



## Viel Luft nach oben

Wie der Verkehr in deutschen Städten schadstoffärmer werden kann

### REIZVOLL

Mit Magnetfeldern Schlaganfall therapieren

### SPIELERISCH

Virtuelle Welten in der Forschung

### SCHÄDLICH

Folgen des Klimawandels für den Windstrom



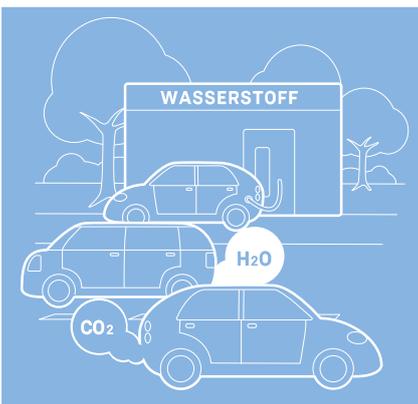
↑

## Schmucke Idee

Orange, lila, türkis, rot – über 50 Flaschen Nagellack hortet Markus Cremer in seiner Schublade. Alles im Dienst der Forschung, konkret: der Hirnforschung. Cremer und seine Kollegen am Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM-1) verkleben damit Glasplatten, zwischen denen ein hauchdünner Hirnschnitt steckt. So fixiert lassen sich in dem Hirnschnitt mithilfe von Licht die Strukturen der Nervenfasern sichtbar machen. „Wir haben viel ausprobiert. Nagellack ist einfach am besten, um zwei Platten zusammenzukleben. Er trocknet schnell, hält gut, lässt sich leicht wieder entfernen – und ein Pinsel zum Auftragen ist auch immer dabei“, sagt Cremer.

NACHRICHTEN

5

TITELTHEMA**Dicke Luft  
in der Stadt**

Katalysator, sauberer Sprit und neue Infrastruktur – woran Forscher arbeiten, um die Luftqualität in Städten zu verbessern.

8

FORSCHUNG**Windstrom im  
Wandel**

In der Zukunft könnte über Europa ein anderer Wind wehen: mögliche Folgen des Klimawandels auf die Energieversorgung.

16

**Vulkane als  
Klimafaktor**

Jahreszeit und Standort bestimmen die globalen Auswirkungen von Vulkanausbrüchen.

18

**Ein Paradies  
für Gamer**

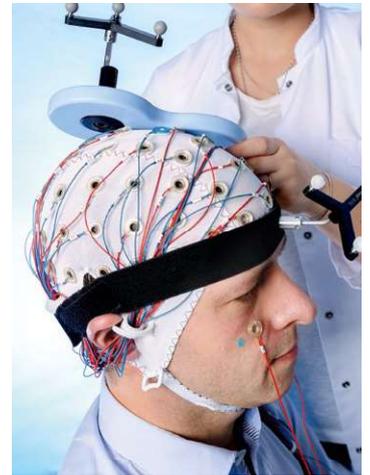
Wie Virtuelle Realität die Forschung voranbringt.

22

**Neuer Schwung für  
„altes Eisen“**

Forscher enträtseln Ladeprozesse bei Eisen-Luft-Batterie.

25

**Magnetische Hilfe  
fürs Hirn**

Wie Schlaganfallpatienten künftig behandelt werden könnten.

26

RUBRIKEN**Aus der Redaktion**

4

**Impressum**

4

**Woran forschen  
Sie gerade?**

21

**2,2 plus**

30

**Gefällt uns**

31

**Forschung in einem  
Tweet**

32

# Die Luft wird dünner für den Diesel

Noch mehr drin!

Jetzt das Online-Magazin lesen



Mal ehrlich, würden Sie jetzt ein Dieselauto kaufen? Abgasskandal, ungeklärte Nachrüstung, drohende Fahrverbote, Wertverfall – die Liste der Gegenargumente ist beachtlich. Da überrascht es nicht, dass sich die Nachbarin von gegenüber für einen Benziner entschieden hat. Wie viele andere auch: Im Januar 2018 wurden fast 18 Prozent weniger Dieselautos zugelassen als im Jahr zuvor. Autobauer Toyota hat dem Dieselauto bereits Lebewohl gesagt, der französische PSA-Konzern wartet noch ab. VW glaubt dagegen an eine baldige Renaissance – weil die EU nicht auf den Diesel verzichten könne, um die CO<sub>2</sub>-Ziele zu erreichen.

Wir haben den Blick in die Glaskugel gewagt und überlegt, wie sich das mit der dicken Luft in Städten entwickeln könnte. Jülicher Forscher verfolgen verschiedene Ansätze, um Mobilität bei sauberer Luft zu ermöglichen – von einem neuen Dieselmotor über alternative Kraftstoffe bis zur Frage, ob wir uns Elektromobilität leisten können und sollten. Mehr erfahren Sie in unserer Titelgeschichte.

↑ Die effzett können Sie auf allen Endgeräten lesen – vom Smartphone bis zum PC. Einfach online aufrufen: [effzett.fz-juelich.de](http://effzett.fz-juelich.de)

Auch andere Beiträge schauen in die Zukunft: etwa auf die Behandlung von Schlaganfallpatienten mit Magnetfeldern oder darauf, wie sich der Klimawandel auf die Erzeugung von Windstrom auswirken könnte.

Viel Vergnügen beim Lesen wünscht

Ihre effzett-Redaktion

## Impressum

**effzett** Magazin des Forschungszentrums Jülich, ISSN 1433-7371

**Herausgeber:** Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich

**Konzeption und Redaktion:** Annette Stettin, Dr. Barbara Schunk, Christian Hohlfeld, Dr. Anne Rother (Vi.S.d.P.)

**Autoren:** Marcel Bülow, Dr. Frank Frick, Christian Hohlfeld, Katja Lüers, Dr. Regine Panknin, Dr. Arndt Reuning, Tobias Schlößer, Dr. Barbara Schunk, Brigitte Stahl-Busse, Dr. Janine van Ackeren, Angela Wenzik, Erhard Zeiss

**Grafik und Layout:** SeitenPlan GmbH, Corporate Publishing Dortmund

**Bildnachweise:** Forschungszentrum Jülich/Sascha Kreklau (3 li. u., 7, 16, 21, 28), Forschungszentrum Jülich/Ralf-Uwe Limbach (2, 3 Mitte u., 19 o., 22 Mitte groß, 24 o., 25 u., 32), CLIPAREA | Custom media Shutterstock.com/Forschungszentrum Jülich/Jens Henrik Göbbert/SeitenPlan (22 o. klein), Halophytoman: AGYA/Tyasseta & Siloy (31 re.), Institut für

Technische Verbrennung (RWTH), Mathis Bode (Simulationsdaten); Forschungszentrum Jülich/Sonja Habbinga (Visualisierung) (22 u. klein, 22-24 Hintergrund), NASA (Public Domain) (20 o.), Olikristinn (3 Mitte o.), SeitenPlan (Illustrationen) (18-20 u., 25 o.), Stiftung Haus der kleinen Forscher, [www.meine-forscherwelt.de](http://www.meine-forscherwelt.de) (31 li.), Bernd Struckmeyer (Illustrationen) (3 li. o., 8-15), TU München/W. Schürman (6 li.), Universitätsklinik Köln/Christian Wittke (3 re., 26-27), University of Leicester/Forschungszentrum Jülich (6 re.), alle im Folgenden genannten Motive sind von Shutterstock.com: Juergen Faelchle (Montage: SeitenPlan) (Titel), Have a nice day Photo (5 o.), Jan Kranendonk (30), Phonlamai Photo (5 u.), Skumer (4)

**Kontakt:** Geschäftsbereich Unternehmenskommunikation, Tel.: 02461 61-4661, Fax: 02461 61-4666, E-Mail: [info@fz-juelich.de](mailto:info@fz-juelich.de)

**Druck:** Schloemer Gruppe GmbH

**Auflage:** 6.000



Print  kompensiert   
Is-No. 187264  
www.bvcm-online.de

grün  gedruckt.de®

ELEKTRONISCHE SYSTEME

## Bewegungsmelder

Bewegungsabläufe von Sportlern und Patienten hochpräzise erfassen – eine von Jülicher Experten entwickelte Technologie macht es möglich. Das Neue daran: Mithilfe von hochfrequenten Funksignalen lassen sich Bewegungen im Millisekundentakt und auf den Millimeter genau bestimmen. Das System könnte medizinische Diagnostik und Rehabilitation verbessern oder auch Roboter steuern.

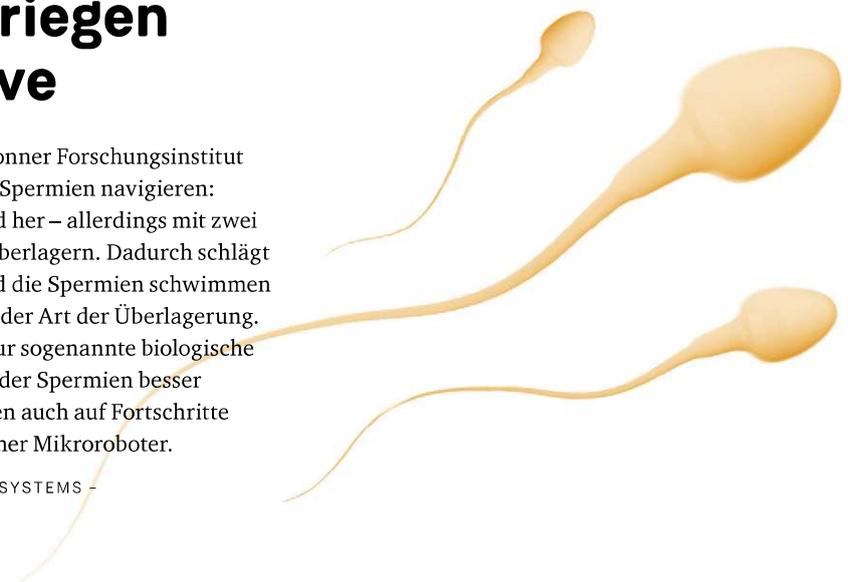
- ZENTRALINSTITUT FÜR ENGINEERING, ELEKTRONIK UND ANALYTIK -

BIOPHYSIK

## Spermien kriegen die Kurve

Wissenschaftler aus Jülich und dem Bonner Forschungsinstitut Caesar haben herausgefunden, wie Spermien navigieren: Der Spermischwanz schwingt hin und her – allerdings mit zwei unterschiedlichen Frequenzen, die sich überlagern. Dadurch schlägt der Schwanz vermehrt zu einer Seite, und die Spermien schwimmen auf gekrümmten Bahnen, abhängig von der Art der Überlagerung. Mit den Ergebnissen lassen sich nicht nur sogenannte biologische Mikroschwimmer wie Bakterien oder Spermien besser verstehen – die Wissenschaftler hoffen auch auf Fortschritte bei der Entwicklung synthetischer Mikroroboter.

- INSTITUTE OF COMPLEX SYSTEMS -

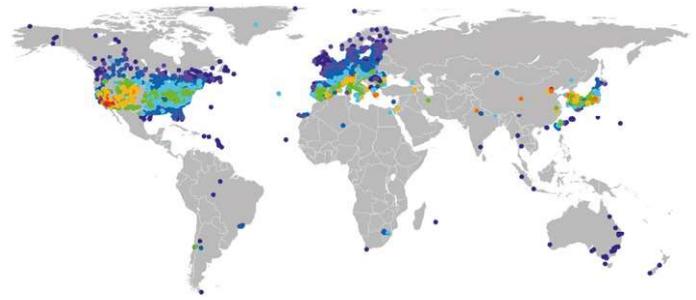


## NEUTRONENFORSCHUNG

## Von der Biotinte zum Organ

Eine neue „Biotinte“ für 3D-Drucker eignet sich besonders gut für die Anfertigung von Strukturen, auf denen sich Knorpelmasse, Nervenbahnen, Hautpartien oder ganze Organe züchten lassen. Die Biotinte besteht aus einem biokompatiblen Polymer sowie Wasser – und verdankt ihre Eigenschaften offenbar einer schwammartigen Nanostruktur, stellten Jülicher Neutronenforscher bei ihren Untersuchungen in der Neutronen-Kleinwinkelstreuanlage (Bild) in der Jülicher Außenstelle in Garching fest. Würzburger Wissenschaftler haben die Tinte entwickelt.

- JÜLICH CENTRE FOR NEUTRON SCIENCE -



# 4.800

## Messstationen ...

... aus aller Welt haben Daten für eine neue Studie zur Ozonkonzentration in Bodennähe beigesteuert. Das Ergebnis: In Europa und Nordamerika ging die mittlere Konzentration in den letzten 15 Jahren zurück, in einigen Regionen Ostasiens nahm sie zu. Den Anstieg in den ostasiatischen Ländern führen die Autoren der Studie auf deren wirtschaftlichen Aufschwung und damit verbundene Emissionen zurück. Als Datenbasis für die Studie diente das weltweit größte Datenarchiv zur Luftqualität, das Jülicher Experten im Herbst 2017 eingerichtet haben. Es umfasst insgesamt Daten von über 9.000 Ozon-Messstationen.

- INSTITUT FÜR ENERGIE- UND KLIMAFORSCHUNG/  
JÜLICH SUPERCOMPUTING CENTRE -

## Lichtschalter für Nervenzellen

Jülicher Wissenschaftler haben gemeinsam mit einem internationalen Team die molekulare Struktur des lichtempfindlichen Eiweißes Channelrhodopsin II entschlüsselt. Es ist eines der sogenannten Lichtschalter-Proteine: Eingebaut in Nervenzellen kann es die Zellen durch Licht gezielt an- und ausschalten. Das soll helfen, neurodegenerative Krankheiten präziser zu analysieren und so mögliche Heilmethoden zu entwickeln. Erst wenn auch die Struktur des Moleküls bekannt ist, lässt sich das Schalten verstehen und dann auch an andere Erfordernisse anpassen.

- INSTITUTE OF COMPLEX SYSTEMS -



NACHGEFRAGT

## Boost für JURECA

Die Erweiterung des Jülicher Supercomputers JURECA verdreifacht seine Rechenleistung auf 7,2 Petaflop. Dies macht JURECA zu einem der schnellsten Supercomputer Europas. Dr. Estela Suarez vom Jülich Supercomputing Centre leitet die DEEP-Projekte, in denen das Konzept entwickelt wurde.

### Was ist das Besondere an JURECA?

Seine innovative modulare Architektur: Sie vereinigt zwei unterschiedliche Rechnertypen – Cluster und Booster. Das wirkt ähnlich wie ein Turbolader auf einen Verbrennungsmotor: Leistung und Effizienz steigen.

### Wie funktioniert das?

Das Booster-Modul beschleunigt die Rechnungen auf dem Cluster-Modul. Das gelingt durch Arbeitsteilung: Komplexe Berechnungen führt das Cluster-Modul aus. Programmteile, die in viele kleine, einfache Aufgaben geteilt werden können, übernimmt das Booster-Modul.

### Wer profitiert von diesen Vorteilen?

Diese Architektur ist speziell auf wissenschaftliche Simulationen zugeschnitten – etwa in der Hirn- und Klimaforschung.

DIE FRAGEN STELLTE REGINE PANKNIN.

## AUSGEZEICHNET

Der Direktor des Jülicher Ernst Ruska-Centrums, Prof. Rafal Dunin-Borkowski, hat einen „Proof of Concept“ Grant des Europäischen Forschungsrates erhalten. Mit dem Preisgeld in Höhe von 150.000 Euro baut er eine offene Software-Plattform auf, um die großen Datenmengen auszuwerten, die bei neuen Methoden in der Elektronenmikroskopie anfallen.

## INNOVATIV

Der Elektrotechniker Dr. Bugra Turan hat den mit 50.000 Euro dotierten Innovationspreis des Landes Nordrhein-Westfalen in der Kategorie „Nachwuchs“ gewonnen. Er erhält den Preis für ein flexibles und praktisch anwendbares Design für die künstliche Photosynthese, das er am Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung entwickelt hatte.

## VIELZITIERT

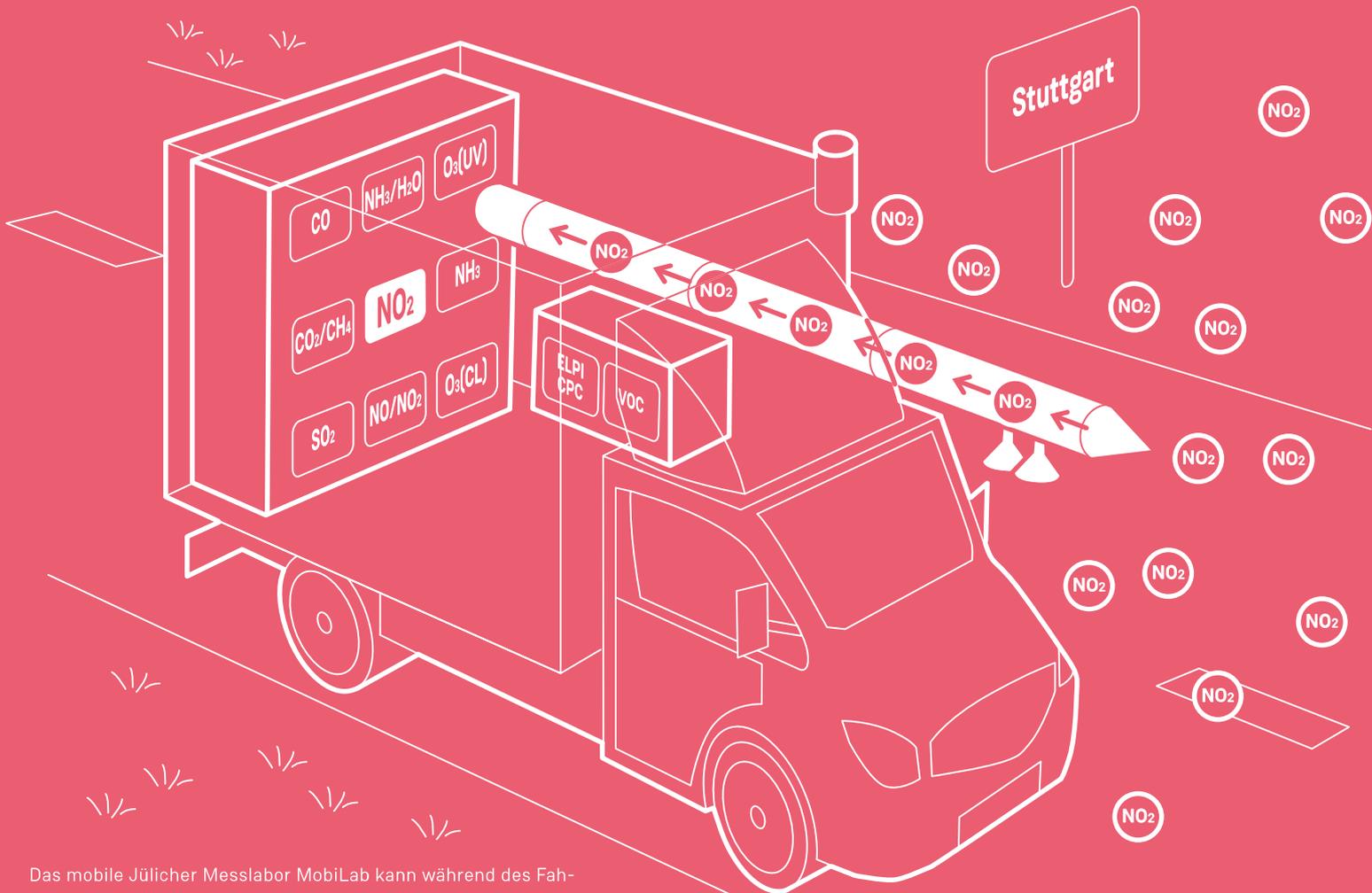
Fünf Jülicher Wissenschaftler gehören laut der Analyseplattform „Web of Science“ zu den am meisten zitierten Autoren ihrer Fachgebiete: die beiden Neurowissenschaftler Prof. Simon Eickhoff und Prof. Karl Zilles, der Pflanzenforscher Prof. Björn Usadel, Dr. Martin Schultz vom Jülich Supercomputing Centre und der Batterieforscher Prof. Martin Winter.

# Dicke Luft in der Stadt

Stickoxide und Feinstaub rauben in vielen Ballungszentren den Menschen den Atem. Ein Großteil der Schadstoffe stammt aus dem Straßenverkehr.

Was lässt sich tun gegen dicke Luft in der Stadt? In der „deutschen Feinstaub-Hauptstadt“ begeben wir uns auf eine Zeitreise.

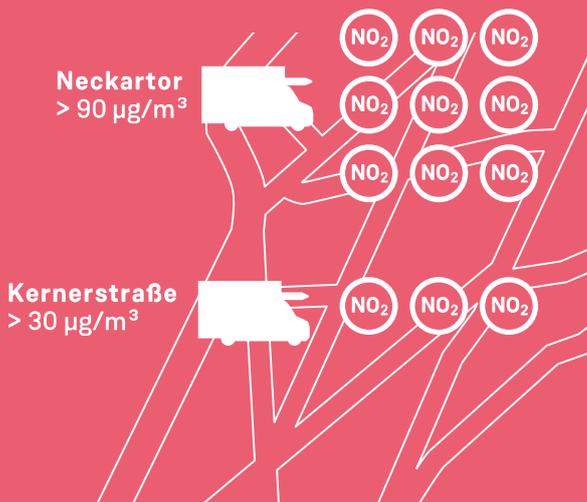
Sie beginnt in der Vergangenheit.



Das mobile Jülicher Messlabor MobiLab kann während des Fahrens zahlreiche Luftschadstoffe messen, unter anderem Stickoxide, Feinstaubpartikel, Schwefeldioxid und Ozon. Die Forscher ermitteln so im Sekundentakt und räumlich hochaufgelöst, wie Luftschadstoffe in Städten verteilt sind und wer sie verursacht.



Mehr zum MobiLab hören unter:  
[effzett.fz-juelich.de](http://effzett.fz-juelich.de)



**D**er morgendliche Berufsverkehr schiebt sich zäh auf der Bundesstraße 14 in Richtung Innenstadt. Dr. Robert Wegener sitzt hinter dem Steuer eines silberfarbenen Kleinlasters. Hinter einer lang gestreckten S-Kurve deutet er auf einen grauen Kasten, etwa doppelt so groß wie ein Kleiderschrank. „Das ist die Messstation am Neckartor“, sagt der Wissenschaftler vom Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-8). „Wir befinden uns an Deutschlands schmutzigster Straßenkreuzung. Stickoxide erreichen hier regelmäßig Höchstwerte.“

Die Messstation gehört zu einem Netz von rund zehn fest installierten Anlagen, die die Luftqualität im Stuttgarter Stadtgebiet überwachen. Neben Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) registrieren sie auch Feinstaub. Dessen Konzentrationen liegen dort ebenfalls regelmäßig über den zulässigen Grenzwerten. Dass Stuttgart die Liste der deutschen Städte mit der schmutzigsten Luft anführt, liegt auch an der Kessellage der schwäbischen Metropole. Bei ungünstigem Wetter legen sich die Schadstoffe wie eine Dunstglocke über die Stadt.

In anderen deutschen Großstädten sieht es ähnlich schlecht aus mit der Luftqualität: 70 Kommunen haben 2017 laut Umweltbundesamt den EU-Grenzwert für Stickstoffdioxid überschritten. „Luftschadstoffe in Innenstädten sind ein Problem, das schon seit Jahrzehnten besteht. Bei den Stickoxiden gibt es zwar einen leichten Abwärtstrend, aber insgesamt sind die Konzentrationen immer noch deutlich zu hoch“, sagt Robert Wegener. Der Straßenverkehr stellt eine der Hauptquellen

# 2017

Stuttgart. In der Mitte der Stadt klappt eine tiefe Baugrube. Der Umbau des Hauptbahnhofs kommt langsam voran. Mehrfach wird in diesem Jahr Feinstaubalarm ausgerufen. Die Stadt bittet die Bürgerinnen und Bürger, in dieser Zeit freiwillig auf das Auto zu verzichten. Die Resonanz darauf fällt bescheiden aus – es drohen Fahrverbote.

für die Luftschadstoffe dar: laut Umweltbundesamt wurden 2016 fast 40 Prozent der Stickoxid-Emissionen durch ihn verursacht. Der Großteil stammt aus Dieselmotoren. Feinstaub entsteht ebenfalls beim Verbrennen von Treibstoff, aber auch durch den Abrieb von Reifen und Bremsbelägen.

Der Kleinlaster hat mittlerweile die Messstation Neckartor hinter sich gelassen und folgt der B 14 Richtung Süden zum Charlottenplatz. An Bord befindet sich ein mobiles Labor, MobiLab. Während der Fahrt misst es im Sekundentakt die Konzentrationen von gut einem Dutzend Luftschadstoffen: neben Stickoxiden und Feinstaub zum Beispiel auch Ozon, Schwefeldioxid und Kohlenwasserstoffe.

Im Vergleich zu den fest installierten Messstationen bietet das MobiLab einen wichtigen Vorteil: „Wir messen nicht nur an einem einzigen Punkt, sondern fahren durch die Straßen und ermitteln die lokalen Schadstoffwerte. Dabei sehen wir, dass sich die Belastung nicht gleichmäßig verteilt. Auf der Bundesstraße registrieren wir hohe Werte, bis zu 180 Mikrogramm NO<sub>2</sub> pro Kubikmeter Luft. Aber wenn wir nur wenige Meter weiter ins Wohngebiet fahren, sind die Werte schon deutlich geringer. Sie können dann bis auf ein Zwanzigstel absinken. Das ist natürlich für die Anwohner von großem Interesse“, erklärt der Jülicher Chemiker.

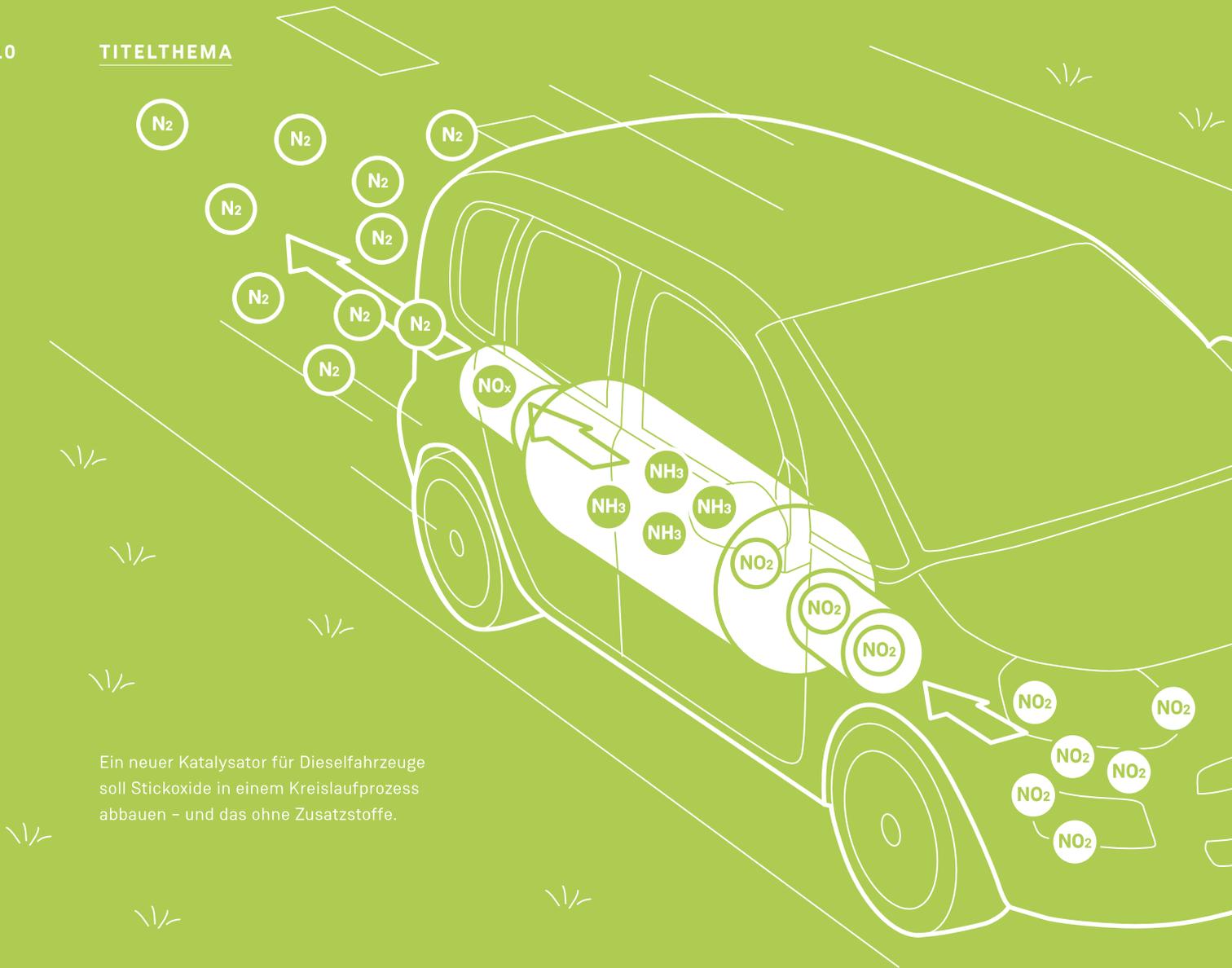
Denn dauerhaft hohe Werte wie direkt an der B 14 belasten die Gesundheit der Anwohner. Daher bemühen sich viele Kommunen, die Luftqualität in den Innenstädten zu verbessern. Die räumlich und zeitlich hochaufgelösten Messwerte der Jülicher Forscher helfen dabei. Sie fließen in ein Computermodell ein, das Stadtplaner nutzen können, um Strategien für die Luftreinhaltung zu entwickeln. Denn eine Patentlösung zur Reduktion von Stickoxiden und Feinstaub hat noch keine Stadt gefunden.

## Vorsicht, Nebenwirkungen!

Diesel-Fahrverbote verringern zwar die NO<sub>2</sub>-Emissionen, können aber die Menge an bodennahem Ozon erhöhen. Ozon reizt die Atemwege. Erhöhte Werte sind vor allem für vorbelastete Personen wie Asthmatiker problematisch.



Mehr dazu in der Online-Ausgabe unter:  
[effzett.fz-juelich.de](http://effzett.fz-juelich.de)

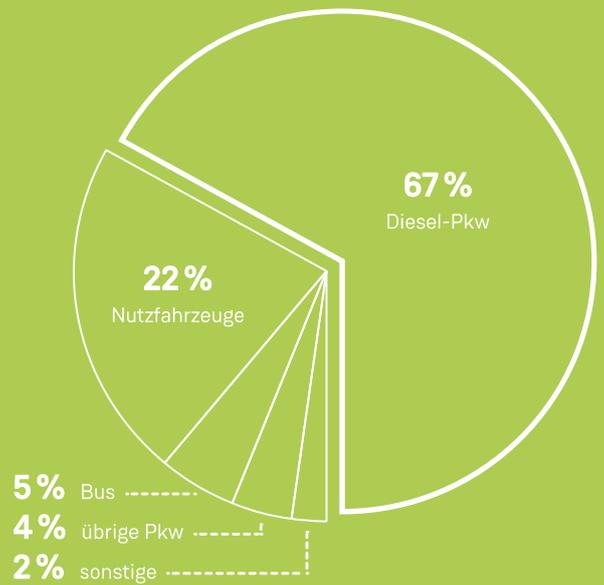


Ein neuer Katalysator für Dieselfahrzeuge soll Stickoxide in einem Kreislaufprozess abbauen – und das ohne Zusatzstoffe.

**D**r. Jürgen Dornseiffer arbeitet daran, so einen Katalysator Wirklichkeit werden zu lassen. „Mit einer ganzen Reihe von Kooperationspartnern entwickle ich ein System zur Abgasnachbehandlung, das das Stickoxidproblem bei Diesel-Pkw beseitigen soll“, sagt der Chemiker vom Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-1).

Stickoxide entstehen bei der Verbrennung von Treibstoff. Dass Dieselmotoren mehr Stickoxide ausstoßen als Benziner, liegt an ihrer Betriebsweise: Im Gegensatz zum Ottomotor arbeiten sie im Magerbetrieb – verbrennen den Treibstoff also mit einem Überschuss an Luft. Das führt zu einem hohen Sauerstoffgehalt im Abgas, der verhindert, dass sich gebildete Stickoxide durch einen Katalysator direkt in harmlosen Stickstoff zurückverwandeln lassen. Das gelingt nur mit Hilfsstoffen, die dem Abgas zugeführt werden müssen, wie beispielsweise Harnstoff-Lösung, sogenanntes AdBlue. Trotzdem überschreiten im Straßenverkehr selbst viele Dieselaautos mit neuesten Katalysatoren regelmäßig den jeweiligen Grenzwert. Das liegt nicht nur an der Technik: Im Dieselskandal wurde aufgedeckt, dass einige Autohersteller ihre Fahrzeuge so manipuliert hatten, dass sie die Grenzwerte nur auf dem Prüfstand einhalten.

### Quellen für Stickoxide im Verkehrssektor 2016



Quelle: Umweltbundesamt

# 2023

Der Umbau des Bahnhofs macht Fortschritte. Wenn der Wind die Schadstoffe nicht aus dem Stuttgarter Kessel bläst, verhängt die Stadt Fahrverbote. Die Luft am Neckartor lässt sich wieder atmen. Auch in der restlichen Innenstadt sind die Durchschnittswerte für Stickoxide leicht zurückgegangen. Das liegt auch daran, dass immer weniger ältere Diesel-Pkw auf Stuttgarter Straßen unterwegs sind. Die Neuwagen halten durch neue wirkungsvolle Katalysatoren die Emissionsgrenzwerte ein.



Das soll sich ändern. Industrie und Wissenschaft arbeiten derzeit daran, die bestehende Technik geschickt zu verbessern. Sie entwickeln aber auch neue Ansätze wie etwa den von Jürgen Dornseiffer. Sein Katalysator gleicht einer kleinen Chemiefabrik: Ein spezielles Keramikmaterial speichert zunächst die Stickoxide aus dem Motor. Dann wandelt das System sie während des laufenden Betriebs in das Gas Ammoniak um. Auch diese Verbindung wird zwischengespeichert. In der nächsten Betriebsphase reagiert das Ammoniak mit den Stickoxiden zu harmlosem Stickstoff und Wasser. Ist das Ammoniak aufgebraucht, beginnt der Kreisprozess wieder von vorne bei der Speicherung der Stickoxide.

Bisherige Katalysatoren für Dieselfahrzeuge benötigen entweder einen zweiten Tank für den Harnstoff. Oder sie müssen regelmäßig gereinigt werden, wenn der interne Speicher mit  $\text{NO}_x$  gefüllt ist. Hierfür wird zusätzlicher Treibstoff in den Motor eingespritzt, damit im Abgas genügend Hilfsstoffe wie etwa Wasserstoff verfügbar sind. Sie helfen, die Stickoxide umzuwandeln. Das treibt jedoch den Kraftstoffverbrauch in die Höhe. Das Jülicher Verfahren schont also nicht nur die Umwelt, sondern macht sich auch im Geldbeutel der Autofahrer positiv bemerkbar, argumentiert Dornseiffer: „Es verbraucht weniger Sprit, weil der Katalysator nicht regelmäßig gereinigt werden

muss. Beziehungsweise: Es braucht weniger Harnstofflösung, vielleicht sogar gar keine. Das hängt von der Motorgröße ab.“

An der Entwicklung sind nicht nur Forschungsinstitute beteiligt, sondern Partner aus der kompletten Wertschöpfungskette: Rohstofflieferanten, Vertreter der Katalysatorindustrie und zwei Automobilhersteller. Am Ende des Projektes im Jahr 2020 dürften die ersten Prototypen stehen, schätzt Dornseiffer. Und dann könnten die fertigen Produkte zwei oder drei Jahre später bereits auf den Markt kommen.

Eine effiziente Katalysatortechnik sei die wirkungsvollste Maßnahme, um den Ausstoß von Stickoxiden aus Dieselmotoren zeitnah zu senken, sagt er. Langfristig würden sich in vielen Bereichen Elektromotoren durchsetzen. Aber der Übergang zum Batterieantrieb lasse sich nicht von heute auf morgen verwirklichen: „Und im Bereich der Nutzfahrzeuge werden wir weiterhin auf absehbare Zeit auf den Verbrennungsmotor angewiesen sein. Ich kann mir nicht vorstellen, dass ein Vierzigtonner mit einer 20-Tonnen-Batterie herumfährt.“

# 2030

Der neue Durchgangsbahnhof ist in Betrieb genommen worden. Der Nahverkehr fließt dadurch reibungsloser; viele Pendler lassen das Auto in der Garage stehen. Entsprechend haben die Stadtbahnen ihre Kapazitäten erweitert. Aber nicht nur das: Ein Teil der Busflotte fährt inzwischen mit Strom aus erneuerbaren Quellen – mit spürbaren Folgen für die Stadtbewohner, denn der Lärmpegel auf den Straßen ist entsprechend gesunken.

Auch die Antriebsarten bei den Autos sind vielfältiger geworden: Elektrofahrzeuge mit Batterien oder Brennstoffzellen sind unterwegs, aber auch immer mehr Pkw, die mit Erdgas oder synthetischen Kraftstoffen angetrieben werden.

Eine Alternative zu fossilen Treibstoffen bieten flüssige synthetische Kraftstoffe. Im Idealfall basieren sie auf Kohlendioxid, das aus Industrieabgasen abgetrennt oder nachhaltig erzeugt wird. Zusammen mit Wasserstoff – regenerativ aus Wasser hergestellt – lassen sich daraus verschiedene Treibstoffe produzieren.



**A**uf dem Weg zum umweltfreundlicheren Sprit sind Forscher schon heute. „Möchte man den Dieselantrieb sauberer machen, kann man beim Motor ansetzen. Eine andere Möglichkeit sind alternative Kraftstoffe“, erklärt Prof. Ralf Peters vom Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-3). „Die haben wir im Fokus: Wir schauen uns nach maßgeschneiderten synthetischen Ersatzverbindungen um, die sehr viel sauberer als etwa Diesel verbrennen: Sie bilden deutlich weniger Rußpartikel, also Feinstaub. Man kann sich dann bei den Motoreinstellungen voll darauf konzentrieren, die Menge der Stickoxide im Abgas zu reduzieren.“

Denn wer den Schadstoffausstoß von Dieselfahrzeugen alleine über die Motoreinstellungen reduzieren will, befindet sich in einer Zwickmühle, sagt Ralf Peters: „Geht der Feinstaub runter, gehen die Stickoxide hoch – und umgekehrt.“ Die Stickoxide entstehen bei den üblicherweise hohen Verbrennungstemperaturen im Dieselmotor. Senkt man die Temperatur etwa durch eine teilweise Abgasrückführung, bilden sich zwar weniger Stickoxide. Aber dafür nimmt die Menge der Rußpartikel zu.

Als saubere Designer-Treibstoffe für Dieselmotoren kommen vor allem Substanzen wie Alkohole und Ether in Frage, die selbst schon Sauerstoff enthalten. Der verhindert, dass sich der Kohlenstoff im Inneren der Kraftstoff-Tröpfchen zu festen Rußpartikeln zusammenlagert. Als vielversprechend gilt Methanol, der einfachste aller Alkohole – entweder direkt als Treibstoff oder als Vorstufe für andere synthetische Treibstoffe wie etwa Dimethylether (DME), Oxymethylenether (OME) oder Fischer-Tropsch-Produkte.

„Einen optimalen Kraftstoff gibt es allerdings noch nicht. Welcher Kandidat das Rennen macht, lässt sich schwer vorhersagen. Zum einen spielen die Herstellungsprozesse und -kosten eine große Rolle, zum anderen die CO<sub>2</sub>-Bilanzen der verschiedenen Treibstoffe. Denn auch bei synthetischen Treibstoffen wird bei der Verbrennung CO<sub>2</sub> freigesetzt“, gibt Peters zu bedenken, der mit seinem Team vor allem die Herstellungsprozesse verschiedener Kraftstoffe vergleicht.

Daher soll die Synthese möglichst nachhaltig sein, angefangen bei den Ausgangssubstanzen über die verschiedenen Prozessschritte bis hin zur notwendigen Energie. „Dann profitiert nicht nur die Luftqualität von der saubereren Verbrennung im Dieselmotor, sondern auch das Klima“, fasst Peters zusammen. Eine Möglichkeit ist beispielsweise, Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen – mit überschüssigem Strom aus Windenergie- und Solaranlagen. Der so gewonnene Energieträger Wasserstoff lässt sich mit CO<sub>2</sub> aus industriellen Abgasen oder Kraftwerken zu den Treibstoffen umsetzen.

Genau diesen Ansatz verfolgen Jülicher Forscher mit Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft im Kopernikus-Projekt

„Power-to-X“ (P2X): Zeitweise nicht abgerufener Strom aus erneuerbaren Energien – „Power“ – soll genutzt werden, um verschiedene Produkte – „X“ – zu erzeugen, wie etwa Wasserstoff als Energieträger, chemische Grundstoffe oder eben alternative Treibstoffe. Konkret entwickeln die Projektpartner einen Weg, um OME nachhaltig zu produzieren. In geringen Mengen wird OME bereits heute aus einem Gemisch aus Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff, dem Synthesegas, hergestellt. Im „P2X“-Projekt arbeiten mehrere Jülicher Institute mit Industriepartnern daran, dieses Synthesegas nachhaltig in nur einem Prozessschritt zu erzeugen. Partner vom Karlsruher Institut für Technologie und der RWTH Aachen sowie aus der Industrie setzen das Synthesegas dann zu OME oder verbesserten Otto-, Dieselmotoren und Kerosin um.

Prof. Rüdiger-A. Eichel vom Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-9), einer der drei Koordinatoren von „P2X“, ist überzeugt: „Power-to-X wird in Zukunft in allen Lebensbereichen eine Rolle spielen, auch in der Mobilität. So wie Otto- und Dieselmotor koexistieren, wird die Mobilität in Zukunft vielfältig sein und angewiesen auf Batterien, Brennstoffzellen und nachhaltig erzeugte alternative Treibstoffe.“

## Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in der Stadt



Stadtbegrünung



Regulation der Verkehrsflüsse



Elektrobusse



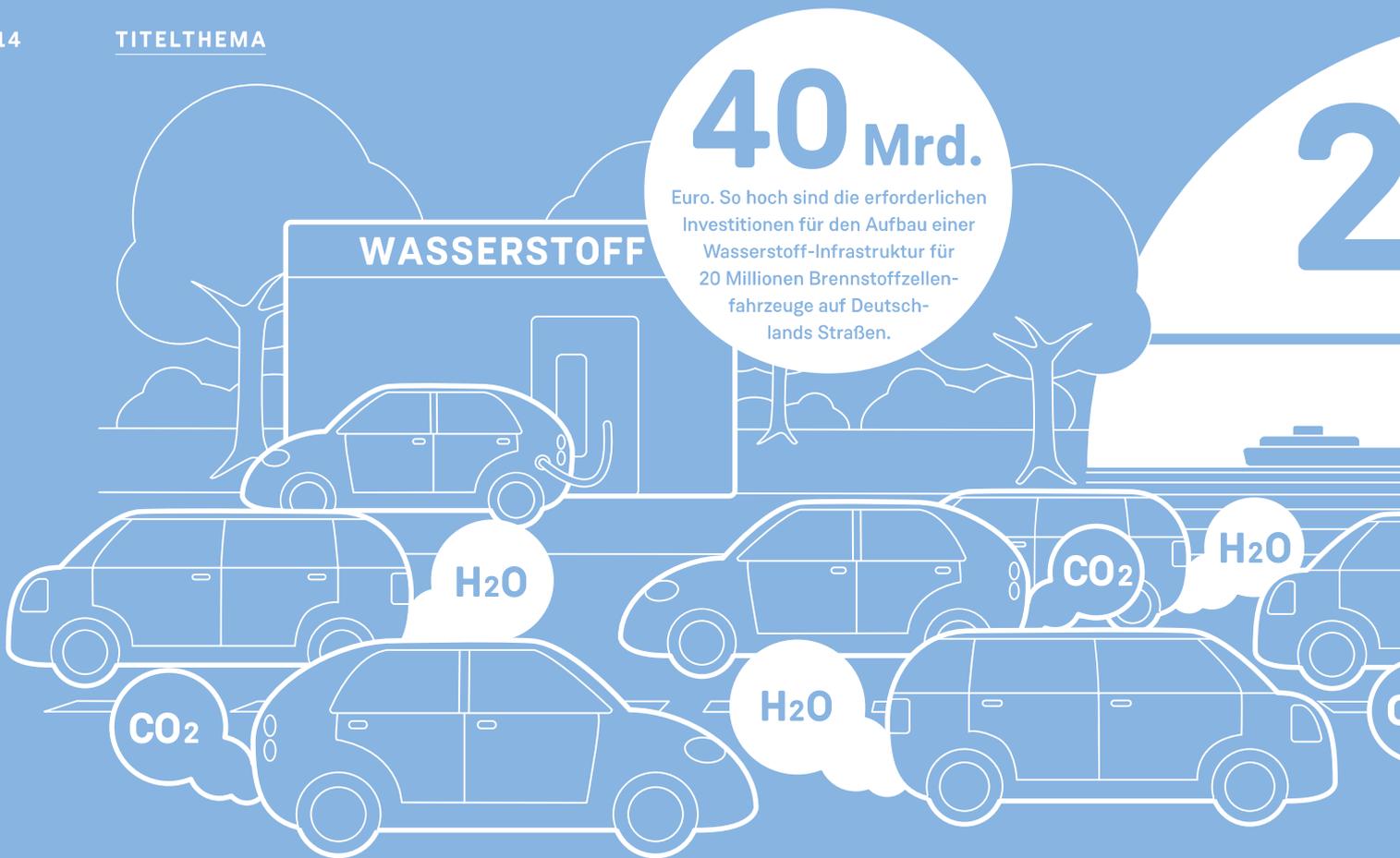
Nachrüstung von Lkw



Neue Reifenmaterialien



Fahrverbote



**S**ind auf den Straßen zunehmend Autos mit Batterie- oder Brennstoffzellenantrieb unterwegs, muss die Infrastruktur angepasst werden. Es braucht Ladesäulen für die batteriebetriebenen Autos und Wasserstofftankstellen für die mit Brennstoffzellenantrieb in ausreichender Zahl. Aber es stellen sich noch viele Fragen: Ist der Aufbau einer flächendeckenden Versorgung überhaupt bezahlbar und wäre so eine Infrastruktur auch rentabel? Welche Technologie wäre günstiger: Ladestrom oder Wasserstoff? Oder werden beide Technologien nebeneinander bestehen können? Jülicher Forscher haben verschiedene Zukunftsszenarien zur Versorgungsinfrastruktur analysiert. Dr.-Ing. Martin Robinius vom Institut für Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-3) fasst die Ergebnisse zusammen: „Batterien und Wasserstoff schließen sich nicht gegenseitig aus. Wir brauchen sogar beide Infrastrukturen, und wir können sie uns auch leisten.“

Gelingen könne der Wechsel von fossilen Brennstoffen zum elektrischen Antrieb, wenn Strom aus Windkraft- und Solaranlagen seinen Weg auch in den Verkehrssektor fände, urteilt der Wirtschaftsingenieur. Viele Experten favorisieren zurzeit eine rein elektrische Lösung mit batteriebetriebenen Autos. Denn dank unseres Stromnetzes besteht das Verteilnetz bereits, und weitere Ladestationen könnten innerhalb kurzer Zeit gebaut werden. Martin Robinius verweist allerdings auf einen Schwachpunkt: „In unserem zukünftigen Energiesystem brauchen wir Langzeitspeicher für Strom. Nur so können wir auch Wochen überstehen, in denen Sonne und Wind nur wenig Ertrag abwerfen. Mit Batterien alleine lässt sich das nicht verwirklichen.“

Hier kommt der Energieträger Wasserstoff ins Spiel. Der ließe sich in Zeiten reicher Stromernte mithilfe von Elektrolysegeräten erzeugen. Über ein Pipeline-Netz könnte er an Wasserstofftankstellen in der gesamten Republik verteilt werden. Als Langzeitspeicher kommen riesige unterirdische Kavernen in Salzstöcken in Frage.

Die Rentabilität beider Systeme hängt davon ab, wie viele Fahrzeuge mit Batterie- oder Brennstoffzellenantrieb im Land unterwegs sind. Martin Robinius: „Heutzutage fahren rund 46 Millionen Autos auf unseren Straßen. Wir haben uns ein Szenario für das Jahr 2050 angeschaut, in dem ungefähr die Hälfte dieser Flotte, 20 Millionen Fahrzeuge, von Brennstoffzellen angetrieben wird. Für die komplette Infrastruktur wären Investitionen von rund 40 Milliarden Euro notwendig.“ Besonders die Anfangsinvestitionen für den Wasserstoff seien relativ hoch, etwa für die riesigen unterirdischen Gasspeicher in Salzstöcken. Auf Dauer würde sich das aber ausgleichen. Denn es würde rund 10 Milliarden Euro mehr kosten, im selben Zeitraum die Infrastruktur für ebenfalls 20 Millionen Batteriefahrzeuge aufzubauen. Für solch eine große Zahl von Fahrzeugen wird die Ladezeit zum kritischen Faktor. Gerade in Städten gibt es nicht genügend Stellplätze, um die Batterien der Fahrzeuge bequem über Nacht mit Energie aufzuladen. Es müssten entsprechend viele Schnellladesäulen errichtet werden, die besonders teuer sind. Daher sei die Batterietechnik nur in einer Übergangsphase ungefähr bis zum Jahr 2030 und für jeweils rund 10 Millionen Autos mit Batterie- beziehungsweise Brennstoffzellenantrieb kostengünstiger.

# 270 Mrd.

Euro Investitionen in Schiene, Straße und Wasserwege sieht der Bundesverkehrswegeplan für den Zeitraum 2016 bis 2030 vor



# 2050

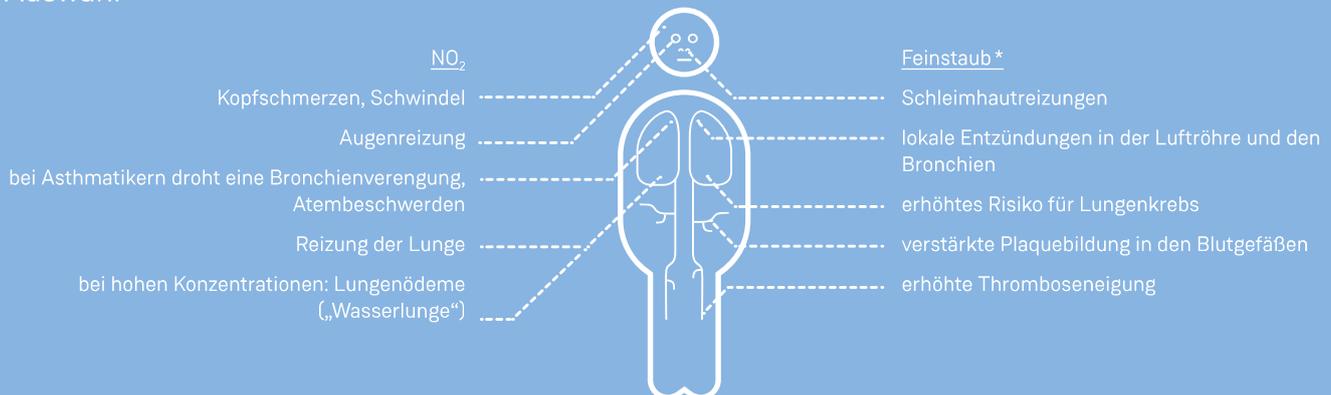
Beim Hauptbahnhof stehen erste Sanierungsmaßnahmen an. Immer mehr Menschen ziehen in den Großraum Stuttgart. Der Verkehr auf der Straße nimmt daher wieder zu. Trotzdem verschlechtert sich die Luftqualität nicht. Denn Tankstellen für Wasserstoff sind in Stuttgart wie Pilze aus dem Boden gesprossen. An jeder Ecke sind Ladesäulen für Elektrofahrzeuge zu finden. Batterien und Brennstoffzellen dominieren nun den Antrieb bei den Pkw.

„Wir empfehlen dennoch, beide Pfade auszubauen – und zwar so schnell wie möglich.“, sagt Martin Robinius, „das können und sollten wir uns auch leisten.“ Die Gesamtkosten sind in beiden Fällen deutlich geringer als Investitionen in andere essentielle Infrastruktur-Bereiche. So sieht allein der Bundesverkehrswegeplan 2030 Gesamtausgaben von rund 270 Milliarden Euro vor, die in den Erhalt und Ausbau des Straßen- und Schienennetzes sowie der Wasserwege fließen sollen.

Robinius ist überzeugt, dass Deutschland Batterie- und Brennstoffzellenantrieb benötigt, um seine langfristigen Zusagen zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß auch im Verkehrssektor einzuhalten. „Der Aufbau beider Infrastrukturen ist eine Investition, die sich bezahlt macht – nicht zuletzt wegen der Luftqualität und geringerer Gesundheitskosten. Eine Stadt, in der überwiegend Elektroautos und Brennstoffzellenfahrzeuge unterwegs sind, hat keine Probleme mit Stickoxiden. Und saubere Atemluft ist ein Gewinn für die Gesundheit der Menschen, die dort leben.“

ARNDT REUNING

## Luftschadstoffe und gesundheitliche Folgen Auswahl



Quelle: Umweltbundesamt; Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung; Karlheinz Lohs, Peter Elstner, Ursula Stephan (Hrsg.): Fachlexikon Toxikologie, Berlin, Heidelberg 2009.

\* je nach Größe der Partikel unterschiedliche Folgen möglich

# Windstrom im Wandel

Mit dem Klimawandel werden sich die Windverhältnisse über Europa verändern. Eine Stromversorgung, die weitgehend auf Windenergie beruht, muss darauf abgestimmt sein.

„Der Klimawandel kann durchaus unserem Energiesystem schaden.“

Mittel- und Westeuropa setzen auf erneuerbare Energien: Immer mehr Windkraftanlagen werden in das Stromnetz integriert. Möglich, dass sie irgendwann übers Jahr so viel Strom liefern, wie benötigt wird. Aber nur rechnerisch! Denn es wird immer wieder Stunden oder gar Tage und Wochen geben, in denen in einem Land Flaute herrscht und zu wenig Windstrom produziert wird. Diese Phasen könnten künftig ausgeprägter ausfallen und schwerer durch Stromimporte auszugleichen sein, warnt Juniorprofessor Dirk Witthaut. Der Grund: der Klimawandel. Witthaut und sein Team haben analysiert, wie der Klimawandel in den nächsten Jahrzehnten die Windverhältnisse und damit die Energieversorgung beeinflussen könnte.

Ausgangspunkt für die Analyse waren fünf Computermodelle, mit denen sich simulieren lässt, wie sich das Klima bis ins Jahr 2100 entwickelt, wenn der Kohlendioxid-Gehalt in der Atmosphäre einem bestimmten Verlauf folgt. Steigt der Gehalt von derzeit 410 ppm beispielsweise auf 1.330 ppm

an, wird die globale Temperatur laut der Modelle vier Grad höher sein als heute. Zusätzlich zu den globalen Modellen existieren Regionalmodelle, die detaillierte Daten für Europa liefern. Die Jülicher Forscher ermittelten daraus die Angaben über die auftretenden Windstärken – und zwar nicht die durchschnittlichen Werte über ganz Europa, sondern einerseits wie stark der Wind über einzelnen Ländern weht und andererseits wie sich seine Stärke innerhalb weniger Stunden verändert. Mit den Ergebnissen fütterten sie ein Computermodell des künftigen europäischen Energiesystems. Dabei wählten sie absichtlich ein sehr einfaches Modell, um die Auswirkungen des Klimawandels möglichst direkt untersuchen zu können. Es berücksichtigt nicht, inwieweit sich der Energieverbrauch möglicherweise verändert oder welche Arten von Energiespeichern sich durchsetzen könnten.

Resultat Nummer eins: Bei einem starken Klimawandel werden sich die Windverhältnisse in den europäischen Ländern angleichen. Es wird





↑ Bei ihm dreht sich alles um Energiesysteme: Dirk Witthaut, Nachwuchsgruppenleiter am Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung (IKE-STE) und Juniorprofessor an der Universität zu Köln.

künftig immer weniger Zeiten geben, in denen der Wind über einem Land vergleichsweise stark weht und in einem anderen Land gleichzeitig Flaute herrscht. Dementsprechend wird es häufiger zu Situationen kommen, in denen die europäischen Länder synchron einen Stromüberschuss produzieren – oder in denen es umgekehrt überall an Windstrom mangelt. Für Deutschland etwa bedeutet das: Es kann weniger Strom importiert und exportiert werden, um die Bilanz zwischen erzeugtem und verbrauchtem Strom auszugleichen.

Resultat Nummer zwei: Die Flaute-Zeiten über Deutschland werden bei einem starken Klimawandel länger. Um diese windstillen Zeiten zu überbrücken, müssen die Energieversorger mehr Energiespeicher bauen oder mehr Back-up-Kraftwerke bereithalten, als es beim derzeitigen Kohlendioxid-Gehalt in der Luft nötig wäre.

FRANK FRICK

# 3 Fragen

## an den Energiesystemforscher Dirk Witthaut

### Was ist das Besondere an den vorgestellten Studien?

Üblicherweise wird untersucht, wie sich Änderungen im Energiesystem auf die Treibhausgasemissionen und damit auf das Klima auswirken. Wir haben die Fragestellung umgedreht: Wie wirkt es sich auf Energiesysteme aus, wenn es uns nicht gelingt, den Klimawandel zu begrenzen?

**Sie gehen in Ihren Studien einerseits davon aus, dass es in ganz West- und Mitteleuropa zu einer Energiewende kommt. Und andererseits davon, dass die globale Temperatur bis 2100 stark – nämlich um vier Grad – ansteigt.**

### Wie passt das zusammen?

Das kann schon zusammenpassen. Möglicherweise steuert Europa so spät um, dass es nicht gelingt – wie derzeit anvisiert – den globalen Temperaturanstieg auf höchstens zwei Grad zu beschränken. Oder der Rest der Welt verfeuert solche Mengen Gas und Kohle, dass der Effekt der Energiewende in Europa nicht ausreicht, um den Klimawandel zu begrenzen. Denkbar auch, dass beides zusammenkommt. Die Gefahr besteht. Daher sollten wir die Konsequenzen aller möglichen Zukunftsszenarien verstehen. Beispielsweise musste die Bundesregierung vor Kurzem einräumen, dass Deutschland sein selbstgestecktes Ziel bei der CO<sub>2</sub>-Reduzierung bis 2020 nicht erreichen wird.

### Wie realistisch kann ein Blick auf Energieversorgung und Klima sein, wenn er bis zu 80 Jahre in die Zukunft reicht?

Wir wissen natürlich weder, in welchem Ausmaß die Welt Klimaschutzmaßnahmen ergreift, noch, wie sich der Energieverbrauch in Europa verändern wird. Trotzdem zeigen Systemstudien interessante Zusammenhänge auf, die praktisch bedeutsam werden könnten. Im Falle unserer Studien heißt die Schlussfolgerung: Der Klimawandel kann durchaus unserem Energiesystem schaden. Das müssen wir bei der Planung unseres künftigen Energiesystems berücksichtigen.

# Vulkane als Klimafaktor

Zwei Vulkanausbrüche von etwa gleicher Stärke: Der eine verursacht über Jahre hinweg gravierende globale Klimaveränderungen. Der andere bleibt ein regionales Phänomen. Neben dem Standort beeinflusst auch die Jahreszeit, ob ein Vulkanausbruch lokale oder globale Auswirkungen hat. Das zeigen Satellitendaten und ein neues Computermodell.

## 2.800

Kubikkilometer Auswurf  
von Gestein und Asche,  
VEI\* 8

Vor ca. 74.000 Jahren

**Toba, Sumatra**

Folgen umstritten, möglicherweise jahrelange Dunkelheit mit Temperaturstürzen um bis zu 15°C sowie ein massives Artensterben.

## Vulkanausbrüche und ihre unterschiedlichen Folgen

\* VEI: „Vulkanischer Explosivitäts-Index“ mit maximal acht Stufen

← Caspar David Friedrich: Gebirgige Flusslandschaft, 1830 – 1835  
 Glühend rote Sonnenuntergänge von atemberaubender Schönheit bannten Landschaftsmaler wie William Turner oder Caspar David Friedrich zwischen 1816 und 1835 auf die Leinwand. Sie wussten nicht, dass die Ursache für die intensiven und ungewöhnlichen Himmelsfarben Vulkanausbrüche in Südostasien waren: Diese schleuderten Staub und Aerosole in die Atmosphäre, die das Sonnenlicht streuen.



↑ Lars Hoffmann vom Jülich Supercomputing Centre simuliert die Folgen von Vulkanausbrüchen für die Atmosphäre.

1816 ging als „Jahr ohne Sommer“ in die Geschichte ein. Dauerregen von sintflutartigem Ausmaß und Kälte vernichteten die Ernte in weiten Teilen Europas. An der Ostküste Nordamerikas fiel im Juni Schnee. China und Indien litten unter schweren Überschwemmungen und Dürren. Die Ursache für Hunderttausende Tote, Hunger und Krankheit: der Ausbruch des Vulkans Mount Tambora am 10. April 1815 im heutigen Indonesien.

Berechnungen zufolge soll der Vulkan 160 Kubikkilometer Gestein und Asche in die Atmosphäre geschleudert haben. Zum Vergleich: Damit ließe sich der Bodensee dreimal auffüllen.

**STANDORT MITENTSCHEIDEND**

Ähnlich gewaltig war der Ausbruch des Mount Paektu im Winter des Jahres 946 mit mindestens 100 Kubikkilometer Auswurf. Für die Region eine Katastrophe, seinen Effekt auf das globale Klima stufen Wissenschaftler jedoch als gering ein. Der Grund: seine Lage am nördlichen 40. Breitengrad an der heutigen Grenze zwischen Nordkorea

und China. Dort herrschen ganz andere Luftströmungen als dicht am Äquator, wo der Tambora beheimatet ist.

Vulkanasche und Schwefelaerosole, die wie beim Tambora in Äquatornähe in die Stratosphäre, also in 17 Kilometer und höher, geschleudert werden, verteilen sich über den gesamten Globus. Das liegt an der speziellen Dynamik der Atmosphäre in dieser Region. In den Tropen steigt die Luft sehr schnell auf und verteilt sich dann mit den jeweils herrschenden stratosphärischen Luftströmungen, unter anderem mit der sogenannten Brewer-Dobson-Zirkulation, in höhere Breiten. Erst Jahre später sinken diese Luftmassen samt ihrer Fracht über den Polargebieten wieder in tiefere Regionen der Atmosphäre ab.

Einmal global in der Stratosphäre verteilt, reflektieren Aerosolteilchen über Jahre hinweg die Strahlung der Sonne zurück in den Weltraum. Das kühlt die darunter liegenden erdnahen Luftschichten ab und kann zu Wetterextremen auf der ganzen Erde führen.



10. April 1815

**Tambora, Indonesien**

Drei Jahre weltweite Klimakapriolen mit Überflutungen, Dürren, Ernteausfällen und einer weltweiten Choleraepidemie. Am gewitterumtosten Genfer See und beeinflusst vom deprimierenden Wetter und der Not der Menschen, entwickelte Mary Shelley 1816 die Idee zu ihrem Roman „Frankenstein“.

20

Kubikkilometer Auswurf von Gestein und Asche, VEI 6



27. August 1883

**Krakatoa, Indonesien**

Gewaltiger Tsunami mit mehreren Zehntausend Toten. Die Verbreitung der Asche in der Atmosphäre half Wissenschaftlern jedoch erstmals, die weltweiten Windströme besser zu verstehen, unter anderem den Jetstream.



↑ Ausbruch des Sarytschew-Vulkans auf den russischen Kurilen am 12. Juni 2009

Hingegen sollten Aerosole aus weiter nördlich oder südlich gelegenen Vulkanausbrüchen – wie etwa dem Mount Paektu – meist auf der jeweiligen Halbkugel verbleiben und bei ihrem Abstieg in niedrigere Bereiche der Atmosphäre relativ rasch mit Regen- oder Schneefällen wieder ausgewaschen werden. So die bisher gängige Meinung in der Wissenschaft.

### EINFLUSS DER JAHRESZEITEN

Das ist jedoch nicht immer der Fall, wie Satellitendaten und neue Computersimulationen zeigen, die chinesische und Jülicher Wissenschaftler ausgewertet haben. „Je nach Jahreszeit kann auch ein Vulkanausbruch in mittleren und hohen Breiten – also in Gebieten weit jenseits des Äquators – das Klima global beeinflussen“, sagt Dr. Lars Hoffmann vom Jülich Supercomputing Centre (JSC).

Seine Kolleginnen und er haben den Ausbruch des Sarytschew-Vulkans auf den russischen Kurilen im Sommer 2009 untersucht. Dieser liegt auf dem 48. Breitengrad nordöstlich von Japan. Zwischen dem 11. und 22. Juni 2009 stieß er eine 12 bis 18 Kilometer hohe Aschewolke aus und mit ihr rund 1,2 Millionen Tonnen an Schwefeldioxid. Die Wissenschaftler werteten Satellitenbeobachtungen von Vulkanemissionen sowie Wind- und Wetterdaten aus meteorologischen Analysen aus. Ihre Computersimulationen zeigten, dass der asiatische Sommermonsun die Schwefelpartikel und daraus entstehende Sulfataerosole in der kompletten Nordhemisphäre verteilte und zudem rund 60.000 Tonnen auch in tropische Regionen transportierte. In den Tropen stiegen die Aerosolteilchen dann mit der Zirkulation auf, verteilten sich in der Stratosphäre und breiteten sich von dort schließlich über den gesamten Erdball aus.

Ganz anders hätte es sich verhalten, wäre der Sarytschew im Winter ausgebrochen. „Unser Modell zeigt, dass dann die Aerosole mit den starken Winterluftströmen rasch polwärts gewandert, dort in tiefere Luftschichten abgesunken und in relativ kurzer Zeit aus der Atmosphäre gewaschen worden wären“, so Dr. Xue Wu, Gastwissenschaftlerin am JSC und Hauptautorin der neuen Studie. Dank der Simulationen konnte geklärt werden, wieso Satellitendaten einen Anstieg von Aerosolteilchen in der tropischen Stratosphäre verzeichnet hatten, obwohl es keinen passenden Vulkanausbruch in der Nähe gegeben hatte. Durch seinen Ausbruch zur Zeit des Asiatischen Sommermonsuns trug der Sarytschew maßgeblich zum besseren Verständnis des Klimas bei, glücklicherweise ohne die gravierenden Folgen des Tambora.

BRIGITTE STAHL-BUSSE

10

Kubikkilometer Auswurf von Gestein und Asche, VEI 6



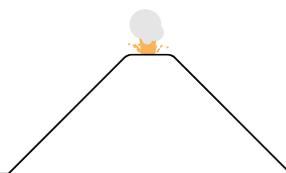
15. Juni 1991

### Pinatubo, Philippinen

Mindestens 875 Tote, 8.000 Quadratkilometer Reisanbaufläche zerstört. Das Sonnenlicht wurde für mehrere Jahre um 5 Prozent reduziert. Dadurch sank die durchschnittliche Temperatur um bis zu 0,6°C in der nördlichen Hemisphäre und 0,4°C weltweit.

0,2

Kubikkilometer Auswurf an Lava, Gestein und Asche, VEI 4



20. März bis 9. Juli 2010

### Eyjafjallajökull, Island

Keine Auswirkungen auf das globale Klima, jedoch wurde der Flugverkehr über Europa für mehrere Tage in weiten Teilen eingestellt. Der wirtschaftliche Schaden betrug rund 3 Milliarden Euro.



## **Woran forschen Sie gerade, Herr Elmenhorst?**

**PD Dr. David Elmenhorst, Institut für Neurowissenschaften und Medizin,  
Bereich Molekulare Organisation des Gehirns (INM-2)**

„Wir schlafen, um uns zu erholen. So lautet eine gängige Erklärung. Doch es gibt keine gesicherte Theorie, die alle Beobachtungen zu Schlaf und Schlafmangel befriedigend erklärt. Ich suche nach Vorgängen im Hirn, die den Schlaf steuern. Dazu machen mein Team und ich Experimente mit Testpersonen, die nach unseren Vorgaben schlafen. Wir messen dabei, wie sich im Gehirn die Konzentration von Botenstoffen und deren Bindungsstellen an Nervenzellen verändert. Im Fokus steht der Botenstoff Adenosin, der den Energiehaushalt unseres Körpers und die Weck- und Wachzentren im Gehirn beeinflusst.“



Ob Wurzeln,  
Kraftstoffeinspritzung  
oder Nasenatmung:

Mit virtueller Realität lassen sich  
wissenschaftliche Ergebnisse nicht nur  
visualisieren, sondern auch analysieren.

Das ermöglicht Erkenntnisse, die in  
der realen Welt nicht gewonnen  
werden können.

# Ein Paradies für Gamer

Willkommen in der virtuellen Welt: Experten des Jülich Supercomputing Centre ermöglichen es, dass man in die Ergebnisse von wissenschaftlichen Simulationen eintauchen kann wie in die virtuelle 3D-Umgebung eines Computerspiels.

Für manchen Computerspieler käme es dem Paradies wohl recht nahe: das Büro von Jens Henrik Göbbert. Dort steht die perfekte Grundausstattung für Virtual Reality (VR): vom leistungsstarken Computer über eine moderne VR-Brille bis hin zum stabförmigen Steuerungsgerät, dem Controller – kurzum, die nächste Stufe auf dem Spielmarkt, in der die Spieler nahezu lebensechte Welten erkunden. Wer Göbbert besucht, darf sich die klobige Brille aufsetzen, den Controller in die Hand nehmen und in eine andere Sphäre eintauchen: Ein Schritt nach vorne im Büro ist ein Schritt vorwärts in einem Kosmos voller glitzernder kleiner Tröpfchen. Dreht Göbberts Besucher den Kopf nach links, sieht er einen silbrigen Flüssigkeitsstrahl. Ein Knopfdruck auf dem Controller, und schon zoomt der Strahl heran. Computerspiel-Entspannung für Wissenschaftler und Gäste des Forschungszentrums?

Selbstverständlich nicht. Göbbert gehört zum Team „Visualisierung“ des Jülich Supercomputing Centre (JSC). Er arbeitet daran, wissenschaftliche Simulationen sichtbar zu machen. Forscher aus unterschiedlichen Fachgebieten wenden sich an ihn, um ihre Ergebnisse zu visualisieren oder sie in der virtuellen Realität genauer zu analysieren. Bei den Tröpfchen und der Flüssigkeit handelt es sich beispielsweise um Kraftstoff, den eine Düse in den Motor einspritzt. Diesen Prozess wollen Forscher des Instituts für Technische Verbrennung der RWTH Aachen verbessern. Eine Herausforderung sind etwa die gigantischen Datenberge, die bei der Simulation des Einspritzvorgangs anfallen. Göbbert und seine Kollegen arbeiten an Methoden, die die Daten für die jeweilige Visualisierung direkt aus der Simulation herausziehen: Die Bilder oder die VR-Welt sollen künftig „live“ entstehen, während der Supercomputer rechnet – ohne dass die Daten wie sonst üblich zuvor gespeichert wurden.

Noch vor ein paar Jahren ging es bei der Visualisierung vornehmlich darum, die Ergebnisse aus Simulationen in ein Bild oder eine Bildfolge zu übersetzen. Denn Bilder und Animationen machen die Resultate meist besser verständlich und erzeugen Aufmerksamkeit. Die VR-Technologie, die sich dank gesunkener Preise für die Brillen und die restliche Ausrüstung gerade im Computerspielmarkt breitmacht, eröffnet auch neue Möglichkeiten für die Wissenschaft.

## WIE ES DURCH DIE NASE STRÖMT

Ein Paradebeispiel liefert das Rhinodiagnostik-Projekt. Es soll helfen, ein medizinisches Problem zu lösen: Bei etwa 11 Prozent der Deutschen ist die Nasenatmung chronisch eingeschränkt. Grundsätzlich kann eine Operation helfen. Allerdings ist die Fehlerrate bei solchen Eingriffen mit geschätzten 30 Prozent hoch. Der wohl wichtigste Grund dafür: Ob die behandelnden Ärzte operieren oder nicht, hängt hauptsächlich davon ab, wie die Nasenhöhle und die Nasennebenhöhlen des Patienten geformt sind. Doch die Strömungsverhältnisse in der Nase kennen die Ärzte in der Regel nicht. Und genau diese sind entscheidend. Die Nase funktioniert dann perfekt, wenn sie unter anderem in der Lage ist, genügend Luft in Richtung Atemwege und Lunge durchzulassen, und wenn sie die einströmende Luft ausreichend erwärmt und befeuchtet.

Die Jülicher Visualisierungsspezialisten arbeiten zusammen mit dem JARA-Simlab „Highly Scalable Fluids and Solids Engineering“, dem Aerodynamischen Institut der RWTH Aachen und der Industrie daran, dass Ärzte künftig die Luftströmung bei der Diagnose berücksichtigen können. Supercomputer sollen auf Basis der computertomografischen Aufnahmen des jeweiligen Patienten die Luftströmung in dessen Nase simulieren. „Damit die Ärzte diese Simulationsergebnisse

schnell und gut erfassen können, müssen sie visualisiert werden – am besten in einer vertrauten Sichtweise“, sagt Göbbert. „In der virtuellen Realität können wir die Atemwege in der Nase eines Patienten genau nachbilden, also den Ärzten eine Welt liefern, in der sie sich auskennen.“ Mithilfe einer VR-Brille können sich die Mediziner dort künftig bewegen und die Luftströmung nachvollziehen. Sie sollen außerdem erleben, wie sich eine operative Korrektur auf die Strömungsverhältnisse auswirken würde – eine wichtige Hilfe bei der Entscheidung für oder gegen eine Operation.

Für dieses System nutzen die Jülicher Experten Software-Komponenten, die der Grafikkarten- und Chiphersteller NVIDIA bereits während des Projekts zur Kraftstoffeinspritzung zur Verfügung gestellt hatte. Denn Nase und Einspritzdüse liegen für Physiker und Ingenieure längst nicht so weit auseinander, wie die meisten Menschen annehmen würden. Auch die Düse funktioniert nur dann optimal, wenn sie für eine perfekte Strömung sorgt: Je gleichmäßiger sich der eingespritzte Kraftstoff-Strom vor der Verbrennung



← Jens Henrik Göbbert macht wissenschaftliche Ergebnisse sichtbar.

mit der Luft mischt, umso geringere Mengen Schadstoffe stößt ein Motor aus.

Eine dieser Komponenten ist eine Schnittstelle zwischen einer Software für wissenschaftliche Visualisierung und einer sogenannten Game-Engine. Eine Game-Engine ist ein Programmiergerüst, mit dem Computerspiele entworfen werden. „In der Computerspiel-Industrie arbeiten Tausende Spezialisten daran, den Gamern immer neue Möglichkeiten zu erschließen“, sagt Göbbert. „Davon profitieren wir: Für die Wissenschaft ist es effektiv und preiswert, diese bereits entwickelten VR-Techniken zu nutzen und dort zu ergänzen, wo die Wissenschaft spezielle Anforderungen stellt.“ So können Göbbert und seine Kollegen dank der Schnittstelle mit einem handelsüblichen VR-System eintauchen in den virtuellen Kraftstoffstrahl oder in die virtuelle Luftströmung in der Nase.

FRANK FRICK

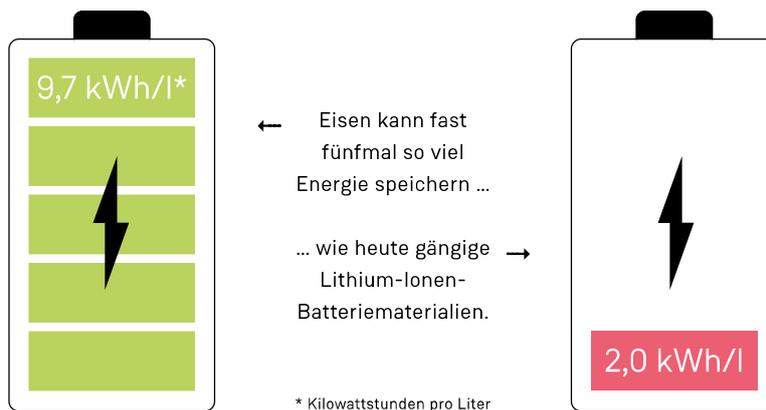
## Besondere Netzwerke

Ungewöhnliche Blicke in die Unterwelt ermöglicht Dr. Herwig Zilken mit seinen Kollegen: Sie bereiten derzeit Daten von Pflanzenwurzeln für die Virtuelle Realität (VR) auf. Mit VR-Brille können sich Pflanzenforscher dann wie in einem Computerspiel durch das dreidimensionale Wurzelgeflecht bewegen. Sie erkennen so mächtige Hauptwurzeln, wie sich diese verzweigen, aber auch, wo zarte Triebe aufgrund fehlender Messdaten unterbrochen sind.

Diese 3D-Reise hat einen wissenschaftlichen Hintergrund: Die Pflanzenforscher des Instituts für Bio- und Geowissenschaften (IBG-2) möchten gerne nachvoll-

ziehen, wie Nährstoffe und Wasser aus dem Boden in die Wurzeln gelangen und sich dort verteilen. Dazu benötigen sie eine Computersimulation. Es gibt jedoch ein Problem: Die Biologen bekommen die Wurzel-Daten mit einem bildgebenden Verfahren aus der Medizin, der Computertomographie (CT). „Das ist einerseits gut, denn so können sie die Wurzeln erfassen, ohne die Pflanze auszugraben. Andererseits ist die Struktur der Wurzeln oft so ähnlich zu dem umgebenden Boden, dass ein Computer nicht unterscheiden kann, was Wurzel und was Boden ist. Für die Simulation muss das aber eindeutig sein“, erläutert Zilken. Die Forscher müssen daher die Mess-

daten nachträglich kontrollieren und unklare Stellen in Handarbeit nachbessern. „Theoretisch könnte man das am PC-Bildschirm machen. Dort sieht man allerdings nur zwei Dimensionen. Daher muss man immer wieder die Ansicht wechseln, um Knotenpunkte und komplexe Verzweigungen exakt zu erkennen und zu kennzeichnen“, erklärt Zilken. Anders in der VR-Welt: „Die Forscher können sich durch das Wurzelwerk bewegen, dabei schnell und einfach die Perspektive wechseln und mit einem Klick auf den Controller sofort markieren, wo und wie eine Wurzel verläuft. So bekommen sie schnell und unkompliziert die Daten für ihre folgende Simulation.“



# Neuer Schwung für „altes Eisen“

Eisen-Luft-Batterien bestehen aus Rohstoffen, die massenhaft vorhanden sind. Bislang waren jedoch die Auf- und Entladeprozesse unklar. Jülicher Forscher haben hier Licht ins Dunkel gebracht und damit die Basis gelegt, diesen Batterietyp bis zur Marktreife weiterzuentwickeln.

Noch spielen Lithium-Ionen-Batterien die Hauptrolle in unserem Alltag: Sie versorgen Smartphones, Tablets, aber auch Elektroautos und Pedelecs mit Strom. Allerdings haben sie einen gravierenden Nachteil: Lithium und Cobalt, die in den Elektroden und im Elektrolyt des Akkus vorkommen, sind rar – und dementsprechend teuer. Der Preis des Lithiums etwa ist in den letzten zehn Jahren um das Siebenfache gestiegen.

## PREISWERTE ALTERNATIVE

Jülicher Forscher arbeiten daher an Batterien, die auf andere Materialien setzen: Eine davon ist die Eisen-Luft-Batterie. Eisen ist in der Erdkruste massenhaft vorhanden, ist preiswert und wird in großer Menge gefördert – Versorgungsengpässe sind also nicht zu erwarten. Eisen-Luft-Batterien beziehen Energie aus der Reaktion von Eisen mit Sauerstoff. Das Eisen oxidiert dabei, ähnlich wie beim Rosten. Der benötigte Sauerstoff stammt aus der Umgebungsluft und muss nicht in der Batterie vorgehalten werden. Der Akku erzielt daher deutlich bessere Energiedichten – das heißt, pro Volumen kann eine große Menge Energie gespeichert werden. Bei gleicher Größe kann eine Eisen-Luft-

Batterie nahezu fünfmal so viel Energie speichern wie ein Lithium-Ionen-Akku.

Bekannt sind die Eisen-Luft-Akkus bereits seit den 1970er Jahren. In den 80ern stockte die Forschung jedoch zugunsten des Lithium-Ionen-Akkus, der sich rascher zur Marktreife entwickeln ließ. Bei der Eisen-Luft-Batterie gab es zu viele ungeklärte Fragen. So konnten Forscher bis dato nur vermuten, was während der Lade- und Entladeprozesse auf der Eisen-Elektrode genau geschieht. „Hier



↑ Henning Weinrich, Doktorand am Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-9)

konnten wir nun Licht ins Dunkel bringen“, erläutert Henning Weinrich, Doktorand am Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-9). „Mit einem Rasterkraftmikroskop beobachteten wir erstmalig die Vorgänge während des Auf- und Entladens – und zwar in Nanometer-Präzision.“ Das Ergebnis war überraschend: Sowohl beim Auf- als auch beim Entladen löst sich Eisen von der Elektrode ab und lagert sich wenig später wieder auf der gleichen Oberfläche an. Bisher ging man davon aus, dass dies nur beim Entladen geschieht. Die Oberfläche zerklüftet sich zunehmend, wird also in jedem Zyklus größer – was sich in steigenden Lade- und Entladestromdichten und einer steigenden Kapazität widerspiegelt. Das heißt: Zu Beginn kann die Batterie auch bei groben Elektrodenstrukturen zunehmend mehr Energie speichern, bis dieser Effekt schließlich an eine Grenze gerät.

Mit diesen Erkenntnissen schaffen die Jülicher Forscher eine neue Basis, um die Eigenschaften der Batterie gezielt zu verbessern. Dadurch rückt die Marktreife ein Stück näher.

So wollen die Jülicher →  
Forscher Christian  
Grefkes (l.) und  
Caroline Tscherpel  
Schlaganfallpatienten  
künftig helfen:  
Eine Magnetspule  
am Kopf des Patienten  
verstärkt oder  
schwächt die Aktivität  
von Nervenzellen im  
Hirn. Elektroden in  
der Kopfhaube messen  
gleichzeitig die  
Hirnströme, sodass  
sichtbar wird, wie die  
Stimulation wirkt.



# Magnetische Hilfe fürs Hirn

Mit Magnetfeldern Schlaganfallpatienten behandeln: Was nach Gesundbeterei klingt, hat sich in der Forschung als transkranielle Magnetstimulation bewährt. Wissenschaftler aus Jülich und Köln testen diese Methode in einer großen klinischen Studie – die erste dieser Art weltweit. Ihr langfristiges Ziel: individualisierte Therapien.



Schlagartig kann Wilhelm Zeffler sein linkes Bein und seinen linken Arm nicht mehr bewegen. Der 74-Jährige kriecht den Flur entlang Richtung Telefon. Glücklicherweise kommt im selben Moment seine Ehefrau nach Hause und ruft sofort den Notarzt. Danach geht alles rasend schnell: Rettungswagen mit Blaulicht, Sanitäter und Ärzte im Einsatz. Vorläufige Diagnose: Schlaganfall, das heißt, Teile des Gehirns werden nicht mehr durchblutet und Nervenzellen sterben ab. „Zeit ist Hirn“ lautet die Devise, denn je schneller der Betroffene versorgt wird, umso größer die Chance, Folgeschäden zu minimieren. Der bis dahin rüstige Rentner wird auf die Stroke-Unit verlegt – jene spezielle Organisationseinheit innerhalb eines Krankenhauses, die die Erstbehandlung von Schlaganfallpatienten übernimmt.

Wilhelm Zeffler gehört zu den rund 270.000 Menschen, die jährlich in Deutschland einen Schlaganfall erleiden – das heißt, alle zwei Minuten trifft es eine Person. 63.000 Frauen und Männer sterben an den Folgen. Der Schlaganfall ist nach Herz-, Krebs- und Lungenerkrankungen die vierthäufigste Todesursache in Deutschland.

„Und das Thema betrifft immer mehr Menschen, denn unsere Bevölkerung altert, da wird die Zahl der Schlaganfallpatienten weiter steigen“, sagt Prof. Christian Grefkes. Der 41-Jährige hat sich nach dem Medizinstudium auf das Thema Schlaganfall spezialisiert. Seit 2005 arbeitet und forscht er in enger Kooperation mit seinem langjährigen Mentor Prof. Gereon Fink am Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM-3)

# 6

Menschen sterben  
Schätzungen zufolge  
weltweit jede Minute  
an einem Schlaganfall.

Die Mathematikerin →  
Silvia Daun hat sich auf  
biologische Prozesse  
spezialisiert. Für die  
Schlaganfall-Forschung  
entwickelt sie Modelle,  
die zeigen, wie sich  
Magnetstimulationen  
auf das Gehirn von  
Patienten auswirken.



und an der Uniklinik Köln zur transkraniellen Magnetstimulation TMS, mit der sich gezielt von außen über eine Magnetspule bestimmte Bereiche des Gehirns schmerzfrei beeinflussen lassen (siehe Zusatzinfo S. 29). Grefkes Forschung und sein wissenschaftliches Engagement haben ihm bereits einige Preise eingebracht, darunter der Young-Investigator-Award des Kompetenznetzwerks Schlaganfall. Im Wettbewerb Deutschland – Land der Ideen wurde sein Thema „Frührehabilitation von Schlaganfallpatienten durch Hirnstimulation“ als „Ausgewählter Ort“ ausgezeichnet.

„Das Thema faszinierte mich bereits im Studium und lässt mich seitdem nicht mehr los. Und in den vergangenen Jahren haben wir auch einige Durchbrüche erzielt“, erzählt Grefkes. Beispielsweise fanden Jülicher Forscher 2007 bei der ersten großen Studie mit Schlaganfallpatienten heraus, wie sich das Gehirn nach einem Schlaganfall erholt und neu organisiert. Bekannt war bereits, dass bei einem Schlaganfall ein Teil des Gehirns nicht mehr ausreichend durchblutet wird und Hirngewebe abstirbt. Die körperlichen Folgen sind – je nach Schwere des Schlaganfalls –

# 2/3

der Menschen,  
die einen Schlaganfall  
erleiden, leben in  
Entwicklungsländern.

## Übers Ziel hinausgeschossen

Ob und wie weit sich mithilfe transkranieller Stimulation die Hirnleistung verbessern lässt, haben Göttinger Forscher 2014 zusammen mit Shinichi Furuya und Eckart Altenmüller von der Musikhochschule Hannover an Pianisten getestet: Während

ungeübte Klavierspieler tatsächlich nach Gleichstromstimulation besser spielten, nahm die Anschlagsgenauigkeit bei den Profis ab. Offensichtlich kann man die Leistung eines Hirnareals, das schon sein Optimum erreicht hat, nicht mehr verbessern,

sondern nur noch verschlechtern, folgerten die Forscher. „Oder aber man müsste bei den Profi-Pianisten möglicherweise ganz andere Bereiche im Gehirn stimulieren“, gibt Prof. Christian Grefkes zu bedenken.

Lähmungen, Gleichgewichtsstörungen, Seh- oder Sprachstörungen. Im Laufe der Zeit übernehmen andere, gesunde Bereiche im Gehirn die Aufgaben der abgestorbenen Regionen. „Unsere Studienergebnisse waren eine Überraschung“, blickt Grefkes zurück. So konnten die Jülicher Wissenschaftler bei einigen Schlaganfallpatienten zeigen, dass die gesunde Gehirnhälfte die geschädigte Hirnregion bei der Reorganisation nicht unterstützt, sondern – im Gegenteil – hemmt.

„Wir haben mithilfe der transkraniellen Magnetstimulation das ‚Störfeuer‘ der gesunden Hirnhälfte kurzfristig unterdrückt – mit dem Erfolg, dass die Betroffenen ihre Hände wieder gezielter einsetzen konnten. Im Klartext: Durch die gezielte Hemmung der überschießenden Gehirnaktivität und die dadurch bedingte Normalisierung der Netzwerke haben wir eine motorische Verbesserung erzielt – das war eine völlig neue Erkenntnis“, so der Mediziner. Damit wurde auch deutlich, dass es nicht nur die eine, optimale Lösung gibt, um motorische Funktionen nach einem Schlaganfall zu verbessern. Forscher müssen sich sehr genau den Zustand des Gehirns anschauen, um langfristig mit einer auf den Patienten zugeschnittenen Therapie die Störung im Netzwerk zu beheben.

### DIREKT AM BETT EINSETZBAR

Um die Störung aufzuspüren, haben die Forscher bisher vor allem die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) als bildgebendes Verfahren eingesetzt: Sie macht aktive Regionen im Gehirn dreidimensional sichtbar. Die Betroffenen werden in eine enge Röhre geschoben, in der sie absolut ruhig liegen und gleichmäßig atmen müssen, damit die Aufnahme nicht gestört wird. „Für den Klinikalltag ist die Untersuchung aber zu aufwendig, und nicht alle Betroffenen schaffen es, ruhig liegen zu bleiben oder entsprechenden Aufforderungen zu folgen“, sagt Grefkes.

Einen Ausweg soll eine neue Methode schaffen, die die Ärzte künftig ohne großen Aufwand direkt am Patientenbett einsetzen können: eine Kombination aus TMS und einer Messung der Hirnströme, der Elektroenzephalographie, bekannter unter der Abkürzung EEG. Aktuell testen die Jülicher und Kölner ihren Ansatz in einer experimentellen Studie. „Mit der Kombination von EEG und TMS sind wir in der Lage, direkt zu messen, wie die Stimulation durch Magnetfelder auf das Gehirn wirkt. Dadurch können wir sie an die Bedürfnisse der Patienten anpassen – quasi eine maßgeschneiderte Stimulation. Die ist zwar noch Zukunftsmusik, aber schon in greifbare Nähe gerückt“, so Grefkes.

Was für den Laien nicht sonderlich beeindruckend klingt, erfordert viel Geschick und noch mehr mathematisches Verständnis: Denn TMS und EEG reagieren aufeinander wie Feuer und Eis. „Das EEG ist eine Messmethode, um sehr feine Nervenströme zu erfassen, die Magnetstimulation hingegen so stark, dass sie zunächst jedes Signal überlagert, das das EEG aufzeichnet“, erklärt die Jülicher Mathematikerin Prof. Silvia Daun, ebenfalls vom INM-3. Dennoch ist es den Forschern gelungen, die beiden Methoden mit einem Fokus auf Schlaganfallpatienten zu verzahnen.

Diese Parallelität von Stimulation und Auswirkung ist in der Schlaganfall-Forschung noch Neuland – die Wissenschaftler erhoffen sich davon neue Erkenntnisse und Vorhersagemodelle – basierend auf den von Silvia Daun entwickelten mathematischen Netzwerkmodellen. „Das EEG hilft uns auszulesen, wo sich die Netzwerkstörung im System befindet, wo wir mit der Magnetstimulation eingreifen müssen, welchen Netzwerkknotenpunkt wir mit der Stimulation verstärken oder abschwächen müssen, um die Erholung des Gehirns zu unterstützen – das ist brandaktuell“, sagt die Wissenschaftlerin.

Parallel dazu sind die Forscher um Fink und Grefkes beteiligt an der bisher weltweit einzigen klinischen Studie zur TMS als Therapie für Schlaganfallpatienten, die 150 Frauen und Männer berücksichtigt. In einer bereits vorausgegangenen Machbarkeitsstudie konnten sie an 26 Patienten zeigen, dass sich mit TMS die Motorik der Patienten in den ersten zwei Wochen nach dem Schlaganfall verbessern lässt. Dazu hatten die Forscher die Hirnregion zusätzlich angeregt, die für Bewegung zuständig ist. „Die Vernetzung der Hirnareale hat sich durch die Stimulation verbessert. Und gerade diese Vernetzung gilt als einer der wichtigsten Faktoren, damit sich das Gehirn wieder erholt“, so Grefkes.

Die sehr aufwendige klinische Studie läuft seit zwei Jahren und wird voraussichtlich noch zwei weitere Jahre in Anspruch nehmen. „Gelingt es uns, den Erfolg aus der Machbarkeitsstudie in der großen Gruppe zu wiederholen“, sagt der Mediziner, „hätten wir die erste wirklich gut überprüfte Therapie, die die gängigen Rehabilitationsmethoden um einen völlig neuen Ansatz ergänzt.“

KATJA LÜERS

# 64

Prozent der überlebenden Patienten bleiben nach einem Schlaganfall auf Pflege oder Therapie angewiesen.

### Transkranielle Magnetstimulation (TMS)

Es kribbelt vielleicht ein bisschen im Kopf – aber ansonsten ist die TMS völlig schmerzlos. Eingesetzt wird sie sowohl in der Diagnostik als auch in der Therapie: Forscher stimulieren mit einer Magnetspule am Kopf die Nervenzellen in der Großhirnrinde des Gehirns. Schickt man über die Spule binnen Millisekunden bei großer Spannung ein starkes, gepulstes Magnetfeld durch Haut und Knochen ins Gehirn, werden die Nervenzellen in ihrer Aktivität verstärkt oder abgeschwächt.

# Gutes Pflaster für Radfahrer und Batterieforscher

**2,2  
plus**

2,2 Quadratkilometer misst der Campus des Forschungszentrums. Jülicher Wissenschaftler sind aber über den Campus hinaus aktiv – etwa im [Helmholtz-Institut Münster](#).

## Wieso dort?

Die Chemikerin Laura Imholt arbeitet am Helmholtz-Institut Münster (HI MS), das 2014 als Außenstelle des Forschungszentrums Jülich gegründet wurde.

### Woran forschen Sie am HI MS?

Ich entwickle neue Materialien für die zentrale Komponente von Batterien und Akkus, den Elektrolyten. Heute ist er meist flüssig. Mit Polymer-Elektrolyten, die quasi fest sind, möchte ich die Leistung von Batterien verbessern.

### Warum in Münster?

Am MEET Batterieforschungszentrum der Uni Münster gibt es langjährige Erfahrungen mit elektrochemischen Energiespeichern. Das HI MS nutzt und vertieft dieses Know-how, auch mithilfe der Partner in Jülich und an der RWTH Aachen.

### Wie arbeiten Sie zusammen?

Wir Forscher aus Aachen, Jülich und Münster treffen uns regelmäßig, kooperieren in Projekten und nutzen gegenseitig unsere Infrastruktur. Das HI MS eröffnet Möglichkeiten, die ich in Münster allein nie gehabt hätte.



↑ Kein Giebel wie der andere: Der Prinzipalmarkt in Münster gilt als einer der schönsten Plätze Deutschlands.

**58**

Mitarbeiter hat das Helmholtz-Institut Münster derzeit

## Ortskunde

### Fahrradhauptstadt Deutschlands

100.000 Menschen sind täglich mit dem Rad in Münster unterwegs, das ist ein Drittel der Stadtbevölkerung. Neben einem autofreien Ring um die Innenstadt gibt es an Ampeln Extra-Haltepunkte für Radfahrer.

### Astronomie auf der Uhr

Auf dem Ziffernblatt der 475 Jahre alten Astronomischen Uhr im St.-Paulus-Dom dreht sich nur ein einziger Zeiger – und zwar anders als üblich links herum. An ihm lässt sich neben der Stunde etwa der Gang der Planeten ablesen.

### Neues Jerusalem

Münster war von 1534 bis 1536 in der Hand der Täufer. Diese sahen sich als einzig wahre Christen und Münster als neues Jerusalem. Tatsächlich errichteten sie eine Terrorherrschaft.



## GEFÄLLT UNS

AUSGEZEICHNET

### Jülicher Blogportal belegt 2. Platz

Die Jülich Blogs haben bei der Wahl zum Wissenschaftsblog 2017 den zweiten Platz belegt. Sie standen in Konkurrenz zu 17 weiteren ausgewählten Blogs, die in deutscher Sprache über die Welt der Forschung berichten. Knapp 3.000 Internetnutzer beteiligten sich an der Abstimmung von „Wissenschaft kommuniziert“, dem Blog des Wissenschaftsjournalisten Rainer Korbmann. Wir freuen uns sehr über die Auszeichnung und gratulieren dem „Zukunftsblog“ der ETH Zürich sowie dem Blog „adhibeo“ der Hochschule Fresenius, die Platz 1 und 3 belegten.

- BLOGS.FZ-JUELICH.DE -



ONLINEPORTAL

### Spielend entdecken

Hinter der Hecke am Helmholtz-Weg liegt der digitale Forschungsgarten der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“. Hier können Kinder im Grundschulalter in kniffligen Onlinespielen etwa einen Kompost via Steinschleuder füllen oder mittels Zahnrädern eine Antriebswelle betreiben. Im „Treffpunkt“ können die Juniorforscher Fragen stellen und eigene Ideen hochladen. Ein „Wecker“ verhindert, dass sie zu viel Zeit vor dem Rechner verbringen, und schickt sie rechtzeitig nach draußen – in den richtigen Garten.

- MEINE-FORSCHERWELT.DE -



WISSENSCHAFTSCOMIC

### Mit „Halophyteman“ zum Biotreibstoff

Der neue Superheld am Comic-Himmel heißt „Halophyteman“. Seine Mission: die Energieprobleme der Welt zumindest ein Stück weit lösen. Dabei hilft sein grüner Körper, der aus Salzpflanzen besteht, sogenannten Halophyten. Aus dem Zucker dieser Pflanzen soll in dem Comic ein nachhaltiger Biokraftstoff erzeugt werden. Der Held ist frei erfunden, die Idee dahinter nicht: Sie basiert auf einem wissenschaftlichen Paper zu Salzpflanzen – verfasst von jungen Forschern, die auch in dem 16-seitigen Comic auftauchen.

Einer von ihnen ist Dr. Carsten Montzka vom Jülicher Institut für Bio- und Geowissenschaften.

- AGYA.INFO -

STICHWORT: SALICORNIA

# FORSCHUNG IN EINEM TWEET

Weltrekord: Jülicher Forscher haben einen Quantencomputer mit 48 Quantenbits simuliert – und das auf zwei Supercomputern. #Quantencomputing

---



## **Prof. Kristel Michielsen**

vom Jülich Supercomputing Centre und ihre Kollegen helfen so zu verstehen, wie Quantencomputer funktionieren. Gerechnet hatten sie sowohl auf dem schnellsten Rechner der Welt, Sunway TaihuLight in China, als auch auf dem K-Supercomputer in Japan. Deren Rechenpower reichte jedoch erst, nachdem Michielsen den Speicherbedarf für die Simulation um den Faktor acht reduziert hatte.