehmend schwerer erfüllen. „In drei Jahren“ so Professor Zäh, „wollen wir eine deutlich erweiterte Palette an Methoden und Fertigungsverfahren haben, die sich für



**Prof. Dr. Michael Zäh, Sprecher von ForWerkzeug.**

die Individualisierung besonders eignen.“ Das soll gelingen durch die beschleunigte Entwicklung neuer Simulationsmodelle, eine längere Lebenszeit und die mindestens teilweise Wiederverwendung bestehender Werkzeuge. Den drei Bereichen Konstruktion, Herstellung und Qualitätssicherung von Werkzeugen und flexiblen Werkzeugsystemen widmen die Wissenschaftler im neuen Verbund deshalb besonderes Augenmerk. Drei projektübergreifende Arbeitskreise sorgen für den Informationsfluss zwischen den einzelnen Teams. Sie beschäftigen sich mit den Themen „Oberfläche

**Die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit durch technologische Innovationen im Werkzeug- und Formenbau ist für den Industriestandort Bayern von großer Bedeutung.**

und Verschleiß“, „Modellbildung und Simulation“ und den so genannten „Rapid Technologien“.

### Optimierte Wirtschaftlichkeit

Mit ganzheitlichen Strategien wird der neue Verbund den Herstellungskosten von Werkzeugen zu Leibe rücken: Verbesserung der Oberflächengüte, Genauigkeit und Flexibilität. Die Wissenschaftler bei ForWerkzeug entwickeln Konzepte für die Konstruktion von flexiblen, modularen Werkzeugen, testen neue Herstellungsverfahren und optimieren bewährte Technologien. Mittels Sensorik ist es beispielsweise möglich, intelligente Werkzeuge herzustellen, die dadurch robuster

und langlebiger werden. Eine Schlüsselrolle nimmt die präventive und begleitende Qualitätssicherung ein. Optimale Wirtschaftlichkeit bedeutet im Werkzeugbau „so genau wie nötig, so ungenau wie möglich“. Für die Forscher heißt dies, die Qualitätssicherung bereits bei der Werkzeugentwicklung vorzusehen.

### Kontakt:

Dr.-Ing. Matthias Meindl  
ForWerkzeug  
iwv – TU München  
Anwenderzentrum Augsburg  
Beim Glaspalast 5  
86153 Augsburg  
Tel (0821) 5 68 83 - 21  
Fax (0821) 5 68 83 - 50  
E-Mail matthias.meindl@iwv.tum.de  
Internet www.abayfor.de/forwerkzeug





## ERFOLGSMODELL „FORSCHUNGSVERBUND“

# ELEKTROPHORESE IM NANOMAßSTAB

**Zum 31.12.2004 hat der Forschungsverbund für miniaturisierte Analyseverfahren durch Nanotechnologie (FORNANO) nach drei Jahren Förderung durch die Bayerische Forschungsstiftung (3 Mio. €) seine Projekte beendet.**

Zwei Forschungsschwerpunkte standen im Mittelpunkt der Arbeiten: Chips, die Transport und chemische Reaktion von Substanzen in verschiedenen Analysemethoden kombinieren und neue Nachweismethoden, die auf kleinstem Raum funktionieren. Die neuen Methoden verwenden teure oder seltene Reagenzien äußerst sparsam und liefern die Ergebnisse schneller als die herkömmlichen Verfahren. Allerdings sind die Anforderungen an die Empfindlichkeit von Nachweismethoden viel höher.

### Forschungserfolg mit Patent

Das Team um Prof. Dr. Alfred Forchel (Universität Würzburg) entwickelte zum Beispiel nanostrukturierte Elektroden-systeme für die elektrophoretische Trennung von Membranproteinen. Funktion und Wirkungsweise dieser Proteine zu kennen hilft, den Mechanismus einer Erkrankung aufzuklären, die Diagnostik zu beschleunigen und auch schneller einen Therapieansatz zu entwickeln. Voraussetzung ist eine genaue Trennung dieses Gemisches in die einzelnen Membrankomponenten, was für Proteine in einer Membran wegen der dafür notwendigen elektrischen Feldstärken mikroskopisch noch nicht gelungen war. Es galt das Verfahren in den Nanomaßstab zu verkleinern.

Dies scheiterte bislang daran, so kleine Elektroden zu realisieren. Der Würzburger Arbeitsgruppe gelang es, ein Feld von mehreren kammartig angeordneten Minielektroden herzustellen und damit den Weg für die „Nano-Elektrophorese“ zu bereiten. Ein Elektronenstrahl dient als „Stift“, um die feinen Strukturen der Elektrodenkämme auf ein Siliziumsubstrat zu schreiben (Elektronenstrahl-lithografie). Gemeinsam mit dem Industriepartner nanoplus Nanosystems and Technologies GmbH konnte das FORNANO-Team diese Elektroden über ein Imprintverfahren „stempeln“. Die Elektronenstrahl-lithografie schreibt dabei die negative Muttermaske, die dann positiv gestempelt wird. Neu ist, dass sie mit dem aus der Halbleiterindustrie bekannten Verfahren auch Elektrodenarrays auf Glas stempeln können! Das viel billigere Glas als Substrat senkt die Kosten so weit, dass Einzelanalysen erschwinglich werden: Ein Erfolg, der durch ein Patent belohnt wird!

### Weiterentwicklung der Forschung in FORNEL

Die Probe aufs Exempel machte das Würzburger Team mit einer Biomembran. Würde das System funktionieren und eine Drift der Moleküle auslösen? Projektleiter Lukas Worschech beschreibt den Moment, als sie entdeckten, dass tatsächlich verschiedene Komponenten der Membran in Abhängigkeit von der Feldstärke wandern, mit den Worten: „Nach der beachtlichen Technologieentwicklung waren wir begeistert, als wir beim Blick durch das Mikroskop auf den Biochip eine lokale Verarmung von Proteinen um die Nanoelektroden beobachten konnten. Wir hatten Entdeckergefühle wie vielleicht seinerzeit Alexander Fleming bei der Erforschung des Penicillins.“ Eine industrielle Nutzung ist greifbar, weil die Chips elektronisch angesteuert werden können. Die Technologie der Elektronenstrahl-lithografie und vor allem die Imprintmethode sind universell einsetzbar. Das Forchel-Team nutzt seine Erfahrungen auch im neuen For-

### Harte Fakten in harten Zeiten

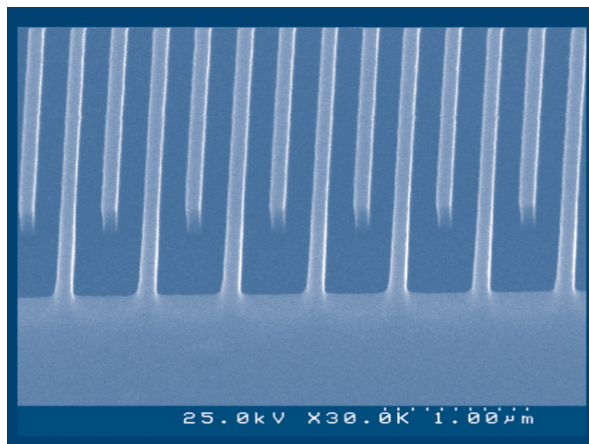
**In drei Jahren Förderung sind in FORNANO entstanden:**

- 13 Diplomarbeiten
- 9 Dissertationen
- 1 Habilitation
- 35 wissenschaftliche Veröffentlichungen
- 7 Patente

schungsverbund Nanoelektronik (FORNEL) im Projekt „Nanotransistoren auf der Basis ballistischer Y-Schalter“.

### Kontakt:

Dr. Moritz Ehrl  
FORNANO  
LMU München  
Department für Chemie und Pharmazie  
Butenandtstr. 5-13  
81377 München  
Tel (089) 21 80-7 75 59  
Fax (089) 21 80-56 49  
E-Mail ehrl@lmu.de  
Internet www.abayfor.de/fornano



**Elektronenmikroskopische Aufnahme eines Si-Stempels. Das Kammuster wird in einen Lackfilm gestempelt, der als Maske für einen Nanoelektrophorese-Chip dient.**

# WELTWEIT FÜHREND IN DER NUMERISCHEN SIMULATION

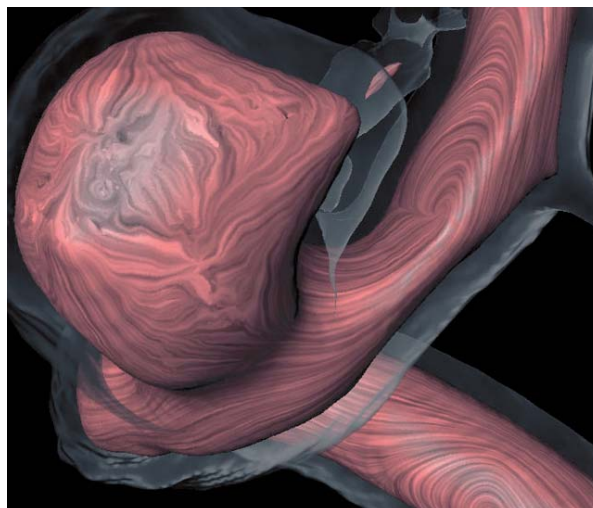
**Die Hauptaufgabe des Kompetenznetzwerks für Technisch-wissenschaftliches Hoch- und Höchstleistungsrechnen in Bayern (KONWIHR) in der vergangenen Förderperiode war, die Nutzung des Hochleistungsrechners (HLRB) am Leibniz Rechenzentrum (LRZ) in München für innovative Technologien in der Wissenschaft und für die industrielle Forschung und Entwicklung fachlich zu unterstützen und zu begleiten. Der Rechner gehörte mit seiner Gesamtrechenleistung von über 10<sup>12</sup> Operationen pro Sekunde bei seiner Inbetriebnahme zu den 10 größten der Welt.**

Dank der weltweit rasch wachsenden Rechenressourcen entwickelten sich vor allem numerische Simulationen mit höherer Genauigkeit und Zuverlässigkeit zu einem Hauptanwendungsgebiet der Höchstleistungsrechner. Simulationen verknüpfen heute die Mathematik, Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften und die „Computer Science“. So stammen die Forschungsthemen von KONWIHR aus den unterschiedlichsten Bereichen: der Molekularbiologie, der organischen und anorganischen Chemie, der Geologie, der Physik, dem Bauwesen, der Automobilindustrie, der Verfahrenstechnik und der Strömungsmechanik.

## Rechentechnologien der Spitzenklasse

Die Wissenschaftler von KONWIHR haben Software für anspruchsvolle Anwendungen in der Spitzenforschung geschrieben: Die massive Molekular-datenbearbeitung mit ParBaum, die Berechnungen von ganzen Molekülen und Clustern mit ParaGauss, die Bearbeitung und Visualisierung von großen Datenmengen mit GridLib und die Simulation von Quantensystemen mit HQS@HPC sind nur ein Auszug.

Mit dem Lattice-Boltzmann-Verfahren BEST entstand auf dem HLRB eine hochaufgelöste Strömungssimulation, die bei herkömmlichen Simulationsverfahren selbst die größten Höchstleistungsrechner überfordert hätte. Mit dem innovativen Verfahren gelang den bayerischen Wissenschaftlern eine einzigartig hochaufgelöste Berechnung der wichtigsten Eigenschaften von turbulenten wandgebundenen Strömungen und die Klärung offener Fragen, die bisher weder Experimente noch Simulationen beantworten konnten. Turbulenzsimulationen für die Klimaforschung, Wettervorhersage, Luft- und Raumfahrt, Militärplanung, Automobilindustrie und viele andere Anwendungszwecke nutzen den größten Teil der weltweiten Rechenkapazitäten. „Mit Hilfe des im Forschungsverbund entwickelten Lattice-Boltzmann-Verfahrens und des Höchstleistungsrechners haben wir weltweit einen Spitzenplatz in der Turbulenzforschung erobert“, freut sich Dr. rer. nat. Kamen Beronov vom Lehrstuhl für Strömungsmechanik an der Universität Erlangen-Nürnberg.



**Moderne Bildgebungssoftware schafft mit Hilfe des Lattice-Boltzmann-Verfahrens tiefere Einblicke in die Entstehung gefährlicher Gefäßkrankheiten und erweitert den Bereich der virtuellen Chirurgie auf 10mal kleinere Objekte als bisher.** (Foto: Dr. K. Beronov)

KONWIHR-Wissenschaftler entwickelten, erweiterten und koppelten Algorithmen wie die Strömungslöser FASTEST oder BEST mit Software aus der Baumechanik, Akustik, Verfahrenstechnik und anderen Forschungsbereichen so, dass der Hauptteil der Berechnungen effizient auf dem HLRB durchgeführt werden kann. Damit schufen sie ein Beispiel für die erfolgreiche Suche nach optimalen Verfahren, die nur Forschern in einem fachübergreifenden Verbund – im Forschungsverbund – gelingen kann. Gleichzeitig demonstriert das Beispiel auch die Synergieeffekte der Verbundforschung in der Softwareentwicklung: Die Wissenschaftler setzten die Verfahren bereits in mehreren Projekten für unterschiedlichste Anwendungen ein.

## Innovation und Technologietransfer

Simulationssoftware dient vor allem zur Lösung sehr großer oder komplizierter Aufgaben. So entstehen optimierte oder auch neue Ansätze für die Naturforschung aber auch zur Industrie- oder Medizinforschung. Das Potenzial der

## Harte Fakten in harten Zeiten

**Vier Jahre KONWIHR und 23 Forschungsprojekte schaffen:**

- 2 Patente
- 2 Firmenausgründungen
- 53 Softwareprodukte
- 7 Habilitationen
- 50 Dissertationen
- über 70 Diplomarbeiten
- über 60 Studienarbeiten
- über 350 wissenschaftliche Publikationen
- 4 KONWIHR Workshops über Neuentwicklungen und Anwendungen des Hochleistungsrechnens, jeweils dokumentiert in einer Buchausgabe
- über 30 Arbeitsplätze

neuen Software-Konzeption ist nahezu unbegrenzt und noch nicht einmal annähernd ausgenutzt. Erste industrielle Anwendungen der KONWIHR-Ergebnisse setzen einige mutige Existenzgründer unter den Forschern bereits um.

Die Projektmitarbeiter stammten aus über 20 Ländern und trugen Know-how und Kontakte zur bayerischen Wissenschaft und Industrie weiter in andere Bundesländer und in – für die IT-Branche – strategisch wichtige Regionen wie Osteuropa, Indien und China. Die aus KONWIHR entstandene Software ist ein Grundstein für neue Technologien in der Produktentwicklung von Medizintechnik, Luft- und Raumfahrt, Halbleiterindustrie und vielen anderen Branchen. Kontakte zu entsprechenden bayerischen Hochtechnologieunternehmen zugunsten der Forschung, Technologieentwicklung und Beschäftigung hochqualifizierter Spezialisten wurden ausgebaut.

### Kontakt:

Andreas C. Schmidt  
KONWIHR  
TU München  
Institut für Informatik  
Boltzmannstr. 3  
85747 Garching  
Tel (089) 2 89-1 76 80  
Fax (089) 2 89-1 76 62  
E-Mail konwihr@in.tum.de  
Internet http://konwihr.in.tum.de

# MINIGETRIEBE MIT MEGALEISTUNG

Zusammen mit der Siemens AG (Dr. Günter Lugert) hat das Team von Prof. Dr.-Ing. Joachim Heinzl (TU München) im Bayerischen Forschungsverbund für Mikroproduktionstechnik (FORMIKROPROD) eine revolutionäre Mikroverzahnung für ein neues Antriebsprinzip entwickelt. Kleine Motoren verwendet besonders die Automobilbranche häufig: Beispielsweise enthält ein Mittelklassewagen bis zu 150 Stellantriebe für Fensterheber, Sitz- und Spiegelverstellung oder Schiebedach. Da Autos mit solchen Annehmlichkeiten aber nicht größer und nicht schwerer werden dürfen, müssen die Antriebe immer kleiner, leichter und leistungsfähiger werden.

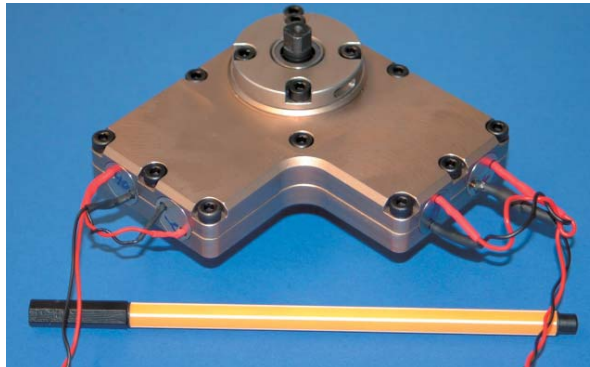
## Komponenten aus der Dieseleinspritzung für Minimotoren

Die Basis für den Antrieb sind piezoelektrische Aktoren, die elektrische Energie in mechanische umwandeln. Als Grundstoff dient in diesem Fall eine Piezokeramik: Sie reagiert auf ein angelegtes elektrisches Feld mit einer Längenänderung. Das funktioniert auch umgekehrt: Wenn mechanische Kräfte auf die Piezokeramik einwirken, entstehen Spannungen, die eine Aussage über die angreifenden Kräfte erlauben. Der Motor kann deshalb die im Betrieb auftretenden Kräfte „fühlen“.

## Harte Fakten in harten Zeiten

### In drei Jahren FORMIKROPROD entstanden:

- mehr als 25 Industriekooperationen
  - 3 Patente
  - 10 Erfindungsanmeldungen (Siemens)
  - 7 Fortbildungsveranstaltungen: Tagungen, Workshops und Konferenzen
  - 14 Diplomarbeiten
  - 8 Promotionen
- ForMikroProd endete zum 28.02. 2005.



Diesel-Hochdruck-Einspritzsysteme von Siemens VDO verwenden Piezoelemente, die bei Spannungen von 160 V Hübe bis zu 60 µm liefern, das entspricht dem hohen Wirkungsgrad von etwa 80%. Ziel der Wissenschaftler am Lehrstuhl für Feingerätebau und Mikrotechnik (FGB) der TU München war, die Kräfte eines Rotations- und eines Linear-motors mit der Entwicklung einer Mikroverzahnung deutlich zu steigern.

## Mikroverzahnungen bringen die Kraft auf den Weg

Durch die Piezoaktoren besitzen die Antriebe eine hohe Dynamik bei gleichzeitig großer Genauigkeit. Das patentierte Prinzip des piezotriebenen Rotationsantriebs kombiniert ein hohes Drehmoment mit niedriger Drehzahl und kommt ohne die „Verstärkerteile“ eines normalen Motors wie mehrere Zahnräder aus. Wie kommt dann die „Kraft auf die Straße“? Normalerweise sorgen Zahnräder für die Übersetzung niedriger Drehzahlen in hohe und umgekehrt; bei den Piezokeramiken in der Mikroproduktionstechnik besteht der Hub nur in der winzigen Längenänderung, deshalb übersetzt eine Mikroverzahnung das Drehmoment. Die Mikroverzahnung kombiniert die Vorteile der Piezokeramik mit der Kraft eines Motors: die Piezokeramik ist nur theoretisch ein Motor, denn ohne die Mikroverzahnung bringt sie keine nennenswerte Leistung. Sie setzt hochpräzise und sehr steife Ausgangskörper voraus, weil bei den typi-

schon Zahnhöhen von lediglich 30 µm bereits geringste Formabweichungen und Gehäuseverformungen die Motorfunktion beeinflussen. Moderne CNC-gesteuerte ultrapräzise Fertigungsmaschinen können die besonders kritischen Motor-komponenten wie Motorwelle und Antriebsring inzwischen reproduzierbar mit Abweichungen von weniger als 2 µm herstellen. Die Maschinenbauer in FORMIKROPROD stellten diese Mikroverzahnungen direkt durch „Ausschneiden“ mit einem Laser aus gehärtetem Stahl her, etwas, was in der Größe keiner Maschine gelingt. „Derzeit arbeiten wir daran, das Laserverfahren durch ein konventionelles Verfahren zu ersetzen, um in Zukunft eine wirtschaftliche Serienfertigung der Mikroverzahnung zu ermöglichen,“ erklärt Helmar Liess vom Lehrstuhl für Feingerätebau und Mikrotechnik.

## Die neue Generation von Elektromotoren

Rotationsantriebe zeigen allgemein einen höheren Wirkungsgrad als lineare Antriebe und eröffnen durch ihre einzigartigen Eigenschaften und ihre prinzipielle Miniaturisierbarkeit auch neue Möglichkeiten in der Mikroproduktionstechnik. Mikroverzahnte Getriebe benötigen keine Schmiermittel, verbrauchen im Leerlauf keine Energie, sind selbstlösend und selbstsichernd einstellbar und übertragen hohe Drehmomente. Sie bilden eine völlig neue Generation von leistungsfähigen Motoren mit:

- hohem, drehzahlunabhängigem Drehmoment,
- schnellem Start/Stop-Verhalten,
- stromloser Selbstblockade,
- sensorloser Positionserkennung und einem
- einfachen getriebelosen Aufbau.

Die neuen Antriebe finden Einsatzgebiete überall dort, wo Genauigkeit und Kraft gleichzeitig gefordert sind: in der Medizintechnik, der Positioniertechnik, der Automatisierungs- und Montagetechnik und vor allem in der Automobiltechnik.

### Kontakt:

Stephan Roth  
FORMIKROPROD  
Bayerisches Laserzentrum gGmbH  
Konrad-Zuse-Straße 4-6  
91052 Erlangen  
Tel (09131) 9 77 90-13  
Fax (09131) 9 77 90-11  
E-Mail s.roth@blz.org  
Internet www.abayfor.de/formikroprod

## Impressum

### Herausgeber:

**abayfor**  
Arbeitsgemeinschaft der Bayerischen Forschungsverbände

Dr. Ute Berger  
Christine Kortenbruck  
Arcisstraße 21  
80333 München  
Tel (089) 2 89-2 25 87  
Fax (089) 2 89-2 25 89

Internet:  
www.abayfor.de

E-Mail:  
abayfor@abayfor.de

Redaktion:  
Christine Kortenbruck  
München

Layoutgestaltung:  
Hans Gärtner  
Kommunikation,  
Wolfratshausen

Druck:  
Ulenspiegel Druck,  
Andechs