

FORSCHEN in Jülich



:: SICHERHEIT FEST IM BLICK

Jülicher Forscher arbeiten an Lösungen für die nukleare Entsorgung

:: Auf Tuchfühlung: Wie Zellen Nanoteilchen aufnehmen

:: Ausstellung in Gent: Kunst aus dem Supercomputer

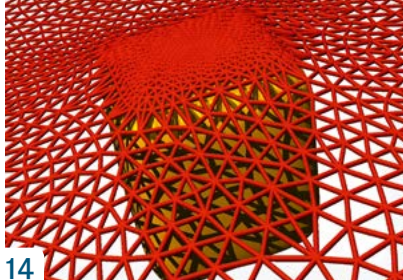
:: IM BILDE

„Langeweile kommt hier nicht auf!“ Der Glasapparatebauer Patrick Pistel fertigt mit seinen Kollegen im Jülicher Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik maßgeschneiderte Glasgeräte – vom Kolben bis zum Kerosin-Reformer aus Glas. Gemeinsam ist den filigranen Objekten, dass keines davon so auf dem Markt erhältlich ist. Ansonsten sind es allesamt Einzelstücke; konzipiert, entwickelt und gefertigt für konkrete Fragestellungen der Jülicher Forscher. Heraus kommen schließlich „Lösungen mit Durchblick“, wie die Glasapparatebauer selbst ihre Maßanfertigungen nennen.





6



14



22

INHALT

:: NACHRICHTEN	4
----------------	---

:: TITELTHEMA	6
---------------	---

6 Sicherheit für künftige Generationen	
Forschung zur Entsorgung radioaktiver Abfälle	

9 Von der Wirkung des Wassers	
Prozesse im Endlager verstehen	

:: FORSCHUNG IM ZENTRUM	12
-------------------------	----

12 Inspiration aus dem Supermarkt	
Neurowissenschaft nutzt Statistik aus der Einkaufsforschung	

14 Kontaktaufnahme im Zwergenreich	
Wie Zellen Nanoteilchen einschleusen	

16 Nanomedizin zwischen Hype und Hope	
Interview mit dem Münchner Professor Wolfgang M. Heckl	

17 Dicke Luft über dem Heilbad?	
Klimaforscher messen Luftqualität in Bad Homburg	

18 Ein Traum geht leuchtend in Erfüllung	
Ausgezeichnetes Geschäftsmodell: Sortieranlage für Bakterien	

20 Goldgrube im Stall	
Gülle als Rohstoff für maßgeschneiderten Dünger	

:: SCHLUSSPUNKT	22
-----------------	----

22 Kunst aus dem Supercomputer	
Ungewöhnliche Rechenaufgabe für JUROPA	

23 Impressum	
---------------------	--

:: EDITORIAL



Auch wenn ihn keiner haben möchte, er ist da, und wir können ihn nicht achtlos liegen lassen. Die Rede ist vom hochradioaktiven Abfall unserer Kernkraftwerke, der noch Jahrtausendlang weiterstrahlen wird. Damit die kommenden Generationen bestmöglich geschützt werden, müssen wir eine Lösung für die Endlagerung finden.

Das Forschungszentrum Jülich sieht sich hier mit seiner Expertise zur Entsorgungsforschung in einer besonderen Verantwortung. Jülicher Experten analysieren das Verhalten des radioaktiven Abfalls unter verschiedenen Endlager-Bedingungen bis hinunter auf die Ebene der Atome und Moleküle und helfen so, die sicherste Lösung zu finden. Lesen Sie außerdem, was Gehirnforscher mit Supermärkten zu tun haben und warum Zellen so gerne auf Tuchfühlung gehen.

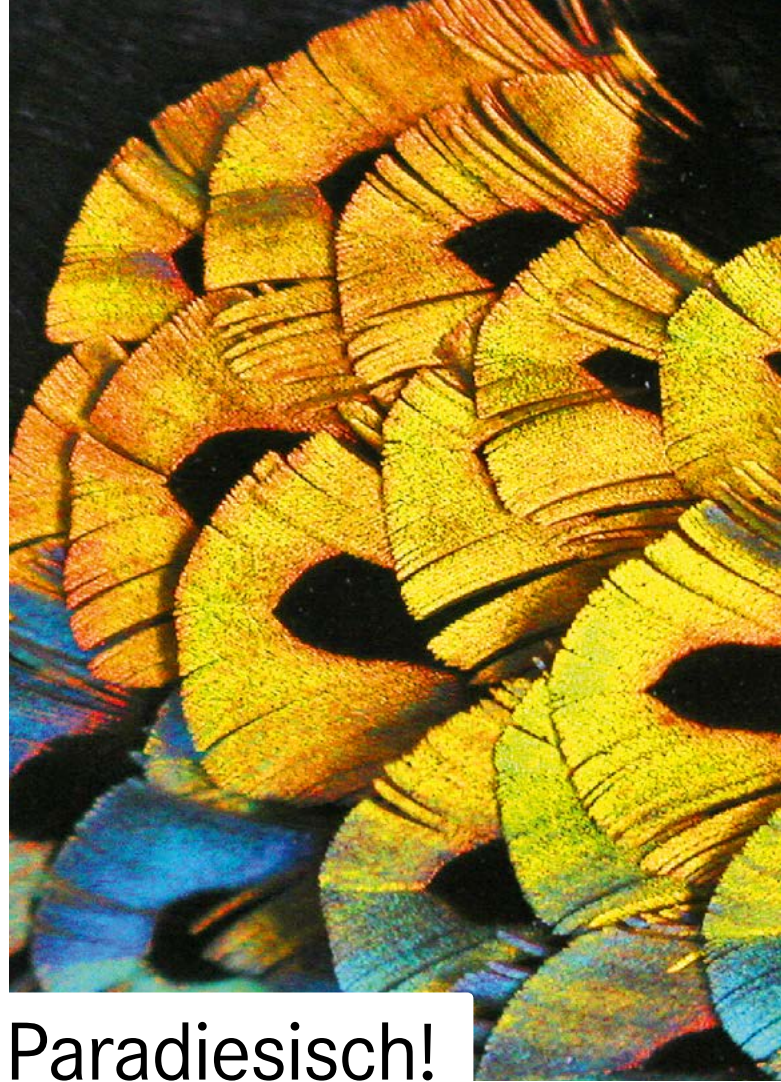
Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

Ihr

Prof. Achim Bachem

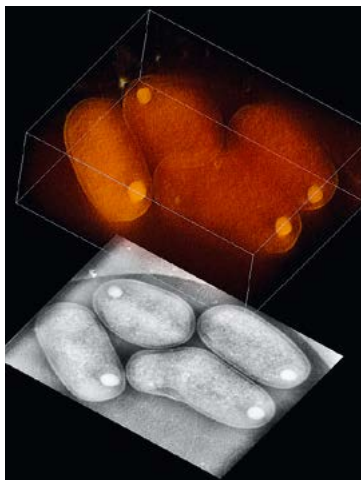
Vorstandsvorsitzender

des Forschungszentrums Jülich



Paradiesisch!

Jülich Supercomputing Centre | Mit dem Farbenspiel ihrer Federn beeindrucken männliche Paradiesvögel die Weibchen. Forschern aus Jülich und dem niederländischen Groningen gelang es jetzt, die komplexen optischen Eigenschaften des Federkleids am Computer zu simulieren. Das dafür entwickelte Computermodell könnte auch helfen, nanostrukturierte Materialien mit besonderen optischen Eigenschaften gezielt herzustellen. ::



Scharfe Bilder von dickeren Proben

Peter Grünberg Institut | Die 3D-Kryoelektronenmikroskopie verschafft der Forschung wichtige Einblicke in die Zellstruktur biologischer Proben. Wie in der Computertomografie entsteht dabei aus vielen zweidimensionalen Aufnahmen ein dreidimensionales Bild. Wissenschaftler des Jülich-Aachener Ernst Ruska-Centrums und des israelischen Weizmann Institute of Science

haben nun die Rastertransmissionselektronenmikroskopie, ein etabliertes Verfahren aus der Materialforschung, auf biologische Proben angewendet. Dieses Vorgehen erlaubt es, gegenüber dem konventionellen Phasenkontrastverfahren dickere Proben wie etwa Bakterien hochaufgelöst zu erfassen. Es erweitert dadurch die Möglichkeiten der 3D-Kryoelektronenmikroskopie. ::

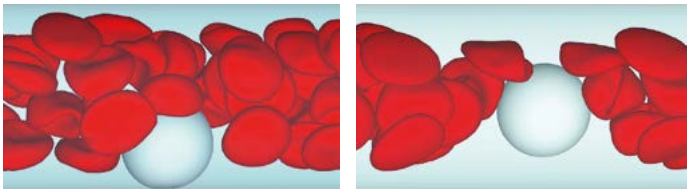
*3D-Aufnahme von Bodenbakterien des Typs *Agrobacterium tumefaciens**

Gedränge in den Blutgefäßen simuliert

Institute of Complex Systems/Institute for Advanced Simulation |

Weißer Blutzellen sind die Polizisten unseres Immunsystems. Sie treiben mit dem Blut durch Arterien und Venen. Wenn nötig, dringen sie durch die Wände der Adern und bekämpfen Eindringlinge wie etwa Viren. Da sie sich im Blutstrom nicht aktiv fortbewegen, war bisher unklar, wie sie an die Gefäßwände gelangen. Jülicher Forscher haben den Vorgang nun erstmals präzise mit dreidimensionalen Computersimulationen bestimmt: Eine mittlere Anzahl von roten Blutkörperchen und eine geringe Fließgeschwindigkeit drängen die weiße Blutzelle an den Rand des Blutgefäßes (a). Sie kann dann durch die Gefäßwand gelangen. Ist aber die Zahl der roten Blutkörperchen niedrig und die Fließgeschwindigkeit hoch, schwimmt die weiße Blutzelle im Teilchenstrom mit und kann die Gefäßwand nicht erreichen (b). Die Simulation könnte auch hilfreich sein, um neue Techniken für die Diagnostik von Krankheiten zu entwickeln. ::

a) An den Rand gedrängt oder ... b) ... mitten im Teilchenstrom



Auf das Tempo kommt es an

Peter Grünberg Institut | Spinelelektronik gilt als vielversprechende Grundlage für eine schnellere und energiesparende Datenverarbeitung der Zukunft. Forscher aus Jülich, Straßburg und Shanghai haben einen Effekt entdeckt, mit dem sich Spinwellen mit definierten Frequenzen einfacher als gedacht erzeugen lassen. Ihre Computersimulationen belegen, dass solche Wellen entstehen, wenn ein magnetischer Feldpuls schnell genug an einem magnetischen Material entlangläuft. Dabei konnten die Forscher die Frequenz der Spinwellen steuern – und zwar, indem sie die Geschwindigkeit beeinflussten, mit der sich der Feldpuls bewegt. Die gezielte Steuerung ist entscheidend, damit Spinwellen technisch genutzt werden können. Die Forscher taufen das neue Phänomen Spin-Tscherenkow-Effekt, in Anlehnung an den Tscherenkow-Effekt. Dieser tritt auf, wenn geladene Teilchen schneller durch Wasser gleiten als das Licht. ::

Dämpfe sorgen für Wachstumsschub

Institut für Energie- und Klimaforschung |

100 Nanometer Größe reichen schon aus, damit ein Aerosolpartikel in der Luft Einfluss auf das Klima nimmt – etwa indem es als Kondensationskeim zur Wolkenbildung beiträgt oder einfallendes Sonnenlicht in die Atmosphäre reflektiert. Die Forschung hat lange gerätselt, wie genau sich solche Schwebeteilchen bilden. Ein internationales Forscherteam um den Jülicher Thomas Mentel berichtet nun im Fachmagazin „Nature“, dass bestimmte Dämpfe in der Atmosphäre die Aerosolpartikel wachsen lassen. Gestützt durch zahlreiche Experimente konnten die Wissenschaftler klären, wie sich diese Dämpfe nahezu unmittelbar bilden, wenn Bäume und andere Pflanzen bestimmte Stoffe in die Luft abgeben. ::



Bestimmte Dämpfe in der Luft lassen Schwebeteilchen größer werden – so groß, dass sie Einfluss auf das Klima nehmen.



Es spornt mich an, dass ich mich nicht nur mit irgendwelchen Modellsubstanzen befasse, sondern mit dem Material, wie es tatsächlich ins Endlager geht.

Dr. Hildegard Curtius

Sicherheit für künftige Generationen

„Ein Thema, das wir nicht unseren Kindern überlassen wollen“, so bringt Prof. Dirk Bosbach seinen Auftrag in Sachen „Nukleare Entsorgungsforschung“ auf den Punkt. Der Jülicher Wissenschaftler erforscht mit seinem Team Grundlagen für die sichere Lagerung radioaktiver Abfälle.

Bis Ende 2011 hatten deutsche Kernkraftwerke 7.790 Tonnen abgebrannte Kernbrennstäbe hinterlassen, deren Radioaktivität erst nach einigen Hunderttausend Jahren weitestgehend abgeklungen sein wird. Wenn im Jahr 2022 das letzte deutsche Kernkraftwerk die Stromproduktion einstellt, werden nach Prognosen des Bundesamtes für Strahlenschutz noch einmal 2.760 Tonnen hinzugekommen sein. Zusammen mit Lagerbehältern sowie dem hochradioaktiven Abfall, den Deutschland von den Wiederaufbereitungsanlagen in Frankreich und Großbritannien zurücknehmen muss, füllen die abgebrannten Brennstäbe ein Volumen von rund 28.100 Kubikmetern aus. Das entspricht etwa dem Volumen von zehn olympischen Schwimmbecken. Die Langzeit-Radioaktivität ist dabei auf Stoffe zurückzuführen, die weniger als ein Prozent der abgebrannten Brennelemente ausmachen.

Doch wie lässt sich der hochradioaktive Abfall sicher endlagern? Fast alle Experten sind sich einig, dass es am besten wäre, den Atom Müll mehrere Hundert Meter tief in eine geeignete Gesteinsformation einzulagern – eine Möglichkeit, die erstmals schon in den 1960er Jahren vorgeschlagen wurde. Das Gestein verhindert auf natürliche Art die Freisetzung von Radioaktivität in die belebte Umwelt. Zusätzlich sollen Behälter, Füllmaterialien oder weitere technische Barrieren das Material sichern.

Die Suche nach dem besten Standort und Konzept für so ein Endlager und die Sicherheitsanalysen dafür werfen geolo-

gische, ingenieurwissenschaftliche, nuklearchemische und physikalische Fragen auf, die nur mit Hilfe der Forschung zu beantworten sind. In Deutschland sind die Forschungsaufgaben dabei unter verschiedenen öffentlichen Einrichtungen aufgeteilt: So ist die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe für die geologische Forschung verantwortlich. Die Helmholtz-Gemeinschaft, zu der das Forschungszentrum Jülich gehört, erkundet dagegen das Verhalten radioaktiver Atomsorten – in der Fachsprache: Radionuklide – unter verschiedenen Bedingungen.

50 JAHRE ENTSORGUNGSFORSCHUNG

Als ehemalige Kernforschungsanlage betreibt Jülich seit 50 Jahren Entsorgungsforschung, inzwischen allerdings unter stark verändertem Vorzeichen: Anfänglich sollte – getragen von Euphorie für eine neue Technik – die Kernenergie-Nutzung mit einem geschlossenen Brennstoffkreislauf, also inklusive Wiederaufbereitung, aufgebaut werden. „Heute dagegen, nach dem beschlossenen Ausstieg Deutschlands aus der Kernenergie und dem Abschalten des Jülicher Forschungsreaktors DIDO im Jahr 2006, helfen wir mit unserer Forschung, der langfristigen Verantwortung für die Brennstoff-Entsorgung unter anderem der ehemaligen Jülicher Reaktoren gerecht zu werden“, sagt Prof. Dirk Bosbach, der die Abteilung Nukleare Entsorgung am Institut für Energie- und Klimaforschung leitet.

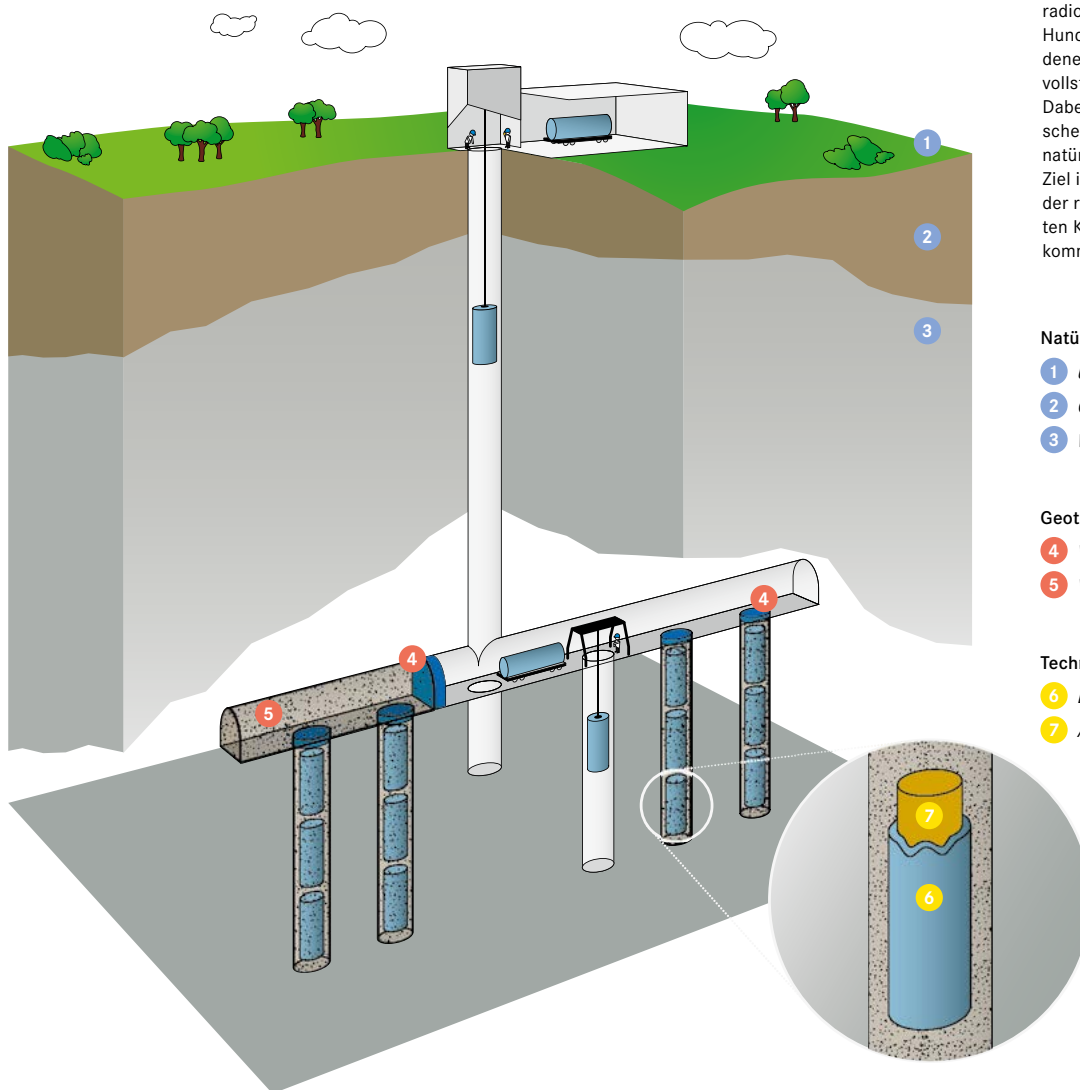
Langfristige Verantwortung heißt dabei: „Man muss das Verhalten des radioaktiven Abfalls in einem Endlager für



Prof. Dirk Bosbach ist Direktor des Instituts für Energie- und Klimaforschung und lehrt außerdem an der RWTH Aachen.

einige Hunderttausend Jahre bewerten“, sagt Bosbach. Um so weit vorausszublicken, nutzt die Wissenschaft üblicherweise die Szenarienmethode: Experten entwerfen Szenarien – mögliche zukünftige Entwicklungen –, deren Bandbreite so groß ist, dass die tatsächlich eintretende Entwicklung abgedeckt wird. „Für jedes Szenario muss dann einzeln gezeigt werden, dass das Endlager sicher ist“, sagt Bosbachs Mitarbeiter Dr. Guido Deissmann. Für ein Endlager in einer Gesteinsformation tief in der Erde lautet ein Szenario beispielsweise, dass der radioaktive Abfall mit Wasser in Berührung kommt. „Wir ermitteln mit Hilfe von Experimenten, Simulationsergebnissen

Endlager mit Multi-Barrieren-System



Bei diesem Konzept lagert der radioaktive Abfall in mehreren Hundert Meter Tiefe. Verschiedene Barrieren schirmen ihn vollständig von der Umwelt ab. Dabei sollen die (geo)technischen Barrieren Schwächen der natürlichen Barrieren beheben. Ziel ist es zu verhindern, dass der radioaktive Abfall in direkten Kontakt mit der Biosphäre kommt.

Natürliche Barrieren

- 1 Umgebung
- 2 Geosphäre
- 3 Wirtsgestein

Geotechnische Barrieren

- 4 Verschlüsse
- 5 Verfüllmaterial

Technische Barrieren

- 6 Behälter
- 7 Abfallform

und thermodynamischen Berechnungen, welche Prozesse in einem Endlager in einem solchen Fall ablaufen würden“, so Bosbach.

50 ZENTIMETER DICKE FENSTER

Um experimentelle Daten zu erheben, verfügt Jülich über eine umfassende Infrastruktur. Seit den 1970er Jahren gibt es im Forschungszentrum beispielsweise sogenannte Heiße Zellen: Laborbereiche, die mit 50 Zentimeter dicken Strahlenschutzfenstern und besonderen Wänden abgeschirmt sind und in denen sich mit fernhantierten Greifarmen hochradioaktives Material untersuchen lässt – Material, wie es einmal ins Endlager eingebracht werden soll. Heiße Zellen existieren ansonsten innerhalb Deutschlands nur

noch in Karlsruhe. Die Jülicher Zellen-Anlage wird dabei auch von Fusionsforschern und zum Reaktor-Rückbau genutzt. Zusätzlich profitieren die Forscher um Bosbach von den Kompetenzen und Geräten anderer Disziplinen im Forschungszentrum. So arbeiten sie insbesondere mit Elektronenmikroskopie-Experten des Ernst Ruska-Centrums und den theoretischen Physikern des Peter Grünberg Instituts sowie mit dem Jülich Supercomputing Centre zusammen. „Diese Kooperation hilft uns, das Verhalten des radioaktiven Abfalls unter Endlager-Bedingungen bis hinunter auf die Ebene der Atome und Moleküle zu verstehen – die Voraussetzung, um verlässliche Aussagen zur Langzeitsicherheit treffen zu können“, sagt Bosbach.

Diese Aussagen sind maßgeblich für die Auswahl eines deutschen Endlager-Standortes, die laut Gesetz bis zum Jahr 2031 erfolgen soll. „Zum Entsorgungskonzept gehört eine Zwischenlagerung des hochradioaktiven Abfalls für 30 bis 40 Jahre“, sagt Bosbach. Viele Radionuklide im Abfall wandeln sich in verhältnismäßig kurzer Zeit in stabile Atomsorten um. Daher gehen Radioaktivität und die damit verbundene Wärmeentwicklung des Atom Mülls in den ersten Jahrzehnten besonders stark zurück, so dass es danach leichter ist, ein Endlager zu bauen, das die Ansprüche an Wärmeabfuhr und sicheren Abfall-Einschluss erfüllt. ::

Frank Frick

Von der Wirkung des Wassers

Die Frauenstimme erteilt Anweisungen wie „Näher rücken“ oder „Hände oben anlegen“. Dr. Hildegard Curtius kennt das Prozedere. Sie folgt den Anordnungen gelassen und positioniert sich in einem Raum von der Größe einer Duschkabine: die Nasenspitze fast an der Metallwand, die Hände links und rechts erhoben und die Füße auf einem Gitternetz aus Draht. Während die Frauenstimme von zehn auf null herunterzählt, wird Curtius' Körper auf ionisierende Strahlung gescannt. Anschließend öffnet sich die gläserne Schiebetür und Curtius darf die Kabine verlassen. Die – gesetzlich vorgeschriebene – Messung ist Routine, wenn jemand in den „Heißen Zellen“ war. Das sind speziell abgeschirmte Labors, in denen Experimente mit hochradioaktiven Substanzen mit Hilfe von Greifarmen – Fachsprache: Manipulatoren – durchgeführt werden können. Nur in diesen Labors können Jülicher Forscher mit realem Abfall aus Kernreaktoren hantieren. Eine Grundvoraussetzung, um das Verhalten dieser Stoffe in Endlagern zu untersuchen.

Hildegard Curtius arbeitet seit 18 Jahren im Forschungszentrum Jülich und untersucht das Verhalten von abgebrannten Kernbrennstoffen. „Es spornt mich an, dass ich mich nicht mit irgendwelchen Modellsubstanzen befasse, sondern mit dem Material, wie es tatsächlich ins Endlager geht“, sagt sie. Sie untersucht eines der größten Risiken eines Endlagers, nämlich was passieren würde, wenn der abgebrannte Brennstoff mit Wasser in Berührung käme.

Curtius hat unter anderem festgestellt, dass Wasser abgebrannte Brennelemente aus Forschungsreaktoren viel schneller korrodiert, also angreift, als Brennelemente aus Reaktoren, die der Stromerzeugung dienen. Forschungsreaktor-Elemente haben eine andere Zusammensetzung, weil sie im Be-

trieb möglichst viele Neutronen – elektrisch neutrale Kernteilchen – aussenden sollen. Schon nach wenigen Jahren verlieren diese Brennelemente beim Kontakt mit Wasser ihre Form und bilden einen schlammartigen Rückstand. Das lässt für die Sicherheit zunächst nichts Gutes ahnen, weil somit die Radionuklide – radioaktive Atomsorten – besonders schnell ins Wasser gelangen könnten. Doch: „Nahezu alle Korrosionsprodukte im schlammartigen Rückstand binden – oder wie wir sagen: sorbieren – die zunächst freigesetzten radioaktiven Atome, so dass diese sich nicht weiter

verteilen können“, resümiert Curtius. Es gilt nun, diese Vorgänge im Detail zu verstehen, um dann zuverlässig die Langzeitsicherheit beim Szenario „Wasserkontakt“ einzuschätzen.

Ein ganz anderes Phänomen, bei dem Wasser im direkten Kontakt mit radioaktivem Abfall ebenfalls die Hauptrolle spielt, untersuchen Dr. Felix Brandt und die Doktorandin Juliane Weber vom Institut für Energie- und Klimaforschung, Bereich Nukleare Entsorgung und Reaktorsicherheit (IEK-6). Nach etwa 100.000 Jahren entstehen aus den abgebrannten Brennelementen als Folge der radioakti-



Wir untersuchen hier Materialien, wie sie in der Chemie als Katalysator dienen – und es ist faszinierend für mich, mir nun eine andere Seite dieser Materialien anzuschauen.

Yulia Arinicheva



Es ist unglaublich spannend, Materialien mit den verschiedensten Methoden zu analysieren und mit Wissenschaftlern verschiedenster Herkunft und Fachrichtungen zu kooperieren.

Sarah Finkeldei



ven Zerfallsreihe von Uran-238 größere Mengen Radium. Dieses löst sich prinzipiell gut in Wasser und bindet schlecht an den Mineralien, die als Barriere im Endlager infrage kommen. Bislang stand dieser Prozess bei Sicherheitsbetrachtungen nicht im Vordergrund, weil er erst in ferner Zukunft bedeutsam wird. Doch für den konkreten Bau eines Endlagers müssen auch solche Prozesse einkalkuliert werden. Ein Grund für die Svensk Kärnbränslehantering (SKB), das

Unternehmen, das in Schweden ein Endlager errichtet, Webers Doktorarbeit finanziell zu fördern.

VERANTWORTLICH FORSCHEN

Weber untersucht einen Vorgang im Endlager, der möglicherweise die Menge an Radium verringert, die ins Wasser gelangen und so aus dem Endlager transportiert werden könnte: die Reaktion von Radium mit Barium, das ebenfalls aus dem radioaktiven Abfall entsteht, und

mit natürlich vorhandenem Sulfat. Diese drei Komponenten bilden zusammen feste Mischkristalle. Die Forscher um Brandt haben durch Juliane Webers Experimente kombiniert mit atomistischen Simulationen und thermodynamischen Berechnungen gezeigt, in welchem Ausmaß die Mischkristallbildung stattfindet. Die ermittelten Zahlenwerte benötigt die SKB für die Sicherheitsanalysen, die sie bei den Behörden einreichen muss. Juliane Weber dazu: „Für mich ist es wichtig,

ein Forschungsthema mit gesellschaftlicher Relevanz zu bearbeiten.“

NATÜRLICHER STRAHLENSCHUTZ

Doktorandin Yulia Arinicheva treibt dagegen vor allem wissenschaftliche Neugier an. Sie und ihre Kollegin Sarah Finkeldei untersuchen die Möglichkeit, langlebige Radionuklide aus dem nuklearen Abfall in keramische Materialien einzubauen. Würde man den Abfall in dieser Form endlagern, könnte dies die Wahrscheinlichkeit verringern, dass Radioaktivität aus dem Endlager in die belebte Umwelt gelangt. Denn solche Keramiken sind chemisch sehr beständig gegenüber Wasser, hohen Temperaturen und ionisierender Strahlung. Natürliche Verwandte dieser Keramiken demonstrieren das: Monazite, phosphathaltige Mineralien, enthalten bis zu 30 Prozent radioaktives Thorium und Uran. Aber sie weisen keine Strahlenschäden auf, obwohl manche davon seit Milliarden Jahren existieren. Daher stellen Arinicheva und Finkeldei Keramiken im Labor her, um deren Eigenschaften dann detailliert zu untersuchen.

„In Deutschland ist es gesetzlich vorgesehen, den hochradioaktiven Abfall direkt endzulagern, also ohne den Einbau in Keramiken“, ordnet Prof. Dirk Bosbach, Direktor am IEK-6, die Forschungsarbeiten ein. „Doch als Wissenschaftler möchten wir auch links und rechts schauen, um möglicherweise besonders sichere und vorteilhafte Optionen auszuloten.“

Arinicheva hat ihre Masterarbeit über „grüne Chemie“ geschrieben. Darin beschäftigte sie sich mit der Umwandlung von Biomasse mit Hilfe von Katalysatoren. „Als Katalysatoren dienen Materialien, wie wir sie auch hier untersuchen – und es ist faszinierend für mich, mir nun eine andere Seite dieser Materialien anzuschauen“, so Arinicheva. Diese Faszination kann sie ausgezeichnet weitergeben: Mit einem kurzen, allgemeinverständlichen und unterhaltsamen Vortrag über ihre Arbeit gewann sie den Science Slam (Wissenschaftlerwettbewerb) Ende März im Jülicher Kulturbahnhof.

Ihrer Kollegin Sarah Finkeldei gefällt besonders das abwechslungsreiche, interdisziplinäre und internationale Umfeld in der nuklearen Entsorgungsforschung: „Es ist unglaublich spannend, Materiali-

en mit den verschiedensten modernen Methoden zu analysieren, mit Wissenschaftlern verschiedenster Herkunft und Fachrichtungen zu kooperieren, um am Ende zu sehen, wie die Puzzlestücke der Ergebnisse zueinanderpassen und gemeinsam zum grundlegenden Verständnis beitragen.“

SUPER BERECHNET

Zwei Forscher, die Finkeldei besonders geholfen haben, sind Dr. Piotr Kowalski, Leiter der Jülicher Nachwuchsgruppe „Atomistic Modeling“ am IEK-6, und Doktorand George Beridze. Sie nutzen Supercomputer, um aus den quantenchemischen Eigenschaften der verschiedenen Atomsorten die strukturelle Anordnung von Radionukliden – zumeist sogenannte Actinoide – in Finkeldeis Pyrochlor-Keramiken und in anderen Materialien zu berechnen. „Jülich ist einerseits international berühmt für seine Expertise in der Materialforschung und andererseits für seine Supercomputer und das zugehörige Know-how – von beidem profitieren wir“, sagt Kowalski. Seinen Mitarbeiter George Beridze motiviert die Top-Adresse Jülich ebenso wie das Wissen, dass seine theoretischen

Modellrechnungen für Experimentatoren und für praktische Fragestellungen bedeutsam sind.

Die Berechnungen der beiden Wissenschaftler sind extrem anspruchsvoll. Denn die Actinoide besitzen besonders viele Elektronen, die sich gegenseitig stark beeinflussen – und all diese Wechselwirkungen müssen in den Rechnungen berücksichtigt werden. „Wir sind stolz, dass unsere Berechnungen trotzdem sehr zuverlässig sind“, sagt Kowalski.

Dass er als Theoretiker nicht in den Heißen Zellen arbeitet, liegt auf der Hand. Doch auch Juliane Weber, Yulia Arinicheva und Sarah Finkeldei führen ihre Experimente nicht in den Heißen Zellen hinter 50 Zentimeter dicken Bleiglaswänden durch, sondern im Strahlenschutz-Bereich, wie es ihn auch in radiologischen Labors in Kliniken gibt. Der wichtigste Grund: Die Forscherinnen setzen bei den Experimenten geringste Stoffmengen ein, so dass die Proben höchstens schwach radioaktiv sind. Um grundlegende Erkenntnisse für die technische Seite der Endlagerung zu gewinnen, ist das aber ausreichend. ::

Frank Frick



Dr. Piotr Kowalski lüftet mit Supercomputern das Geheimnis um die Struktur radioaktiver Materialien.

Inspiration aus dem Supermarkt

Wie die Neurowissenschaftlerin Sonja Grün die Methoden der Einkaufsforschung nutzt, um zu erkennen, wie Neuronen zusammenarbeiten.

Wollen Sie wissen, wie lange wissenschaftlich betrachtet ein Augenblick dauert? Und was dabei geschieht? Schauen Sie bitte kurz dieses Bild an:



Ihr Auge braucht nicht lange, um die Mücke zu erkennen. Ihr Blick tastet die Konturen ab, er heftet sich etwa auf das Ende des Flügels – Wissenschaftler nennen das Fixation – und bewegt sich dann abrupt zu einem anderen Punkt, etwa zum Auge. Wissenschaftler nennen diese Bewegung Sakkade. Insgesamt braucht das Auge 250 Millisekunden, also eine Viertelsekunde, um die visuelle Information zu erfassen, zu verarbeiten und eine weitere Augenbewegung zu einem neuen Fixationspunkt vorzubereiten. So lange währt der Augenblick.

Für das Gehirn ist so ein schnelles Erfassen eines Gegenstands eine triviale Aufgabe. Diese erledigt es Tausende Male am Tag, während wir uns ungestört anderen Gedanken hingeben. Für die Hirnforschung dagegen ist es ein Rätsel. Wie nehmen wir Dinge wahr? Wie verarbeiten unsere Nervenzellen die Signale aus dem Auge? Welche Zellen kommunizieren wie miteinander? Und wie entscheiden sie in Millisekunden, wohin sich der Blick wendet?

Mit solchen Fragen beschäftigt sich Professorin Sonja Grün vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin

(INM-6). Sie erforscht, was während eines Augenblicks im Gehirn passiert – und konnte beweisen, dass Nervenzellen Teams bilden, um die stattfindenden Vorgänge zu koordinieren – wie etwa die Fixation oder die Sakkade. Die Professorin hat gefragt, wann welche Nervenzellen mit anderen gleichzeitig aktiv sind. Bei der Auswertung der Daten hat ihr ein Algorithmus geholfen, der auch in der Einkaufsforschung angewandt wird.

Die Analogie zur Einkaufsforschung fiel Sonja Grün zum ersten Mal während einer Frühjahrsschule des Interdisziplinären Kollegs am Mönesees auf. Sie hörte den Vortrag eines Informatikers zum Thema „Intelligent Data Mining in der Einkaufsforschung“. Die Einkaufsforscher wollen wissen, wie man die Waren in Supermärkten anordnen muss, um den Absatz zu steigern. Wenn jemand zum Beispiel Holzkohle und Würstchen kauft – ist es dann nicht wahrscheinlich, dass er auch eine Grillsauce mitnimmt, wenn sie direkt neben der Kohle präsentiert wird? Um Warengruppen wie die „Grillgruppe“ zu identifizieren, werten die Forscher die Inhalte von Einkaufswagen aus. Dabei allerdings stoßen sie auf ein statistisches Problem: Während Kohle, Würstchen und Sauce offensichtlich zusammengehören, wird das Zusammentreffen von Senf und Schokolade wohl eher ein Zufall sein. Wie aber unterscheidet man das eine vom anderen?

ZUFALL ODER SYSTEM?

Hier wurde Sonja Grün hellhörig. Denn ihre Frage war vergleichbar, wenn auch aus einem völlig anderen Fachgebiet: der Hirnforschung. Sie wollte die Aktivitätsmuster von Nervenzellen erkennen und auswerten. Welche Gleichzeitigkeiten sind Zufall und welche weisen auf eine



Die Physikerin Prof. Sonja Grün erklärt mit statistischen Methoden, wie sich Nervenzellen im Gehirn organisieren.

Gruppe hin, die gemeinsam feuert und damit einen weiteren Prozess anstößt – vielleicht eine Augenbewegung?

Die Einkaufsforschung, erklärte der Informatiker in seinem Vortrag, löst solche Probleme durch das „Frequent Itemset Mining“ (FIM). Diese Methode kann schnell und effizient in großen Datenmengen Gruppen von Objekten finden, deren Häufigkeiten erfassen und sie nach verschiedenen Kriterien sortieren, etwa nach der Wahrscheinlichkeit eines Musters, beispielsweise oft zusammen gekaufter Waren. Mit Hilfe des FIM generieren große Onlinehändler ihre mitunter erstaunlich treffenden Produktvorschläge.

Diese Technik, erkannte Sonja Grün, lässt sich auch nutzen, um funktionale Gruppen von Neuronen zu erkennen. Die Professorin unterhielt sich daher umgehend mit dem Informatiker, und aus einem langen, angeregten Gespräch entwickelte sich ein erfolgreicher Austausch zwischen zwei sehr verschiedenen Disziplinen.

„Wir haben in mehreren Jahren Arbeit die statistischen Methoden der Einkaufsforschung ergänzt, auf die Hirnforschung übertragen und nun auf vorhandene Daten angewandt“, erklärt Sonja Grün. Aus Experimenten gab es detaillierte Messungen der Aktivität von bis zu 100 einzelnen Nervenzellen, während ein Tier mehrere Augenblicke lang Objekte betrachtet. „In jeder Millisekunde sind normalerweise immer eine kleine Anzahl von Nervenzellen aktiv. Jedoch während bestimmter Handlungen, etwa der Fixierung eines Objekts, sind plötzlich viel mehr Nervenzellen gleichzeitig aktiv. Um verhaltensbezogene Aktivitätsmuster von zufälligen Mustern zu unter-

scheiden, haben wir die FIM-Methode um ein statistisches Verfahren ergänzt. Mit diesem modifizierten FIM konnten wir nachweisen, welche der gleichzeitig aktiven Neuronen eine funktionale Gruppe bilden, während beispielsweise der Blick ein bestimmtes Objekt fixiert“, erklärt Sonja Grün. Damit kommt die Professorin dem Augenblick im Gehirn näher als jeder andere Forscher.

RÄTSEL NOCH NICHT ENTSCHLÜSSELT

Entschlüsselt ist das Rätsel des Augenblicks jedoch noch nicht. Weshalb bilden sich die Nervenzellgruppen, und wie lösen sie sich auf? Interagieren sie mit anderen Teams? Und ist ein Gedanke so

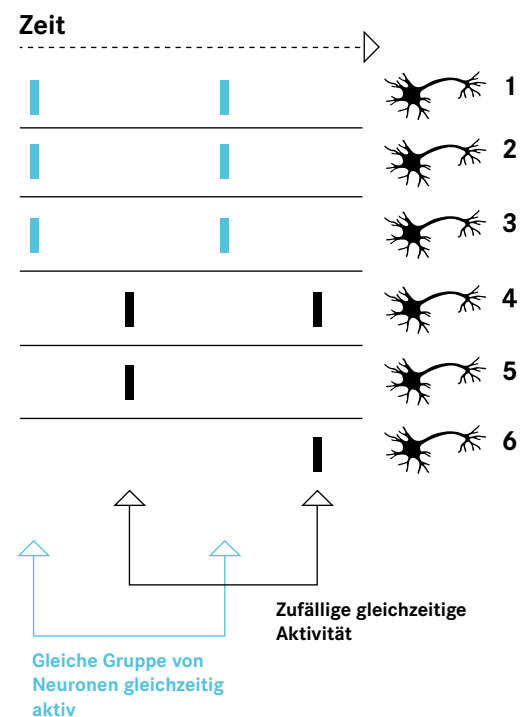
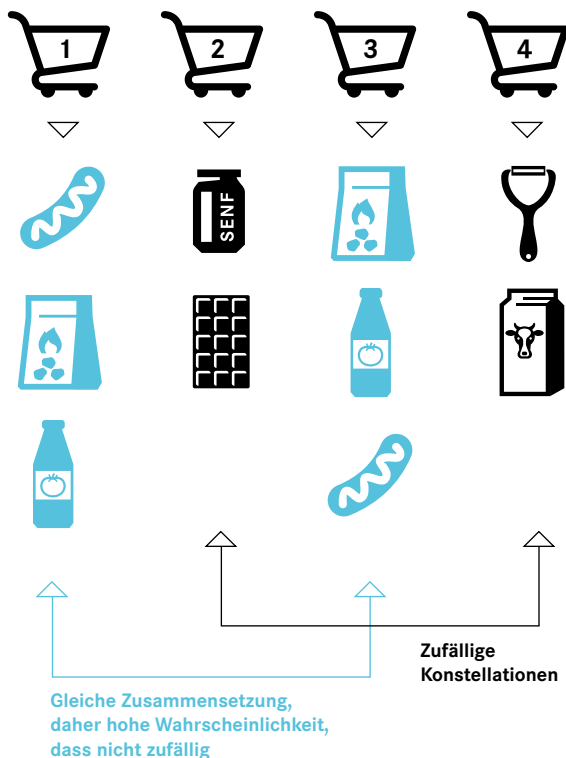
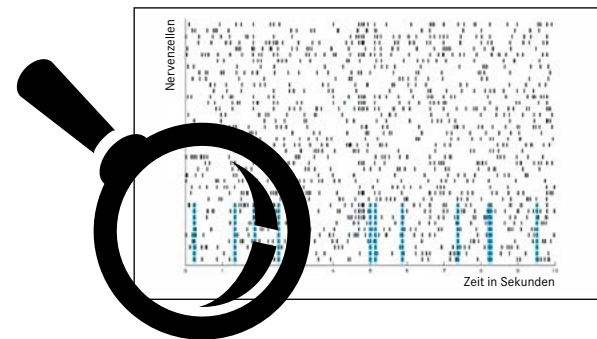
etwas wie eine Gruppenwanderung von Signalen durchs Gehirn?

All diese Fragen sind bislang noch nicht ausreichend zu beantworten. „Uns geht es in der Neurowissenschaft ein wenig wie der Physik vor der Entdeckung der Quantentheorie: Wir haben zwar immer mehr und immer genauere Daten. Aber uns fehlt eine alles verbindende Theorie, mit der wir diese Daten interpretieren können“, meint Sonja Grün. Um diese zu finden, blickt die Professorin auch weiterhin über die Grenzen ihrer Disziplin hinaus. ::

Christoph Mann

Einkaufsverhalten und Neuronenaktivität

Das statistische Verfahren „Frequent Itemset Mining“ (FIM) kann schnell und effizient in großen Datenmengen Gruppen von Objekten finden und deren Häufigkeiten erfassen. In der Einkaufsforschung werden damit etwa Waren identifiziert, die oft zusammen gekauft werden. In der Hirnforschung hilft eine angepasste Version der FIM-Methode, verhaltensbezogene Aktivitätsmuster von zufälligen Mustern zu unterscheiden. Damit konnten Jülicher Wissenschaftler nachweisen, welche der gleichzeitig aktiven Neuronen eine funktionale Gruppe bilden, während beispielsweise der Blick ein bestimmtes Objekt fixiert.



Kontaktaufnahme im Zwergenreich

Zellen sind einnehmend. Sie schmiegen sich an große Moleküle oder winzige Nanoteilchen, die sich an ihrer Außenwand anlagern. Beim Einschleusen in ihr Inneres haben sie bestimmte Vorlieben, wie Jülicher Forscher unlängst herausfanden.

Je mehr Tuchfühlung, desto besser: Jülicher Forscher konnten durch Computersimulationen nachweisen, dass die Form des andockenden Teilchens über seine Aufnahme in die Zelle entscheidet. Mit Hilfe eines innovativen Rechenmodells überprüften sie, ob und wie würfel-, kugel- oder etwa zylinderförmige Teilchen absorbiert werden. Diese Erkenntnisse helfen, gezielt Nanomedikamente zu entwickeln, die in bestimmte Zellen eingeschleust werden, um dort Wirkstoffe gegen Krankheiten wie Krebs, Diabetes oder Morbus Crohn freizusetzen.

*Blick in die Zukunft:
Winzige Wirkstoffteilchen
durchdringen die Zell-
membran und bekämpfen
Krankheiten wie Krebs oder
Morbus Crohn gezielt an
ihrem Entstehungsort.*

Nanopartikel sind
im Durchmesser etwa

10.000

Mal kleiner als ein
menschliches Haar

Zellen lieben intensiven Kontakt. Physikalisch streben Teilchen und Zellmembran daher eine möglichst große Kontaktfläche an. Denn nur wenn der mechanische Zusammenhalt zwischen Membran und Teilchen – die sogenannte Adhäsionsstärke – groß genug ist, wird die Elastizität der Zellmembran überwunden und das Teilchen kann ins Zellinnere vordringen.

BEZIEHUNG MIT ECKEN UND KANTEN

„Unsere Modellberechnungen am Computer zeigen: Das Umhüllen der Teilchen durch die Membran kann entweder kontinuierlich oder schrittweise ablaufen“, berichtet Prof. Gerhard Gompper, Direktor des Institute of Complex Systems am Forschungszentrum Jülich. So haften beispielsweise die Seiten eines Würfels vergleichsweise leicht an der Zellmembran, da diese kaum deformiert werden muss. In einem nächsten Schritt muss sich die Membran aber im 90-Grad-Winkel um die Kanten legen. Die starke Deformation der Membran kostet die Zelle viel Energie. Ein kugelförmiges Teilchen dagegen wird kontinuierlich mit immer demselben Energieaufwand pro Flächeneinheit eingehüllt, da seine Rundung an jeder Stelle gleich ist. Dazu muss die Anziehungskraft lediglich größer sein als die Steifigkeit der Membran.

Ob Würfel, Quader oder Ellipsoid: Die Jülicher Forscher untersuchten systematisch den Einfluss von Kantenrundungen und Seitenlängen. Sie analysierten, unter welchen Bedingungen Membranen Nanoteilchen komplett oder nur teilweise einwickeln beziehungsweise unter welchen



Sabyasachi Dasgupta, Prof. Gerhard Gompper und Dr. Thorsten Auth (von li.) erforschten, welchen Einfluss Kanten, Seitenlängen und Rundungen auf das Einschleusen von Nanopartikeln in Zellen haben.

Bedingungen dies gar nicht gelingt oder Partikel in der Grenzschicht stecken bleiben. Dafür entwickelten sie eine mathematische Beziehung, mit der Vorhersagen möglich sind: „Die Intensität der Beziehung zwischen Zelle und Nanopartikel hängt zum einen vom Verhältnis von Länge und Breite der Teilchen und zum anderen von der Krümmung der Rundungen des winzigen Teilchens ab“, fasst Gompper zusammen.

NANOMEDIZIN NUTZT WISSEN

Das Wissen um den perfekten „Passanten“ ist eine weitere Erkenntnis auf dem Weg zu Nanomedikamenten der Zukunft. Zum Hintergrund: Im menschlichen Körper finden viele Abläufe auf kleinster, der sogenannten Nano-Ebene, statt. Eine Zelle nimmt beispielsweise Nährstoffe auf und scheidet Giftstoffe wieder aus, indem sie winzige Bläschen abschnürt, die in die Zelle herein- oder aus ihr hinausgelangen. Wie unvorstellbar klein „Nano“ ist, verdeutlicht der Vergleich mit dem Durchmesser eines menschlichen Haars. Nanopartikel sind etwa 10.000 Mal kleiner.

Das Verständnis um die Prozesse im menschlichen Organismus möchten Nanowissenschaftler nutzen. Ihre Vision: Mit Hilfe von kleinsten eingeschleusten Wirkstoffteilchen sollen Krankheiten direkt an ihrem Entstehungsort bekämpft werden. Spezielle Beschichtungen der Nanomedikamente sorgen dafür, dass

die winzigen Partikel nur von einer bestimmten Zellsorte aufgenommen werden. Die jüngsten Jülicher Untersuchungen tragen dazu bei, Teilchen aus geeigneten Materialien künftig so zu designen, dass sie entweder als Sensormoleküle – etwa im Bereich der wirk-

stoffbeladenen Nanopartikel in der Onkologieforschung – nur an der Membran haften oder als Medikamentenwirkstoff komplett absorbiert werden. ::

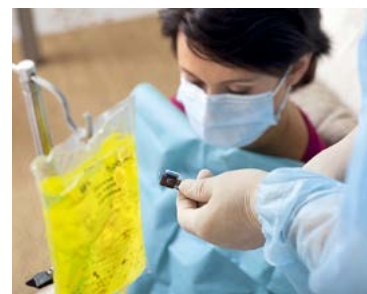
Ilse Trautwein

Nanomedizin gegen Krebs

Viele onkologische Patientinnen und Patienten leiden unter starken Nebenwirkungen heutiger Behandlungsformen, wie etwa der Chemotherapie. Sie erhoffen sich möglichst zeitnah neue, nebenwirkungsarme Therapieformen. Die Nanotechnologie ist eine Option: Wirkstoffe sollen – quasi als Nanoraketen – direkt in die Tumorzellen „geschossen“ werden und dort gezielt das kranke Gewebe zerstören.

Ein erfolgversprechendes Therapieverfahren, das derzeit in der Erprobungsphase ist, nutzt beispielsweise die magnetischen Eigenschaften von Nanopartikeln aus Eisenoxid. Diese werden direkt in den Tumor injiziert. Danach wird ein Magnetfeld um das Gewebe aufgebaut. Die Nanopartikel nehmen die Energie des Magnetfelds auf und wandeln sie in

Wärme um, die wiederum das Tumorgewebe zerstört. Die europäische Zulassung für diese Therapie liegt bereits vor: Dennoch wird es noch mehrere Jahre dauern, bis die innovative Krebstherapie sämtliche klinische Erprobungshürden genommen hat und breiten Einzug in die Krankenhäuser findet.



Bei Chemotherapien sind oft zusätzliche Behandlungsmethoden notwendig, um Nebenwirkungen zu lindern.

Nanomedizin zwischen Hype und Hope

Die Nanotechnologie gilt als Hoffnungsträger. Mit ihrer Hilfe sollen künftig Krankheiten wie Krebs oder Diabetes rechtzeitig erkannt und erfolgreich behandelt werden. Die Visionen reichen von Nanomaterialien, die den Aufbau von neuer Haut oder neuen Knochen im Körper unterstützen, bis hin zu Nanomedikamenten, die die Sehnerven bei Blinden wiederherstellen. Einschätzungen dazu von Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang M. Heckl, Professor an der Technischen Universität München und Generaldirektor des Deutschen Museums. Er berät seit Jahren die Bundesregierung und die Europäische Kommission im Bereich der Nanotechnologie.

Herr Prof. Heckl, die Erwartungshaltung an die Nanomedizin ist hoch. Wie realitätsnah sind die Vorstellungen?

Viele Überlegungen, die in den Medien kursieren, sind Visionen und noch weit von der aktuellen Forschung und der klinischen Anwendung entfernt. Tatsache ist: Die Nanomedizin steckt in vielen Bereichen leider noch in den Kinderschuhen.

Woran liegt dies?

Das liegt in erster Linie daran, dass wir die molekularen Grundlagen vieler Prozesse im menschlichen Organismus bis heute noch nicht verstanden haben. Dieses Fundament benötigen wir aber, um mit Hilfe der Nanotechnologie Krankheiten besser diagnostizieren und therapieren zu können. Deshalb sind Forschungsprojekte, wie die der Jülicher Wissenschaftler um Prof. Gompfer, die den Fokus auf die Interaktion zwischen Zelle und Nanopartikel legen, so wichtig.

Gibt es heute bereits Nanoprodukte zu kaufen?

Sicherlich. Denken Sie nur an die Pflaster mit Silberpartikeln, die Bakterien abtöten, oder an die Nano-Zahnpasta, die winzige Partikel zum Schließen kleinster Hohlräume in den Zähnen enthält. Entscheidend allerdings ist, wie ich Nano definiere, insofern variieren die kursierenden Zahlen etwas. Wissenschaftlich betrachtet zählen zur Nanotechnologie nur Anwendungen mit Nanopartikeln kleiner als 100 Nanometer, deren Wirkung gerade auf der Nanoskaligkeit beruht.

Wie groß ist der Nanomedizinmarkt?

Laut einer Nanomedizin-Studie von Bio-nest Partners aus dem vergangenen Jahr befinden sich 230 Produkte auf dem Markt oder in der klinischen Prüfung, Tendenz steigend. Neueste Analysen gehen davon aus, dass sich der internatio-

nale Nanomedizinmarkt innerhalb von fünf Jahren bis 2016 verdoppeln wird. Das geschätzte Volumen liegt dann voraussichtlich zwischen 97 und 129 Milliarden US-Dollar.

In welchem medizinischen Bereich sind die nanotechnologischen Entwicklungen weit fortgeschritten?

Die meisten der potenziellen Anwendungen liegen im Bereich der Onkologie. Nanopartikel können sowohl in der Diagnostik als auch in der Therapie von Krebs eingesetzt werden. Aber – um dieses populäre Bild zu verwenden – es ist noch ein weiter Weg, bis wir Reisen mit kleinen Nano-U-Booten in unseren Körper machen können, um dort medizinische Arbeiten zu verrichten. ::

Das Gespräch führte Ilse Trautwein.



„ES IST NOCH EIN WEITER WEG, BIS WIR REISEN MIT KLEINEN NANO-U-BOOTEN IN UNSEREN KÖRPER MACHEN KÖNNEN, UM DORT MEDIZINISCHE ARBEITEN ZU VERRICHTEN.“

Prof. Wolfgang M. Heckl, Nanotechnologie-Berater der Bundesregierung und der Europäischen Kommission

Dicke Luft über dem Heilbad?

Bad Homburg fürchtet um seine gute Luft. Der Grund: Stickoxide und Feinstaub. Jülicher Klimaforscher suchen jetzt im Auftrag der Stadt nach den Ursachen der Schadstoffbelastung.

Champagnerluft und Tradition“ – mit diesem Slogan wirbt die Stadt Bad Homburg um Gäste. Doch die Stadtoberen sorgen sich: Messungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zeigen, dass der Grenzwert bei Stickoxiden – er liegt bei 18 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft – überschritten und die Zertifizierung der Stadt als Heilbad der obersten Stufe gefährdet ist. Bad Homburg beauftragte deshalb Wissenschaftler des Jülicher Instituts für Energie- und Klimaforschung, Bereich Troposphäre (IEK-8), die Schadstoffbelastung der Luft zu untersuchen. Die Messkampagne, bei der Stickoxide und Feinstaub im Zentrum stehen, begann im Februar und dauert bis Juli. Erste Zwischenergebnisse zeigen: Es ist vor allem der Straßenverkehr, der in Bad Homburg Probleme bereitet. Einen Abschlussbericht wollen die Wissenschaftler Ende des Jahres vorlegen.

„Wir sammeln Daten, zeigen der Stadt die Ursache für die Schadstoffbelastung auf und geben ihr die Fakten in die Hand, um Gegenmaßnahmen zu ergreifen“, fasst Prof. Andreas Wahner, Direktor des IEK-8, den Auftrag zusam-

men. Seit Februar sind seine Kollegen Dr. Dieter Klemp und Dr. Christian Ehlers im Einsatz: Sie betreuen das Jülicher Messlabor, das am Rande des Kurparks aufgestellt wurde. Hier zeichnen sie meteorologische Daten auf: Temperatur, Windrichtung und -geschwindigkeit sowie die Strahlungsintensität der Sonne. Gemessen werden außerdem die Konzentrationen von Kohlenwasserstoffen, Stickoxiden, Kohlenmonoxid, Formaldehyd und Ozon, die Feinstaubbelastung und der darin enthaltene Beitrag von Dieselruß. Mit dem mobilen Labor „Mobilab“ messen die Atmosphärenforscher außerhalb Bad Homburgs, welche Schadstoffe in die Stadt eingetragen werden. Dazu ermitteln Klemp und Ehlers mit Hilfe von „Mobilab“ an verschiedenen Stellen im Stadtgebiet die Belastung der Luft mit Stickoxiden und Feinstaub.

Im April stellte die Stadt die Messkampagne in einem Gespräch mit Journalisten vor. Andreas Wahner zog dabei eine erste Bilanz: „Die bisherigen Messungen zeigen, dass die wesentliche Ursache für die Schadstoffbelastung der



Prof. Andreas Wahner (links) erläuterte dem Bad Homburger Oberbürgermeister Michael Korwisi, welche Messungen mit dem Jülicher mobilen Messlabor „Mobilab“ durchgeführt werden.

Luft in Bad Homburg der Straßenverkehr ist.“ Die Messungen zeigten besonders hohe Werte an Stickoxiden und Feinstaub im Berufsverkehr. Die Ursachen für den Anteil von Rußpartikeln am Feinstaub – 20 bis 30 Prozent – sieht der Wissenschaftler im Hausbrand, also bei Heizungen und offenen Kaminen, und im Straßenverkehr.

Die Messergebnisse fließen in Simulationen der Schadstoffbelastung ein. Sie sollen zeigen, wie sich die Luftqualität in sieben und in 20 Jahren darstellt, wenn alles so bleibt wie es heute ist. Doch mit ihrer Hilfe lässt sich auch darstellen, welche Auswirkungen einzelne Projekte wie verkehrslenkende Maßnahmen oder die Umstellung von Heizungen in Bad Homburg haben könnten. ::

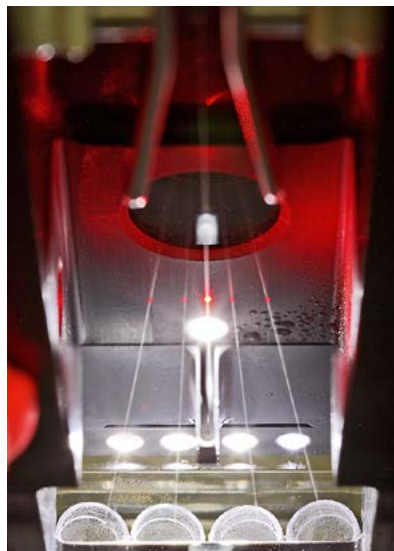
Erhard Zeiss

Die Freude war riesengroß, doch erzählen durften sie zunächst niemandem von den 2,6 Millionen Euro: Ende März erfuhren Stephan Binder und Georg Schendzielorz vom Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-1), dass ihnen diese Summe für ihr Gründungsvorhaben zur Verfügung gestellt wird. Die beiden Jülicher Biotechnologen hatten sich in dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung ausgelobten Gründungswettbewerb GO-Bio gegen 106 Bewerber durchgesetzt. Das Geld erhalten die promovierten Wissenschaftler als Anschubfinanzierung, um ihr spezielles Sensorsystem für die schnelle und gezielte Suche hochproduktiver Mikroorganismen zur Marktreife zu führen und ein Unternehmen zu gründen. Über die Auszeichnung mussten sie ein paar Tage lang Stillschweigen bewahren, da die Bekanntgabe der Gewinner noch nicht offiziell war. „Das war schon eine fast irreal Situation“, erinnert sich Schendzielorz.

GEFRAGTE PRODUKTIONSVERFAHREN

Dass sie mit ihrem Verfahren, das hochproduktive Zellen zum Leuchten bringt und so unter Millionen anderen erkennbar macht, auf dem richtigen Weg sind, wurde bereits mit dem Verleih des „Innovationspreises der Bio-Regionen in Deutschland“ im Sommer 2013 deutlich. Im Dezember folgte die Helmholtz-Enterprise-Auszeichnung. Mit dem Fördergeld bereiteten die Postdoktoranden ihre Ausgründung sorgfältig vor, entwickelten ein tragfähiges Geschäftsmodell, trafen potenzielle Kunden, erstellten einen Businessplan und füllten die GO-Bio-Anträge aus – mit Erfolg: „Für uns hat sich ein Traum erfüllt“, resümieren die beiden.

Die Technologie, die sich High-Throughput Screening & Recombineering (HTSR) nennt, haben Binder und Schendzielorz gemeinsam in ihrer Doktorarbeit entwickelt. Die Idee dahinter: Mikroorganismen produzieren in der „weißen Biotechnologie“ medizinische Wirkstoffe, Nahrungsmittel und chemische Wertstoffe. Je mehr sie von der erwünschten Substanz herstellen, umso effektiver fällt der gesamte industrielle Prozess aus. Der Bedarf an solchen Or-

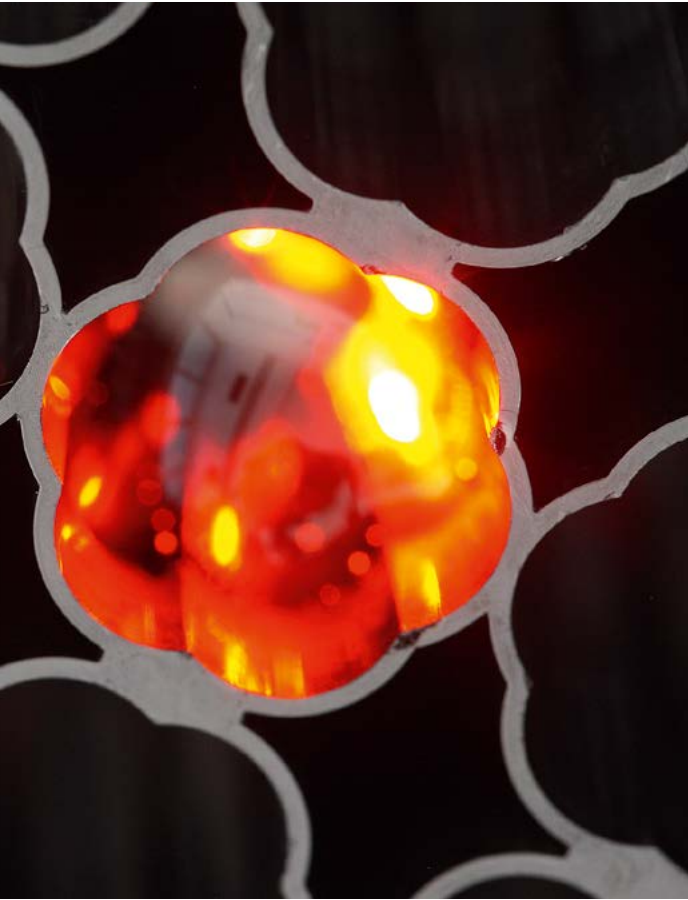


Sekundenschnell: Ein FACS (fluorescence-activated cell sorter) sortiert die Bakterienzellen einzeln in Kulturröhrchen oder auf Mikrotiterplatten aus. Auf den sogenannten Flowerplates (großes Bild) lassen sich die Bakterien kultivieren und analysieren.



Ein Traum geht leuchtend in Erfüllung

2,6 Millionen Euro als Anschubfinanzierung: Die Biotechnologen Stephan Binder und Georg Schendzielorz sind Preisträger des Gründungswettbewerbs GO-Bio. Ihr Sensorsystem für die gezielte Suche hochproduktiver Mikroorganismen könnte helfen, vielversprechende krebshemmende Wirkstoffe herzustellen, die sich bislang chemisch kaum synthetisieren lassen.



**„MIT HERKÖMMLICHEN METHODEN
KÖNNEN SIE 1.000 BIS 2.000 KULTUREN
PRO MONAT UNTERSUCHEN; WIR KÖNNEN
50.000 ZELLEN PRO SEKUNDE EINZELN
ANALYSIEREN.“**



Zwei Wissenschaftler – eine Geschäftsidee: Stephan Binder und Georg Schendzielorz (re.) vom Institut für Bio- und Geowissenschaften sind Preisträger des Gründungswettbewerbs GO-Bio.

gansimen steigt im Zuge zunehmender biobasierter Produktionsverfahren. Nur wie findet man die wenigen äußerst produktiven Zellen unter Millionen von anderen? Klassische Methoden benötigen Wochen bis Monate, um die Bakterien zu isolieren und zu kultivieren. „Mit HTSR gelingt uns das in wenigen Tagen“, sagt Binder. Um den tüchtigsten Mikroorganismen auf die Spur zu kommen, schleusen die Wissenschaftler ein ringförmiges DNA-Molekül in die Zelle ein. Diese genetische Zusatzausstattung sorgt schlussendlich dafür, dass jene Zellen, die die erwünschte Substanz herstellen, anfangen zu leuchten. Und zwar nach dem Prinzip: Je produktiver die Zelle, umso stärker fluoresziert sie. Ein Gerät aus der Blutanalytik spült die Mikroorganismen im Akkord – 50.000 Bakterien pro Sekunde – einzeln an einem Laserstrahl vorbei, der die hellsten Zellen einzeln in eine Mikrotiterplatte aussortiert. Dort wird jedes ausgewählte Bakterium vermehrt und weiter untersucht. Wie gut das Verfahren funktioniert, haben die Wissenschaftler bereits für die Entwicklung von Bakterienstämmen für die Aminosäureproduktion nachgewiesen. „Un-

sere Technologie wollen wir weiter etablieren und auf andere Produktionsorganismen übertragen, etwa für die Erzeugung industrieller Produkte wie Polymer-Vorstufen“, erklärt Binder. Die entsprechenden Biopolymere könnten erdölbasierte Produkte wie Plastiktüten ablösen.

MYXOBAKTERIEN GEGEN KREBS

Ein weiteres großes Ziel der Jülicher Kollegen ist es, die Technologie auf pharmazeutische Produkte auszuweiten: Dabei haben die Forscher krebshemmende Substanzen, sogenannte Cytostatika, im Blick, die von Mikroorganismen hergestellt werden. Vielversprechend in diesem Zusammenhang ist ein Stamm von Bodenbakterien. Diese Myxobakterien produzieren – in äußerst geringen Mengen – verschiedene Substanzen, die lebende Zellen abtöten können. Dazu gehört beispielsweise Epothilone B, ein Wirkstoff, der bereits seit einigen Jahren zur Behandlung von Brustkrebs eingesetzt wird. „Es gibt weitere vielversprechende Entwicklungen mit Myxobakterien, die aber nicht fortgesetzt werden konnten, weil der Wirkstoff für klinische

Studien nicht in ausreichender Menge hergestellt werden konnte“, erklärt Binder. Er und Schendzielorz setzen auf HTSR, das die produktivsten Myxobakterien zum Leuchten bringen soll und damit die Grundlage für die Entwicklung effektiverer Bakterienstämme legt.

Die zwei Biotechnologen haben sich viel vorgenommen. Neben den innovativen Ideen und der Freude am Forschen ist es die positive Resonanz aus der Industrie, die sie antreibt, neue Wege zu gehen. „Wir haben mit Unternehmen wie Bayer, Evonik und der BASF gesprochen – alle sind äußerst interessiert“, sagt Schendzielorz. Zum Herbst hin beziehen sie mit vier Mitarbeitern im Forschungszentrum Jülich neue Räumlichkeiten. Und dort werden sie als Arbeitsgruppe die Mikroorganismen so lange zum Leuchten bringen, bis ihr Prototyp marktreif ist. ::

Katja Lüers



Aus Gülle wertvollen Spezialdünger gewinnen statt sie mühsam zu entsorgen, das ist das Ziel einer internationalen Forschergruppe.

Goldgrube im Stall

Einen Schatz wollen Wissenschaftler und Ingenieure aus elf europäischen Institutionen gemeinsam heben. Ihr Suchgebiet: die Jauchegrube. Das Ziel: Dünger, maßgeschneidert, nachhaltig sowie umweltfreundlich. Jülicher Pflanzenforscher fahnden mit.

Seit über 8.000 Jahren, so schätzen Agrarhistoriker, werden sowohl menschliche als auch tierische Ausscheidungen genutzt, um eine reichere Ernte einzufahren. Doch das Vorgehen der früheren Kleinstbauern ist kein Vergleich zu den Dimensionen heutiger Massentierhaltung. Allein in der Europäischen Union fallen zurzeit jährlich mehr als eine Milliarde Tonnen Gülle an. Und nicht alles davon darf als Dünger auf die Felder verteilt werden. Den wertvollen Rohstoff einerseits verwerten – und Umweltlast andererseits vermeiden, das ist der Antrieb der Wissenschaftler, die ihr Projekt „ManureEcoMine“ getauft haben.

Ihr Ziel ist es, das Naturprodukt Gülle umweltfreundlicher und gezielter zu nutzen. Deshalb fördert die Europäische Union das Vorhaben in den kommenden drei Jahren mit 3,8 Millionen Euro.

RESTEVERWERTUNG

Momentan landet ein nicht unerheblicher Teil der anfallenden Gülle in Biogasanlagen und liefert Energie in Form von Biogas. Übrig bleibt dennoch ein sogenannter Gärrest, der ebenfalls als Dünger dient oder aber kostenintensiv entsorgt werden muss. „Alles was man oben reinfüttert, kommt am anderen Ende auch wieder heraus“, konstatiert



Dr. Nicolai David Jablonowski prüft, wie effektiv der neue Dünger das Pflanzenwachstum fördert.

Dr. Nicolai David Jablonowski vom Jülicher Institut für Bio- und Geowissenschaften, Bereich Pflanzenwissenschaften (IBG-2). Je nach Futtermittel variieren daher sowohl Gülle als auch Gärreste in ihrer chemischen Zusammensetzung erheblich. Gärreste mit einem hohen Phosphat- und Nitratgehalt entstehen zum Beispiel aus einer Mischung von vergorenen Getreidekörnern und Geflügelmist. Einen geringeren Anteil beider Pflanzennährstoffe produziert eine Biogasanlage, die mit Silomais und Rindergülle beschickt wurde.

Eine präzise auf die jeweiligen Nutzpflanzen abgestimmte Düngung ist deshalb bisher weder mit Gülle noch mit Gärresten möglich. Entweder zu viel oder zu wenig der wichtigen Pflanzennährstoffe wie Stickstoff, Phosphat oder Kalium landet auf dem Acker. Europäische Landwirte kaufen daher jährlich für rund 15,5 Milliarden Euro Kunstdünger zu, um die Ernten stabil zu halten. Die Forscher des Projekts „ManureEcoMine“ sind überzeugt, dass ein großer Teil des Kunstdüngers sowohl kosteneffektiv als auch umweltschonend durch die Nährstoffe aus der Gülle ersetzt werden kann. Dafür wollen sie die wertvollen Inhaltsstoffe zunächst aus der Gülle abtrennen und in einem zweiten Schritt neu kombinieren – je nach Einsatzfeld.

DÜNGER KOMPONIEREN

Mit Hilfe von biologischen, physikalischen und chemischen Prozessen soll dies gelingen. Vergärung, Zentrifugation und Ausfällung sind bekannte Verfahren, auf denen die Wissenschaftler aufbauen. „Wichtig ist es uns, eine nachhaltige Prozesskette zu etablieren“, betont Nicolai David Jablonowski. „Im Idealfall wird die Energie, die der Landwirt mit seiner Biogasanlage gewinnt, für die Nährstoffabtrennung aus der Gülle genutzt, und am Ende erhalten wir einen Sack Spezial-Dünger.“

In Pilotanlagen in den Niederlanden und Spanien wird zurzeit getestet, wie sich die gewünschten Bestandteile aus der Gülle abtrennen lassen. Im Anschluss komponiert der belgische Spezialbetrieb für Topferden Peltracom die einzelnen Wertstoffe zu verschiedenen Substratmischungen – die je nach Bedarf mit unterschiedlichen Mengen an Nährstoffen aus der Gülle versetzt werden. Diese werden dann in Jülich an Nutz- und Zier-



pflanzen wie Mais, Tomate oder Petunie getestet. Gleichzeitig muss sich der neue Dünger mit unbehandelter Gülle und Kunstdünger messen. Der Effekt der unterschiedlichen Düngemittel auf das ober- und unterirdische Pflanzenwachstum wird in der weltweit einzigartigen

Rhizotronanlage in Jülich detailliert untersucht. Hier wird das Pflanzenwachstum mit Kameras permanent aufgezeichnet und objektiv bewertet.

NATÜRLICHE RESSOURCEN NUTZEN

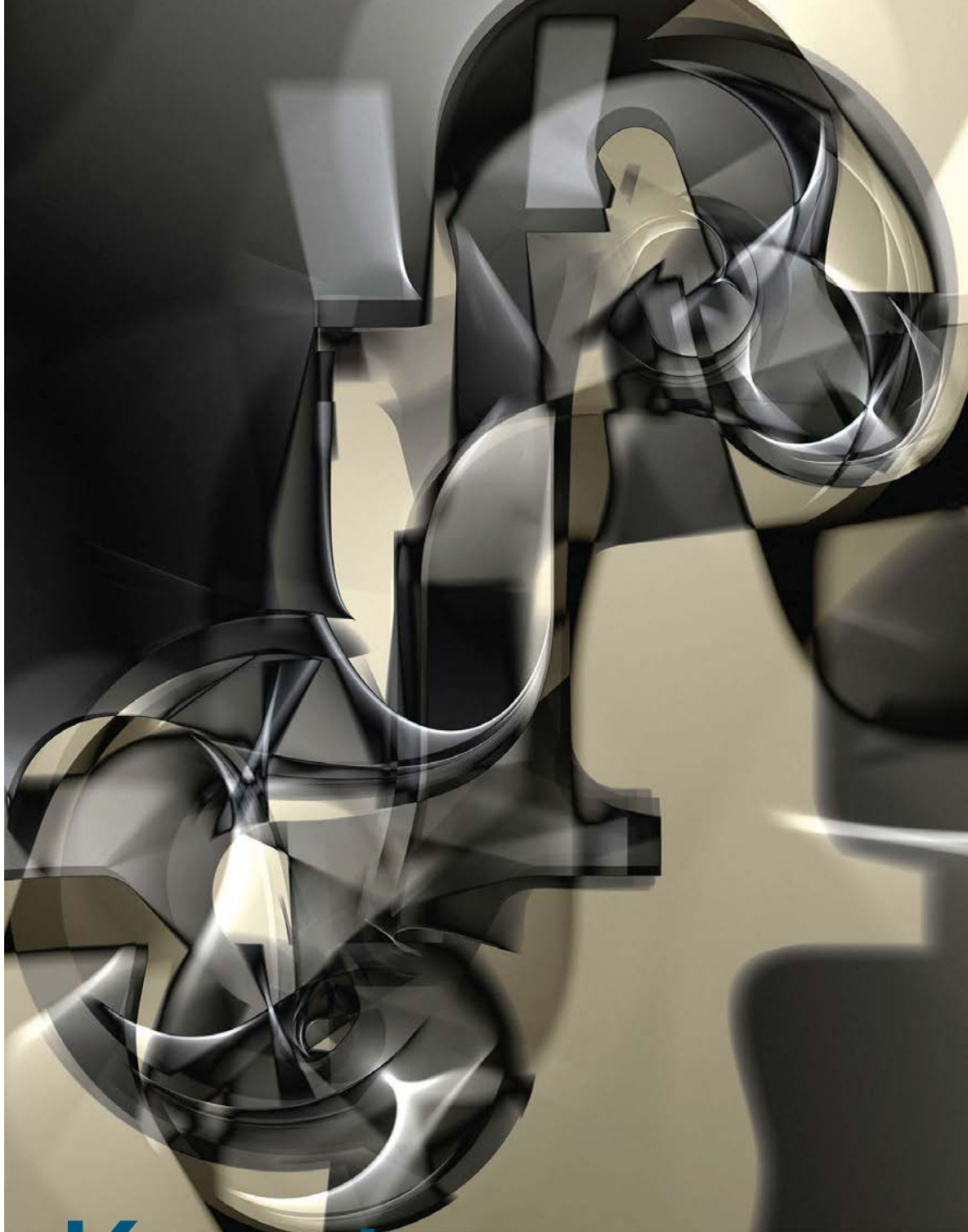
Koordiniert wird das Projekt von der belgischen Universität Gent. Prof. Dr. Siegfried Vlaeminck vom dortigen Laboratory of Microbial Ecology and Technology (LabMET) betont: „Wir werden während des gesamten Projekts ein besonderes Augenmerk auf die Wirtschaftlichkeit, aber auch auf die Umweltverträglichkeit und Ökobilanz legen.“ Selbstverständlich soll das Endprodukt auch frei von jedweden Schadstoffen wie Schwermetallen oder Arznei- oder Hormonrückständen sein. ::

Brigitte Stahl-Busse

Gülle im Überfluss



In der Europäischen Union fallen derzeit jährlich 1,27 Milliarden Tonnen Gülle pro Jahr an. Die EU-Nitratrichtlinie drosselt zum Schutz der Umwelt den Eintrag von Stickstoff auf 170 Kilogramm pro Hektar und Jahr. Bis Ende 2013 durften deutsche Landwirte unter bestimmten Voraussetzungen auf intensiv genutzten Grünlandflächen bis zu 230 Kilogramm Stickstoff pro Hektar Dünger tierischer Herkunft ausbringen. Damit ist jetzt Schluss. Die EU fordert vom Gesetzgeber eine Novellierung der deutschen Düngeverordnung. Dass dies dringend notwendig ist, zeigen steigende Nitratwerte im Grundwasser in Regionen mit intensiver Landwirtschaft. Das Umweltbundesamt stellt in einer aktuellen Stellungnahme fest, dass in Deutschlands ländlichen Gebieten zu viel Nitrat im Grundwasser ist. Derzeit zahlen die Verbraucher die Zeche, da die Wasserwerke in den betroffenen Gebieten unbelastetes Wasser beimischen müssen.



Kunst aus dem Supercomputer

Zeugnis ungewöhnlicher Teamarbeit sind Fotogramme, die derzeit im Museum für zeitgenössische Kunst (S.M.A.K.) im belgischen Gent zu sehen sind. Der Künstler Thomas Ruff hat dafür mit Forschern des Jülich Supercomputing Centre (JSC) zusammengearbeitet.



Der Künstler und seine Werke: Die Fotogramme von Thomas Ruff sind komplett am Computer entstanden.

Die Idee entstand vor einem knappen Jahr. Der international renommierte Künstler Thomas Ruff arbeitete an einer neuen Serie, den Fotogrammen. Ursprünglich sind das fotografische Bilder in Schwarz-Weiß, die ohne Kamera in der Dunkelkammer entstehen. Dabei werden Gegenstände auf lichtempfindlichem Papier arrangiert und belichtet. Durch Schattierungen entstehen spannende Motive. Ruff hat die Fotogramme in das digitale Zeitalter überführt: Seine Bilder entstanden in einer Art virtuellen Dunkelkammer am Computer.

„Im Gegensatz zur analogen Welt sind so auch farbige Fotogramme möglich, Gegenstände und Lichtquellen lassen sich viel schneller und einfacher verändern, und die Bilder sind nicht auf die Größe des Fotopapiers beschränkt“, erklärt der 56-Jährige. Seine Fotogramme kommen auf 2,20 Meter mal 1,64 Meter. Pro Bild sind das mindestens neun Gigabyte Daten. Da stoßen normale PCs an ihre Gren-

TERMINHINWEIS

Die in Jülich gerechneten Fotogramme von Thomas Ruff sind noch bis zum 24. August 2014 im S.M.A.K. zu sehen, ab September dann in Düsseldorf.

zen. „Irgendwann hat sich bei mir der Wunsch eingestellt, eines meiner Bilder auf dem Supercomputer zu rechnen“, sagt Ruff. Das Ziel: Fotogramme in noch besserer Auflösung und größtmöglicher Qualität. So entstand der Kontakt zum JSC. „Für uns waren die hohen Anforderungen an Datenhaltung, Datenraten und lokale Rechenleistung eine gute Gelegenheit, um wichtige Charakteristiken für das Design des Nachfolgerechners des JUROPA-Systems zu bestimmen“, sagt Prof. Thomas Lippert, Leiter des JSC, „und eine Chance, Menschen, die nicht zu unserer üblichen Klientel gehören, für High Performance Computing zu interessieren.“

Rund drei Monate haben Thomas Ruff und das JSC eng zusammengearbeitet. Von den Resultaten der insgesamt 20 Fotogramme ist der Künstler begeistert: „Die Verbesserungen alleine bei Kontrasten und den feinteiligen Strukturen sind außerordentlich.“ Für JUROPA waren die mindestens 18 Terabyte, die jetzt pro höher aufgelöstem Bild anfielen, kein Problem: Maximal 15 Stunden benötigte der Supercomputer für ein Bild. Ruffs Rechner hätte dafür mehr als ein Jahr gebraucht.

::

Christian Hohlfeld

IMPRESSUM

Forschen in Jülich Magazin des Forschungszentrums Jülich, ISSN 1433-7371 **Herausgeber:** Forschungszentrum Jülich GmbH | 52425 Jülich **Konzeption und Redaktion:** Annette Stettien, Dr. Barbara Schunk, Dr. Anne Rother (V.i.S.d.P.) **Autoren:** Dr. Frank Frick, Christian Hohlfeld, Katja Lüers, Christoph Mann, Tobias Schlößer, Dr. Barbara Schunk, Brigitte Stahl-Busse, Ilse Trautwein, Angela Wenzik, Erhard Zeiss **Grafik und Layout:** SeitenPlan GmbH, Corporate Publishing, Dortmund **Bildnachweis:** Deutsches Museum (16); Forschungszentrum Jülich (2, 3 m. u. re., 4 o. li., 5 o., 12 li. u. re., 14, 15 o., 18 li. u. re., 19 re., 20 u., 23 u.); Forschungszentrum Jülich/Sascha Kreklau (Titel, 3 li., 6, 7, 9-11); Justin Marshall (4 o. re.); Nature Methods/Sharon Grayer Wolf, Lothar Houben & Michael Elbaum (4 u.); SeitenPlan GmbH (8, 13); Stadt Bad Homburg (17 u.); VG Bild Kunst Bonn, 2014 (22, 23 o. li. u. o. re.); Jo Chambers (17 o.), fotoscool (24), hjschneider (21), Image Point Fr (15 u.), Lumir Jurka Lumis (5 u.), Symbiot (20 o.), alle Shutterstock.com **Kontakt:** Geschäftsbereich Unternehmenskommunikation | Tel.: 02461 61-4661 | Fax: 02461 61-4666 | E-Mail: info@fz-juelich.de **Druck:** Schloemer Gruppe GmbH **Auflage:** 6.000.





Holen Sie sich das Magazin aufs Tablet!

„Forschen in Jülich“ gibt es auch als App. Einfach mit dem Tablet den QR-Code scannen oder über unsere Internetseite aufrufen:
www.fz-juelich.de/app



**App
Store**
(iPad/iOS)



**Google
Play**
(Android)

Mitglied der: