



5.739 Zeichen  
Abdruck honorarfrei  
Beleg wird erbeten

Prof. Dr. Heike Emmerich,  
Lehrstuhl für Material- und Prozesssimulation,  
Universität Bayreuth.

## Maßgeschneiderte Feinstrukturen für neue industrielle Werkstoffe

**Eine Sonderausgabe des European Journal of Physics präsentiert die Ergebnisse eines an der Universität Bayreuth koordinierten DFG-Schwerpunktprogramms.**

„Gespenstereien“ und „Spuk“ – so nennt in Thomas Manns Alterswerk „Doktor Faustus“ der Humanist Serenus Zeitblom die Phänomene, die der Vater seines Freundes und späteren Teufelsbündners ihm in der Kindheit vorgeführt hat: Eisblumen und andere kristallische Strukturen, die scheinbar das organische Wachstum lebender Pflanzen nachahmen und doch nichts als tote Materie sind. Aber was im Roman wie abgründiges Hexenwerk erscheinen mag, sind in Wahrheit natürliche Prozesse, die in den letzten Jahrzehnten der exakten wissenschaftlichen Beschreibung immer besser zugänglich geworden sind. Sie stellen heute ein zukunftsweisendes Arbeitsgebiet der Materialwissenschaften dar und sind für die Industrie von hohem Interesse.



## **Anorganische Strukturbildung: Von der nano- zur mikroskopischen Ebene**

Neue Werkstoffe, die aufgrund ihrer Eigenschaften und Verhaltensweisen die von ihnen erwarteten Funktionen optimal erfüllen, sind heute von zentraler Bedeutung in allen technologischen Bereichen. Diese Eigenschaften und Verhaltensweisen hängen wesentlich von der molekularen Feinstrukturierung der Materialien ab – zunächst auf der nanoskopischen Skala bis zu 100 Nanometern, und auf dieser Basis dann auf der mikroskopischen Skala bis zu wenigen Mikrometern. Bei Metallen bilden sich solche hierarchischen Strukturen durch Erstarrungsprozesse, wenn heißes flüssiges Metall abkühlt und ein festes Material entsteht. Am Beginn eines solchen Prozesses entstehen im Innern des Metalls auf der nanoskopischen Ebene winzige kristalline Strukturen. Sie vergrößern sich infolge von Anlagerungen weiterer Moleküle, bis sie aneinandertreffen und eine zusammenhängende Großstruktur auf der makroskopischen Ebene bilden. Es handelt sich bei diesem Strukturwachstum um einen anorganischen Vorgang; aber wegen der Ähnlichkeit mit natürlichen Wachstumsprozessen werden die kristallinen Strukturen, die als Ausgangspunkte der späteren Mikrostruktur fungieren, auch als „Keime“ und ihre Entstehung als „Keimbildung“ bezeichnet.

### **Das Ziel: maßgeschneiderte Funktionsmaterialien**

Mit diesen Prozessen der Strukturbildung hat sich von 2007 bis 2013 ein Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) befasst, das von Prof. Dr. Heike Emmerich am Lehrstuhl für Material- und Prozesssimulation an der Universität Bayreuth koordiniert wurde. Der Titel dieses SPP 1296 lautete: „Heterogene Keim- und Mikrostrukturbildung: Schritte zu einem system- und skalenübergreifenden Verständnis.“ Die Forschungsarbeiten aller Projektbeteiligten waren darauf ausgerichtet, die komplexen Entwicklungen, die von den ersten Keimen auf der nanoskopischen Skala bis zu hierarchischen Großstrukturen auf der mikroskopischen Skala führen, in ihrem Zusammenhang zu begreifen. Im Mittelpunkt des Interesses stand die Frage nach den Gesetzmäßigkeiten, denen diese Prozesse der Selbstorganisation unterliegen. Zugleich waren die Forschungsarbeiten systemübergreifend angelegt, also auf unterschiedliche Materialklassen bezogen. Denn nicht nur in Metallen, sondern auch in Kolloiden – die für die Industrie ebenfalls von größtem



Interesse sind – wurden die Mechanismen der Strukturbildung beim Übergang vom flüssigen zum festen Zustand untersucht.

„In den sechs Jahren der Förderung durch die DFG ist es uns gelungen, grundlegende Aspekte dieser Mechanismen aufzuklären und wissenschaftlich zu beschreiben“, erklärt Prof. Emmerich. „Damit sind wir dem Ziel bedeutend nähergekommen, Strukturbildungsprozesse in Metallen und Kunststoffen so gezielt zu steuern, dass maßgeschneiderte Funktionsmaterialien für technologische Anwendungen daraus hervorgehen.“

## **Strukturwachstum an Grenzflächen**

Von vornherein haben sich die Forschungsarbeiten im SPP 1296 auf die „heterogene Keimbildung“ konzentriert. Denn die beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand entstehenden Keime, welche die Ausgangspunkte für das weitere Strukturwachstum darstellen, bilden sich vorzugsweise an den Grenzflächen zu anderen Materialien heraus. Eisblumen, die beim Gefrieren von Wassertropfen am Fensterglas entstehen, sind ästhetisch eindrucksvolle Beispiele dafür. Die heterogene Keimbildung vollzieht sich am Beginn von Erstarrungsprozessen beispielsweise auch an den Innenwänden eines Materialbehälters oder an Schmutzpartikeln innerhalb des Materials. Sie kann aber ebenso, und hierin liegt ein großes Potenzial für die gezielte Steuerung dieser Prozesse, an so genannten „Saatkristallen“ beginnen. Diese werden gezielt an ausgewählten Punkten in das Material eingebracht, damit genau hier das Strukturwachstum einsetzt. Die Keimbildung benötigt grundsätzlich weniger Energie, wenn sie sich an den Grenzflächen zu andersgearteten Materialien vollzieht, und ist daher der Regelfall – sowohl im Laboratorium als auch in der Natur.

Bei umfangreichen Simulationen in den Bayreuther Laboratorien konnten die Entstehung und das Wachstum geordneter Strukturen bei der Erstarrung von Metallen und Kolloiden beobachtet und gemessen werden. Dabei stellte sich heraus, dass die Untersuchungen an Kolloiden einen wertvollen Vorteil bieten: Sie sind leichter zu handhaben als die entsprechenden Experimente an Metallen, ermöglichen aber zuverlässige Rückschlüsse auf analoge Strukturbildungsprozesse in Metallen.



## Hohes industrielles Anwendungspotenzial

„Es ist heute offensichtlich, dass die Strukturbildung in Metallen und Kolloiden ein faszinierendes Forschungsfeld mit einem hohen industriellen Anwendungspotenzial darstellt“, freut sich Prof. Emmerich. „Die Partnereinrichtungen, die am DFG-Schwerpunktprogramm mitgearbeitet haben, stehen weiterhin in engem Kontakt miteinander. Nicht zuletzt der Erfolg des internationalen Abschlusskolloquiums, das wir im April 2014 in Bayreuth veranstaltet haben, hat uns dazu ermutigt, die bisher erzielten Forschungsergebnisse durch neue, daran anknüpfende Projekte zu vertiefen. Im Dezember 2014 wollen wir bei der DFG weitere Gespräche darüber führen.“

### Veröffentlichung:

The European Physical Journal Special Topics (2014), Volume 223, Issue 3,  
Heterogenous Nucleation and Microstructure Formation: Steps Towards a System and  
Scale Bridging Understanding

### Homepage des Schwerpunktprogramms:

[www.spp1296.uni-bayreuth.de](http://www.spp1296.uni-bayreuth.de)

### Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Heike Emmerich  
Fakultät für Ingenieurwissenschaften  
Lehrstuhl für Material- und Prozesssimulation  
Universität Bayreuth  
D-95440 Bayreuth  
Tel.: +49 (0) 921 55 7871  
E-Mail: [heike.emmerich@uni-bayreuth.de](mailto:heike.emmerich@uni-bayreuth.de)



## Text und Redaktion:

Christian Wißler M.A.  
Stabsstelle Presse, Marketing und Kommunikation  
Universität Bayreuth  
D-95440 Bayreuth  
Tel.: +49 (0)921 55-5356  
E-Mail: [mediendienst-forschung@uni-bayreuth.de](mailto:mediendienst-forschung@uni-bayreuth.de)

**Foto S. 1:** Prof. Dr. Heike Emmerich, Universität Bayreuth;  
zur Veröffentlichung frei.

In hoher Auflösung zum Download unter:

[www.uni-bayreuth.de/presse/images/2014/150/](http://www.uni-bayreuth.de/presse/images/2014/150/)

## Kurzporträt der Universität Bayreuth

Die Universität Bayreuth ist eine junge, forschungsorientierte Campus-Universität. Gründungsauftrag der 1975 eröffneten Universität ist die Förderung von interdisziplinärer Forschung und Lehre sowie die Entwicklung von Profil bildenden und Fächer übergreifenden Schwerpunkten. Die Forschungsprogramme und Studienangebote decken die Natur- und Ingenieurwissenschaften, die Rechts- und Wirtschaftswissenschaften sowie die Sprach-, Literatur und Kulturwissenschaften ab und werden beständig weiterentwickelt.

Gute Betreuungsverhältnisse, hohe Leistungsstandards, Fächer übergreifende Kooperationen und wissenschaftliche Exzellenz führen regelmäßig zu Spitzenplatzierungen in Rankings. Die Universität Bayreuth belegt 2014 im weltweiten Times Higher Education (THE)-Ranking ‚100 under 50‘ als eine von insgesamt sechs vertretenen deutschen Hochschulen eine Top-Platzierung.

Seit Jahren nehmen die Afrikastudien der Universität Bayreuth eine internationale Spitzenposition ein; die Bayreuther Internationale Graduiertenschule für Afrikastudien (BIGSAS) ist Teil der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder. Die Hochdruck- und Hochtemperaturforschung innerhalb des Bayerischen Geoinstituts



genießt ebenfalls ein weltweit hohes Renommee. Die Polymerforschung ist Spitzenreiter im Förderranking der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Die Universität Bayreuth verfügt über ein dichtes Netz strategisch ausgewählter, internationaler Hochschulpartnerschaften.

Derzeit sind an der Universität Bayreuth rund 13.000 Studierende in mehr als 100 verschiedenen Studiengängen an sechs Fakultäten immatrikuliert. Mit ca. 1.200 wissenschaftlichen Beschäftigten, davon 224 Professorinnen und Professoren, und rund 900 nichtwissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist die Universität Bayreuth der größte Arbeitgeber der Region.