

# Einsichten Das Forschungsmagazin



# Inhalt





Das Gesicht des Whistleblowers

- 22 Transparente Ordnung
- 6 Aktuelles aus der Forschung
  Die Gemeinschaft in uns Meldungen
- 22 Schwerpunkt: Durchblick schaffen
- 24 **Das Wissen der Insider**Die Figur des Whistleblowers polarisiert über
  Motivation, Image und Schutz von Hinweisgebern
- Wissen, was der Chef weiß
  Inverse Transparenz: Wie sich Daten über
  Mitarbeiter zum Nutzen von Unternehmen *und*Beschäftigten nutzen lassen.

34 Richtig offen

Ein Großprojekt: Wie lässt sich Unternehmenstransparenz wirksam regulieren und wie ein durchschaubares Steuersystem entwickeln?

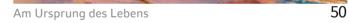
40 Mode ist Freiheit!

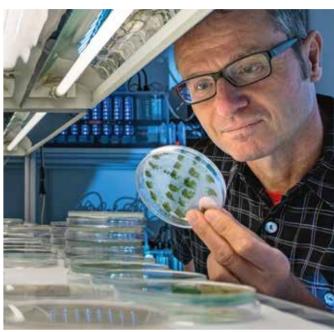
Was ist das Geheimnis der Mode? Geht es um Zeigen und Verhüllen – oder um Brechung und ein subversives Durchkreuzen von Erwartungen?

46 Jenseits der Grenze

Eine neue Transparenz in der Nanowelt: Sogar einzelne Proteine lassen sich mit herkömmlichen Mikroskopen sichtbar machen.







Nachhilfe für die Photosynthese

50 Molekularküche

Wie aus der Ursuppe Leben entstand: Ein Gespräch über die Vorgeschichte der Evolution

58 Evolution im Zeitraffer

Wie sich Pflanzen schneller und effizienter an eine veränderte Umwelt anpassen lassen

Rubriken

- 3 Editorial
- 11 **Der Dolmetscher:** Thomas Seidl über Machine Learning

- Der neueste Stand: Gerd Sutter über die Forschung zu Corona-Impfstoffen
- 18 Unterhaltung mit: Erik Schilling über Authentizität
- 64 Büchertisch
- 65 Impressum
- 66 Die Zukunftsfrage

Wie können wir die Erinnerung an den Holocaust wachhalten?

Titelbild: picture alliance/blickwinkel/D. u. M. Sheldon



Mittlerweile das gewohnte Bild: Wissenschaftler und Politiker gemeinsam in der Bundespressekonferenz. Foto: E. Conti/NurPhoto/picture alliance

#### Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wenn man so will, ist 2020 das Jahr der Wissenschaften – in einem ganz neuen Sinne: Selten war der Rat von Forschern so dringend gefragt wie in Zeiten von COVID-19. Aber selten zuvor war ihre Arbeit so sehr auch öffentlichem Zweifel ausgesetzt. Wissenschaftler sollen dem Publikum die Pandemie erklären, der Politik die Unsicherheit der Entscheidung nehmen, sie sollen schnell Rezepte gegen das Virus parat haben – und dabei stets den aktuellen Kenntnisstand transparent machen, gern auch widerspruchsfrei aufbereiten, um den Wissenschaftsverächtern Paroli zu bieten.

Gerd Sutter zum Beispiel kennt diesen Erwartungsdruck. Der Virologe arbeitet mit anderen Teams an einem Impfstoff gegen das neue Coronavirus. In der Rubrik *Der neueste Stand* gibt er Auskunft über das weltweite Rennen um Impfstoffe, an dem sich rund 200 Verbünde beteiligen. An diesen Wettlauf vor allem binden sich angesichts der Pandemie Hoffnung, Skepsis und die Forderung nach Transparenz.

Möglichkeiten und Bedingungen der Transparenz – ihnen gehen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der LMU in der neuen Ausgabe des Forschungsmagazins Einsichten nach. Der Jurist Ralf Kölbel untersucht, was einen Mitarbeiter zum Whistleblower macht, der Geheimgehaltenes offenlegt. Der Wirtschaftsinformatiker Thomas Hess skizziert das Modell der Inversen Transparenz; danach lassen sich Daten über Mitarbeiter zum Gewinn für Unternehmen und Beschäftigte nutzen. Die Betriebswirte Christian Hofmann, Deborah Schanz und Thorsten Sellhorn suchen nach Wegen, die Unternehmenstransparenz wirksam zu regulieren. Die Romanistin Barbara Vinken bricht eine Lanze für eine Mode, die Erwartungen von Zeigen und Verhüllen unterläuft. Und der Biophysiker Ralf Jungmann hat ein Verfahren entwickelt, das die Nanowelt der Proteine mit herkömmlichen Mikroskopen transparent macht – Durchblick schafft, wie wir es im Hefttitel nennen.

Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihnen Ihre *Einsichten*-Redaktion



#### Die Gemeinschaft in uns

Das dichtestbesiedelte Ökosystem gehört nicht zur Umwelt des Menschen, sondern zu seiner Innenwelt, sagt Bärbel Stecher. Sie untersucht die "Darmflora" und ihr komplexes Stoffwechselnetzwerk. Was macht diese Gemeinschaft von Mikroorganismen, das Mikrobiom, so wichtig für die Gesundheit?

Von Bärbel Stecher kann man viel über das menschliche Innenleben erfahren, zum Beispiel über das menschliche Mikrobiom, das sie erforscht, eine geheimnisvolle und extrem dynamische Gemeinschaft aus Myriaden von Bakterien, Pilzen und Viren, die unterschiedliche Habitate auf und in unserem Körper besiedeln. Die Mikroorganismen finden sich überall auf der Haut, auf allen Schleimhäuten und vor allem im Magen-Darm-Trakt. "Wussten Sie, dass das wahrscheinlich am dichtesten besiedelte Ökosystem des Globus in uns selber liegt?", fragt Stecher. "Im menschlichen Dickdarm finden sich pro Gramm zehn hoch zwölf Mikroorganismen", sagt die Mikrobiologin vom Max von Pettenkofer-Institut der LMU.

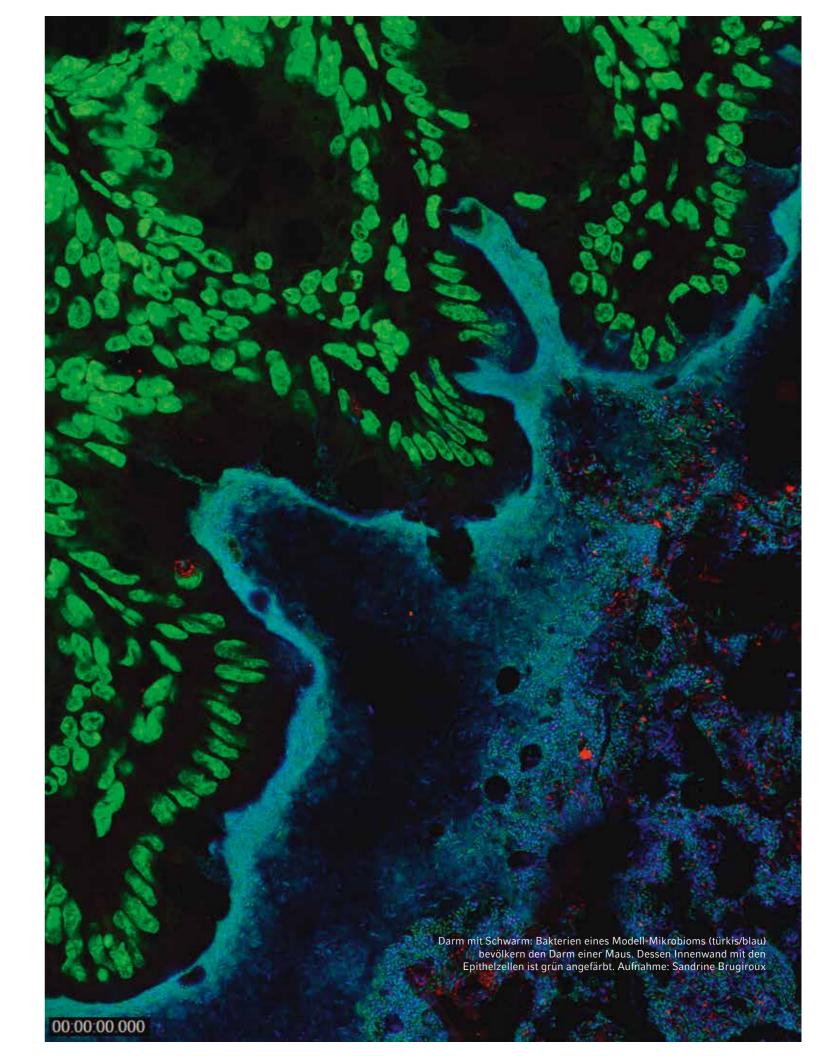
Wichtig ist dabei nicht die Menge, wichtig sind die Vielfalt und das komplexe Zusammenspiel all dieser Kleinstlebewesen. Sie helfen uns, Nahrungsmittel zu verarbeiten, die wir sonst nicht verdauen könnten, versorgen uns mit wichtigen Nährstoffen und trainieren unser Immunsystem, sodass wir wahrscheinlich besser vor Infektionen geschützt sind. "Bakterien etwa besitzen besondere Enzyme und Abbauwege im Stoffwechsel, die dem menschlichen Körper fehlen", sagt

Stecher. Sind die Funktionen des Mikrobioms gestört, kann dies womöglich Stoffwechselerkrankungen wie Typ-2-Diabetes, Allergien, chronisch-entzündliche Darmerkrankungen und sogar Krebs mitverursachen. "Aktuelle Forschungsarbeiten zeigen, dass das Mikrobiom im Darm einen wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit des Menschen hat", sagt Stecher. Solche Erkenntnisse sind mittlerweile in die breite Öffentlichkeit eingesickert. Ein Buch mit dem Titel Darm mit Charme verkaufte sich in Deutschland mehr als eine Million Mal. Das Mikrobiom gilt vielen schon als eine Art Superorgan. Ärzte und Ernährungswissenschaftler raten bisweilen zur Einnahme von Probiotika, zur Darmsanierung oder gar zur Fäkaltransplantation, um Beschwerden etwa bei der Verdauung, Infektionen oder gar chronische Entzündungen zu lindern. "Tatsächlich sind viele Zusammenhänge immer noch nicht gut verstanden", sagt Stecher. Aufgrund neuer Technologien etwa in der Metagenomseguenzierung können Grundlagenforscher aber inzwischen Assoziationen zwischen Veränderungen des Mikrobioms und Erkrankungen aufschlüsseln und im Anschluss Wirkmechanismen einzelner Mikroorganismen identifizieren und die Wirt-Mikrobiom-Wechselwirkung auch auf molekularer Ebene besser verstehen. Die Hoffnung ist, das Mikrobiom für Diagnose und Therapie bestimmter Erkrankungen einsetzen zu können.

Bärbel Stecher, Professorin für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene, konzentriert sich vorwiegend auf das Mikrobiom im menschlichen Darm, und hier vorwiegend auf Bakterien, die rein von ihrer Masse rund 95 Prozent der menschlichen Begleiter ausmachen und funktionell den größten Einfluss im Mikrobiom haben. Die Diversität der Darmbakterien im Verdauungstrakt ist geringer als ursprünglich vermutet. Auch die Bandbreite pro Individuum ist überschaubar. Nachweisbar sind im Durchschnitt zwischen

200 und 400 verschiedene Bakterien, die miteinander und mit ihrem Wirt interagieren. "Neue Sequenziermethoden in Kombination mit bioinformatischen Analysen, aber auch die klassische Isolierung und Stammbeschreibung im großen Stil haben es in den vergangenen Jahren möglich gemacht, deutlich mehr Arten zu beschreiben", sagt Stecher. Insgesamt seien weltweit mehr als 2000 verschiedene Spezies identifiziert worden, die den menschlichen Darm besiedeln können. Diese kommen noch dazu in unterschiedlichen Variationen, sogenannten Stämmen, vor. "Es ist daher schwierig, herauszufinden, ob es Bakterienarten gibt, die bei allen Menschen vorkommen", sagt Stecher. Jeder Mensch hat eine ganz eigene Sammlung von mikrobiellen Kolonisatoren, was zu einem hohen Maß an Individualität führt. Welche Folgen die persönliche Zusammensetzung hat und was eigentlich ein gesundes Mikrobiom ausmacht, steht immer stärker im Fokus der Forschung. "Noch kann man an einem Mikrobiom nicht direkt erkennen, ob jemand gesund oder krank ist", sagt Stecher. Prinzipiell sei eine große bakterielle Vielfalt vorteilhaft, jedoch müsse man von vielen Bakterienarten die komplexen Stoffwechseleigenschaften erst erforschen. Der menschliche Darm ist schließlich sowohl

Der menschliche Darm ist schließlich sowohl von nützlichen als auch von schädlichen Bakterien bevölkert. Die schädlichen wie *Helicobacter pylori* oder verschiedene Arten von Salmonellen kennen die Mikrobiologen gut. Salmonellen sind stäbchenförmige Bakterien, die beim Menschen Magen-Darm-Infektionen auslösen. Bei Kindern oder älteren und immungeschwächten Menschen können die Krankheitsverläufe mitunter schwer sein. Doch nur bei 10 bis 20 Prozent derer, die die Keime meist über kontaminierte Lebensmittel aufnehmen, kommt es zu einer Infektion. Unklar ist, welche molekularen Mechanismen den großen Rest vor den Salmonellen schützen.



Stecher sagt, dass "Menschen mit einem intakten Mikrobiom meist gut geschützt sind". Die Mikrobiologin hat im Rahmen von Versuchen bei Mäusen herausgefunden, dass dabei insbesondere das Bakterium *Mucispirillum schaedleri* eine zentrale Rolle spielt. Die Schutzwirkung scheint darauf zu beruhen, dass es einen wichtigen Virulenzfaktor der Salmonellen abschalten kann. "Es gibt erste Hinweise, dass Mucispirillum auch bei Menschen vorkommt und somit vor einer Infektion schützen könnte."

Damit die Forschung mehr als nur Einzelfälle analysieren kann, hat Stecher mit ihrem Team ein einfaches Modellmikrobiom in Mäusen entwickelt. Es soll helfen, Funktionen des Mikrobioms besser zu verstehen. Keimfreie Mäuse werden dabei gezielt mit einem Dutzend gut charakterisierten Mikroorganismen besiedelt, die die Bakterien des Mikrobioms gleichsam repräsentieren und auch im gesunden Darm vorkommen.

Die Forscher verändern dafür jeweils die Zusammensetzung des Mikrobioms und schauen sich die Effekte an, die das bei bestimmten Krankheitsbildern auslöst. So untersuchen sie beispielsweise die Komposition der Stoffwechselprodukte. Stecher will so die molekularen Mechanismen der Interaktion zwischen Mikrobiom und Wirt verstehen und bei den Befunden von einer simplen Korrelation zur Kausalität kommen. "Das Modell hat eine Marktlücke gefüllt", sagt Stecher. Es habe sich in der Forschungslandschaft gut etabliert. "Wir selbst verwenden es zur Untersuchung von Schutzmechanismen gegenüber Darminfektionen, aber es lässt sich auch einsetzen, um etwa Alzheimer oder chronisch-entzündliche Darmerkrankungen zu studieren."

Für Forscher ist das eine komplexe Aufgabe. "Es reicht nicht, nur mutmaßlich beteiligte Bakterien zu katalogisieren", sagt Stecher. "Wir müssen das komplexe Zusammenspiel verschiedener Mikroorganismen verstehen. "Nicht einzelne Spezies, sondern veränderte Interaktionen sind entscheidend dafür, ob Menschen an bestimmten Erregern erkran-

ken oder nicht." Die Forscher wollen in Experimenten auch untersuchen, was passiert, wenn man das Darmmikrobiom gezielt verändert. Stecher erzählt von ihren Untersuchungen an E. coli. Das Darmbakterium hat einiger Stämme wegen als Verursacher von Durchfallerkrankungen einen "schlechten Ruf". "Wir sehen aber auch, dass es im Darm eine wichtige Rolle spielt und in bestimmten Umgebungen vor Salmonellen-Infektionen schützt."

Wie in einem Baukasten tauschen die Forscher in ihren Experimenten darum die wichtigsten Bakterienspezies gegeneinander aus und schätzen so ihren Einfluss ab, entwickeln jeweils Modelle für bestimmte Erkrankungen vom einfachen Durchfall bis zum Darmkrebs und wollen so die Entstehung und die Mechanismen einer Erkrankung verstehen. Ziel ist es herauszubekommen, wie ein Mikrobiom jeweils aussehen muss, damit man gegen bestimmte Erkrankungen so gut wie möglich geschützt ist.

Auch im neuen Proiekt "EvoGutHealth", für das Stecher im letzten Jahr einen der renommierten Consolidator-Grants des Europäischen Forschungsrates (ERC) erhielt, nutzt sie ihr Modellsystem. Ein Aspekt ist dabei für die Mikrobiologin von besonderem Interesse: Um sich den jeweiligen Bedingungen anzupassen, können sich Bakterienstämme im Darm durch Mutationen rasant verändern. Über diese Evolution der Bakterien ist noch wenig bekannt. Die Mikrobiologin will herausfinden, wie während der raschen Anpassung kollektive Stoffwechselaktivitäten im Körper entstehen, die letztendlich die Funktionen des Mikrobioms als Ganzem ausmachen. "Es dauert bei unseren Mäusen oft Monate, bis sich ein funktionsfähiges Mikrobiom gebildet hat", erzählt Stecher. "Wir möchten verstehen, wie sich verschiedene Bakterien evolutionär aneinander anpassen. Dafür wollen wir auch genetische Modellsysteme entwickeln."

Auch beim Menschen gibt es im Lauf seines Lebens ähnliche Prozesse. Säuglinge entwickeln ihr Mikrobiom Schritt für Schritt erst

nach der Geburt, dabei spielen zum Beispiel Bakterien aus dem Geburtskanal oder vom Stillen eine Rolle. "Die Vielfältigkeit des Mikrobioms nimmt bei Kindern in den ersten drei Lebensjahren zu", sagt Stecher. Die Mechanismen dahinter und die Rolle von evolutiven Prozessen sind zum großen Teil nicht verstanden. Zudem ist noch wenig bekannt, welche Spätfolgen diese frühe Besiedlung auf die menschliche Gesundheit hat. Indigene Völker haben in der Regel ein vielfältigeres Mikrobiom als Menschen in Industrienationen – was immer wieder als eine Ursache dafür diskutiert wird, dass sie seltener an sogenannten Zivilisationskrankheiten wie Diabetes. Bluthochdruck oder manchen Krebserkrankungen leiden.

Stecher erzählt in diesem Zusammenhang von einer internationalen Initiative von Mikrobiologen, die das Mikrobiom "retten" will. Microbiota Vault will menschliche Mikrobiome gezielt sammeln und für die Zukunft in einer Art eisigem Tresor an einem geheimen Ort konservieren, damit dieser reiche Schatz für die Forschung und die Menschheit nicht verloren geht. "Ich finde das cool", sagt Stecher. Ähnlich wie beim Pflanzensaatgut-Tresor, dem Svalbard Global Seed Vault auf der norwegischen Insel Spitzbergen, in dem mehr als 800.000 unterschiedliche Saatgut-Proben lagern, soll es ein Reservoir für verschwindende, aber für den Menschen wichtige Spezies sein – für Mikroorganismen, die wir womöglich irgendwann einmal im Kampf gegen Krankheiten brauchen können. "Es ist gut, das für kommende Generationen zu erhalten, denn das Mikrobiom ist immer noch eine Blackbox. Wir kennen zwar die Mikroorganismen, aber von 80 Prozent ihrer Gene kennen wir noch immer nicht die genaue Funktion. Da werden wir noch Überraschun-

Hubert Filser

**Prof. Dr. Bärbel Stecher** ist Professorin für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene am Max von Pettenkofer-Institut der LMU.



Auch Rechner können Erfahrungen sammeln, systematisieren und daraus Regeln ableiten. Entscheidend ist das Lernfutter. Foto: C. Olesinski/LMU

### Der Dolmetscher: Thomas Seidl über "Machine Learning"

Es gibt wissenschaftliche Begriffe, die es in die Alltagswelt geschafft haben. LMU-Wissenschaftler erklären an dieser Stelle solche Ausdrücke – nicht nur mit einer reinen Definition, sondern auch mit einer kurzen Geschichte ihrer Popularität.

"Formal lässt sich Lernen als mathematische Funktion verstehen: Situationen, Beobachtungen, Frage- und Aufgabenstellungen aus der realen Welt - das sind die Eingaben – lassen sich auf geeignete Antworten, Entscheidungen und Handlungsoptionen – als Ausgaben – abbilden. Doch wie lernen Maschinen? In den Anfängen fütterte man Rechner vor allem in der Sprachverarbeitung mit Regeln, doch lebendige Sprache lebt von einer Fülle von Ausnahmen – zu komplex, um sie in einen noch so ausgefeilten Regelkanon zu gießen. Neuere Systeme lernen die Funktionen selbsttätig aus sorgfältig ausgewählten Beispielen, in der Sprachverarbeitung etwa aus einer Fülle von Texten als Trainingsbeispielen. Gängig sind heute Deep-Learning-Verfahren, die auf der Basis von künstlichen neuronalen Netzen arbeiten. Dass das gut funktioniert - damit beginnt die Erfolgsgeschichte des Maschinellen

Lernens. Mit Chatbots beispielsweise lassen sich immer mehr Dienstleistungen teilautomatisieren. Machine Learning bedeutet also, dass Rechner Erfahrungen sammeln, systematisieren und daraus Regeln ableiten. Das Vorbild ist das Gehirn. Entscheidend für den Erfolg aber ist das Lernfutter. Was gebe ich dem Netz? Welche Trainingsdaten, in welcher Reihenfolge? Da hat sich das Engineering schon deutlich verschoben – von der Gestaltung der Funktionen hin zur Gestaltung der Eingaben. Zentral für das Machine Learning ist dabei auch das Prinzip des selbstverstärkenden Lernens nach dem Muster von Versuch und Irrtum (Reinforcement Learning), das Systemverhalten also an Rückmeldungen zu Erfolgen und Misserfolgen anzupassen. Doch bleibt noch nachvollziehbar, was selbstlernende Systeme machen? Das abzusichern, daran arbeiten unter dem Stichwort Explainable AI gerade viele Forscher. Es ist schließlich eine entscheidende Frage, wenn man an Anwendungen wie die Maschinenwartung oder gar die Therapieplanung in der Medizin denkt.

Bislang gab es noch keine Technologie, die sämtliche Bereiche von Dienstleistung und Produktion so umfassend beeinflusst wie Machine Learning. Es gibt keinen Bereich, in dem man nicht überlegt, wie man Datenverarbeitung auf diese Weise automatisieren kann. Das Potenzial möglicher Anwendungen ist noch lange nicht ausgeschöpft. An künstliche Intelligenz knüpfen sich große Fortschrittshoffnungen. Und mit dieser Welle ist auch die technologische Basis, das Machine Learning, hochgespült worden und plötzlich populär wie nie zuvor. Diskussionen um KI gibt es schon seit Jahrzehnten, doch regelmäßig folgte auf eine Blütezeit der nächste KI-Winter, die Erwartungen waren zu groß, als dass die Forschung sie hätte erfüllen können. Im Moment aber sind wir, glaube ich, in einer Phase, in der technisch schon viel funktioniert. Natürlich gibt es eine Menge offener Fragen. Sie betreffen heute allerdings nicht mehr so sehr die grundsätzliche Funktionalität, sondern vor allem die Ausgestaltung in einer demokratischen Gesellschaft."

Protokoll: math

Prof. Dr. Thomas Seidl ist Inhaber des Lehrstuhls für Datenbanksysteme und Data Mining an der LMU und einer der Direktoren des Munich Center for Machine Learning (MCML).

Ausgabe 2020 Einsichten. Das Forschungsmagazin Ausgabe 2020



#### Aus der Deckung gewagt

Virologen streiten via Bild über noch ungeprüfte wissenschaftliche Teilstudien, derweil Politiker in Talkrunden über Lockdown, Lockerungen und die Vorläufigkeit fundamentaler Entscheidungen räsonieren. Das Publikum schaut betroffen zu und fragt sich: Was stimmt? Wie soll ich mich verhalten? Wie soll das alles weitergehen? Es sind existenzielle Fragen einer Weltgesellschaft in der Krise. Auffallend in dieser Kakophonie der Meinungen und Expertisen aber ist das Schweigen derjenigen, die sich professionell mit den ersten und letzten Fragen auseinandersetzen, der Philosophen. Nikil Mukerji und Adriano Mannino jedoch, zwei junge Ethik-Experten von der LMU, wagen sich aus der Deckung mit einem bereits im April 2020 in Druck gegangenen Reclam-Bändchen.

Sie liefern nicht nur konkrete Antworten, sie plädieren für die Hierarchie "Containment > Cocooning > Delay". Das heißt: Für sie ist Eindämmung, wie sie derzeit in Deutschland praktiziert wird, die beste Lösung. Als zweitbeste sehen sie den besonderen Schutz von Risikogruppen, etwa alten Menschen. Es laufen zu lassen wäre die schlechteste Lösung. Doch die Philosophen gehen noch einen entscheidenden Schritt weiter: Sie zeigen die logischen und ethischen Kurzschlüsse der aktuellen Diskussion auf und skizzieren ein philosophisches Modell zur Entscheidungsfindung in Krisenzeiten unter dem Motto: "Wir dürfen Descartes' Fehler nicht wieder-

holen." René Descartes, der Theoretiker des Zweifels, hatte zum Beispiel nichts gegen Vivisektionen, da Tiere kein Bewusstsein und keine Seele und damit auch kein Schmerzempfinden hätten. Doch Descartes bedachte, so Mukerji und Mannino, schlicht die weitreichenden Folgen nicht für den Fall, dass er sich mit seiner Grundannahme irre. In einer Zeit mangelhafter Information aber ist "Hedging", das Einbeziehen und Gewichten von Worst-Case-Szenarien, essenziell.

Ist die Zeit zum Denken knapp, haben Pragmatismus und Praxis Vorrang, müssen Risiken diversifiziert und auch Minderheitenmeinungen einbezogen werden. Schließlich steht viel auf dem Spiel: Leben und Gesundheit vieler, die Geltung von Grundrechten, wirtschaftliche Prosperität und die Stabilität ganzer Staaten. Nur abzuwarten, bis Einigkeit herrscht, ist keine Option, weil potenziell zu gefährlich. So können Grundrechtsverletzungen wie eine Impfpflicht gerechtfertigt sein, ist der potenzielle Schaden durch Verweigerung viel höher als das Impfrisiko.

Kants berühmte Fragen aus der Kritik der reinen Vernunft ("1. Was kann ich wissen? 2. Was soll ich tun? 3. Was darf ich hoffen?") bekommen in der Krise neues Gewicht. Mukerji und Mannino stellen sich ihnen. (mbu)

Nikil Mukerji, Adriano Mannino: Covid-19: Was in der Krise zählt. Über Philosophie in Echtzeit. Reclam, Ditzingen 2020, 120 Seiten, 6 Euro



Die Logistik des Abstandhaltens – Alltag in Zeiten der Pandemie; Concept Release Event für die IAA 2021 in München, Juli 2020. Foto: Christof Stache/AFP via Getty Images

#### Steigendes Thromboserisiko

Schwere Verläufe von COVID-19 können zu Lungenversagen führen, meist müssen die Betroffenen dann invasiv beatmet werden. Häufig treten bei diesen Patienten auch Lungenembolien oder Thrombosen in den Venen auf. Dass Lungenversagen und systemische Thromboseneigung bei COVID-19 miteinander verknüpft sind, konnten die LMU-Mediziner um Leo Nicolai und Konstantin Stark nun zeigen. Die Lungengefäße von schwer erkrankten COVID-19-Pa-

tienten wiesen zahlreiche Thrombosen in kleinsten Blutgefäßen auf. Auch im Herzen und in der Niere konnten die Forscher derartige Gefäßverschlüsse nachweisen. Die Thromben bestanden überwiegend aus Blutplättchen und aktivierten Entzündungszellen, den sogenannten neutrophilen Granulozyten. Die Verschlüsse entstehen dadurch, dass entzündliche Prozesse die Blutgerinnung und Blutplättchen aktivieren, um zu verhindern, dass sich Viren und Bakterien im Körper ausbreiten. Diese Immunothrombose beeinträchtigt jedoch auch die Blutversorgung des Gewebes, was zum Lun-

genversagen beiträgt. Zudem entwickelt sich eine systemische Thromboseneigung. Die Forscher fanden auch im Blut der Patienten stark aktivierte neutrophile Granulozyten und Blutplättchen. Beide Zelltypen aktivieren sich wechselseitig, was letztlich zu Gefäßverschlüssen in der Lunge führt, bei denen auch sogenannte NETs (neutrophil extracellular traps) eine wesentliche Rolle spielen. Diese netzartigen Strukturen aus DNA und Granulaproteinen der neutrophilen Granulozyten stabilisieren die Blutgerinnsel. (huf)

Circulation, August 2020

# Zellen im Shutdown

Der Name und das Kürzel des Viruseiweißes klingen unauffällig, doch seine Wirkung ist verheerend: Das Nonstructural Protein 1 (Nsp1) ist eine der zentralen Waffen, die das Coronavirus SARS-CoV-2 einsetzt, um sich im menschlichen Körper auszubreiten. Bekannt war dieser Virulenzfaktor bereits seit dem Ausbruch des verwandten SARS-Coronavirus vor gut zehn Jahren: Nsp1, so stellte sich damals heraus, legt im Wirt die Proteinproduktion an den Ribosomen lahm. Doch nun können Forscher aus München und Ulm zeigen, was Nsp1 so gefährlich macht. Ribosomen sind die molekularen Maschinen, die in jeder der biologischen Zellen für die Produktion von Proteinen sorgen. Dafür nutzen sie Abschnitte der sogenannten Messenger-RNA als Baupläne und setzen danach die Ketten aus Aminosäuren zusammen, die sich zu intakten Proteinen falten. Ribosomen bestehen aus zwei Untereinheiten, an der kleineren blockiert Nsp1 ausgerechnet den Eingang des Kanals, in den sich normalerweise die Messenger-RNA mit dem genetischen Bauplan einfädelt. Die Folge: Die molekulare Maschine steht still. Mit hochauflösender Cryo-Elektronenmikroskopie konnte ein Team um Roland Beckmann vom Genzentrum der LMU dreidimensionale Details davon zeigen, wie sich das Viren-Protein in einer Tasche des Ribosoms verklammert und den Kanal versperrt. Zudem greift Nsp1 offenbar auch bestimmte Komplexe des vollständigen Ribosoms an. Der Shutdown der Proteinproduktion führt zu einem nahezu vollständigen Zusammenbruch der angeborenen Immunabwehr, indem er eine dafür zentrale Signalkaskade blockiert. Womöglich bietet das einen Ansatz, das Virus zu bekämpfen, etwa mit einem Molekül, das die Ribosomen-Tasche, an die Nsp1 andockt, gleichsam maskiert. Sie hat offenbar für die normale Proteinproduktion keine unverzichtbare Funktion. (math)

Science, Juli 2020

Aktuelles aus der Forschung Aktuelles aus der Forschung

# Der neueste Stand: Gerd Sutter über das Rennen um den Corona-Impfstoff

Normalerweise entsteht wissenschaftliche Erkenntnis in langen Zyklen. Doch manche Forschungsfragen sind so brisant, dass sich die Ereignisse überschlagen. LMU-Forscher geben für solche drängenden Themen an dieser Stelle einen Überblick über die neuesten Entwicklungen.

Unlängst gab es Jubelmeldungen aus Russland. In absolutem Rekordtempo sei dort der erste Corona-Impfstoff zugelassen worden. Ist dieses russische Powerplay fahrlässig?

Sutter: Es verschiebt auf jeden Fall die Risiken. Sie werden auf die Geimpften abgewälzt. Nach unseren Standards ist die Sicherheit des russischen Impfstoffes nicht ausreichend getestet worden. Man will dort einfach schnell sein, vielleicht braucht man auch angesichts der epidemiologischen Situation in Russland, die noch viel schlimmer sein mag als von außen wahrgenommen, rasch ein Instrument. Der eingesetzte Vektor-Impfstoff selbst ist keine technologische Neuheit, er beruht auf Standard-Adenoviren als Transport- Muss es mehrere Impfstoffe geben, um den Bedarf weltweit abdemittel. Ich halte den Einsatz dennoch für zu früh.

Wann wird es den ersten tatsächlich sicheren Impfstoff geben? Wie weit sind die Projekte zur Impfstoff-Entwicklung?

Sutter: Derzeit befinden sich zehn Impfstoff-Kandidaten bereits in der letzten klinischen Phase, der sogenannten Phase III, verlässliche Tests an einer ausreichenden Zahl von Probanden – mehreren Zehntausend Menschen – dauern hier noch einige Monate. Einer der Tests für einen Impfstoff-Kandidaten, der als besonders aussichtsreich gilt, musste wegen der Untersuchung eines Verdachts auf eine schwerwiegende Nebenwirkung zwischenzeitlich ausgesetzt werden. Ein nicht ungewöhnlicher und wichtiger Prozess der Sicherheitsprüfung in der Impfstoffentwicklung, dieser braucht einfach ausreichend Zeit. Einen zugelassenen sicheren Impfstoff wird es frühestens Ende des Jahres oder zu Beginn 2021 geben.

Weltweit sind inzwischen fast 200 Impfstoff-Kandidaten in der Entwicklung. Welcher wird sich durchsetzen?

Sutter: Das können wir aktuell noch nicht einschätzen. Sicher wird das Verfahren ein Zeichen setzen, das als Erstes mit einem sicheren Impfstoff auf dem Markt ist. Alle folgenden Impfstoffe müssen sich hinsichtlich der Wirksamkeit daran messen lassen. Mit unserem Münchner Impfstoff, der auf einem bekannten und vielfach getesteten Impfvirus aufbaut, läuft es sehr gut. Die Phase-I-Studie läuft, eine Marktzulassung streben wir für 2021 an.

Wie wirksam werden die ersten Impfstoffe sein?

Sutter: Ein Impfstoff sollte einen Schutz vor einer schweren Corona-Erkrankung gewährleisten, das wäre ein Schlüsselanspruch. Er soll Ateminsuffizienz, Lungenentzündungen oder schwere Organschäden verhindern und so Klinikaufenthalt oder gar Koma vermeiden helfen. Wir hoffen, dass mehrere Impfstoffe dieses Level erreichen.

Wäre nicht ein kompletter Schutz vor der Erkrankung wichtig?

Sutter: Wünschenswert wäre es natürlich, dass die Menschen sich erst gar nicht anstecken, nicht krank werden oder vielleicht nur leichte Infektionen des Rachenraumes ohne ernsthafte Symptome haben. Ehrlich gesagt ist das aber eine hohe Hürde. Viele Fachleute erwarten, dass keiner der aktuell erprobten Impfstoffe dies alles leisten kann. Wir müssen auch schauen, ob die Impfstoffe bei unterschiedlichen Personengruppen gleich wirksam sind.

Sutter: Ja, das ist schon allein wegen der gigantischen Zahl der benötigten Impfstoffdosen notwendig. Es ist aber wohl auch sinnvoll, um das gesamte notwendige Wirkspektrum für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen abzudecken. Wir könnten für alte Menschen andere Impfstoffe brauchen als für Kinder oder Menschen mit bestimmten Vorerkrankungen. Für manche brauchen wir vielleicht sogar Kombinationen verschiedener Impfstoffe. Vielleicht müssen wir für bestimmte Personengruppen diese neuen Impfstoffkombinationen gezielt auf Basis der ersten Erfahrungen entwickeln. Das würde ich sogar so erwarten.

Stichwort Immunität: Werden wir jedes Jahr einen neuen Impfstoff brauchen, weil das Virus sich ständig verändert?

Sutter: Ich hoffe und erwarte, dass eine ständige, jährliche Anpassung, wie wir sie von den Influenzaviren kennen, nicht nötig ist. Coronaviren ändern sich nicht so häufig wie andere Viren. Diese Eigenschaft gilt offenbar auch für SARS-CoV-2, wie eine gerade publizierte Studie nahelegt. Erreichen wir mit den aktuellen Impfstoffen eine breite Immunantwort, die T-Zellen und B-Zellen einschließt, haben wir einen länger anhaltenden Schutz, zumindest hinichtlich der schweren Krankheitsverläufe. Interview: huf

Prof. Dr. Gerd Sutter ist Inhaber des Lehrstuhls für Virologie am Institut für Infektionsmedizin und Zoonosen der Tierärztlichen Fakultät der LMU.



#### Im Kopf des Dinos

Die Spinosaurier sind eine Gruppe von großen bis gigantischen Raubdinosauriern, die in der Kreidezeit insbesondere auf der Südhalbkugel weit verbreitet waren. Doch anders etwa als der berühmte Tyrannosaurus entsprechen sie nicht so ganz dem typischen Bild des Raubdinosauriers. Ihr Schädel war eher flach und lang gestreckt, was vermuten lässt, dass sie sich vor allem von Fischen und ähnlich kleiner Beute ernährten. Jetzt konnten Forscher um den Paläontologen Oliver Rauhut von der LMU und der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Geologie das mit der Rekonstruktion von Hirnraum und Innenohr eines 115 Millionen Jahre alten Reliktes bestätigen. Die Struktur des Innenohres und des Flocculus, einer assoziierten Hirnregion, deuten darauf hin, dass die Tiere schnell und sehr präzise den Kopf bewegen und dabei trotzdem den Blick auf eine potenzielle Beute fixieren konnten. (huf) Scientific Reports, Juni 2020

# Dramatischer Schwund von Wasserinsekten

Der Breitenbach in Osthessen gehört zu den bestuntersuchten Gewässern der Welt: Über einen Zeitraum von mehr als 40 Jahren analysierten Forscher die Insektenwelt des Bachs, der in einem Naturschutzgebiet und somit fernab direkter menschlicher Einflüsse liegt. Trotzdem fand ein Forscherteam, zu dem auch LMU-Zoologe Viktor Baranov gehörte, alarmierende Veränderungen: Die Zahl der Insekten nahm in den vier Dekaden bis 2010 um mehr als 80 Prozent ab, die Wissenschaftler führen dies auf den Klimawandel zurück, so war die Wassertemperatur um 1,8 Grad gestiegen. Zwischenzeitlich nahm die Artendichte ökologischer Verschiebungen wegen zu, doch dieser Trend kehrte sich mit zunehmender Trockenheit um. (göd)

Conservation Biology, Mai 2020



Auch die größeren Wildbienen wie die Gehörnte Mauerbiene entfernen sich kaum mehr als 150 Meter vom Nest. Foto: Wilfried Martin/Picture Alliance/ImageBROKER

#### Eingeschränkter Radius

Die meisten der rund 600 einheimischen Wildbienenarten sind kleiner als Honigbienen und leben solitär. Weibchen versorgen ihren Nachwuchs daher normalerweise allein. Je länger sie dafür ihr Nest verlassen, desto größer ist die Gefahr, dass ihre Brut von Nesträubern oder Parasiten befallen wird. Deshalb entfernen sich Wildbienen viel weniger weit von ihrem Nest als Honigbienen, deren Stock jederzeit von Arbeiterinnen bevölkert ist. Wie weit sie unter natürlichen Bedingungen fliegen, war bisher unbekannt.

Ein Team um Susanne Renner von der LMU und der Botanischen Staatssammlung München hat nun mithilfe von Markierungsexperimenten für sechs zwischen sechs und 15 Millimeter große Wildbienenarten gezeigt, dass sich Wildbienenweibchen während der Futtersuche im Mittel nur zwischen 73 und 121 Meter von ihrem Nest entfernen. Kleinere Bienenarten fliegen dabei erwartungsgemäß weniger weit als größere. Diese Ergebnisse sind auch für den praktischen Umweltschutz wichtig, stellen die

Forscher fest: Man müsse die noch vorhandenen, intakten Lebensräume schützen und pflegen, und vor allem wieder miteinander vernetzen. Dafür kann auch die Anlage von naturnahen Flächen mit heimischen Pflanzen und von Nisthabitaten für Insekten hilfreich sein. Nistlebensräume für Wildbienen sollten nicht weiter als 150 Meter von deren Nahrungsplätzen – also artenreichen, blühenden Flächen – entfernt sein, schreiben die Münchner Forscher. (göd)

Journal of Hymenoptera Research, Juni 2020

#### Das Akzentparadox

Menschen, die eine Fremdsprache lernen, kämpfen oft mit der richtigen Aussprache, typisch ist der "th"-Fehler der Deutschen beim Englischlernen. Doch obwohl sie den deutschen Akzent bei anderen gut heraushören, können Sprachschüler bei sich selbst solche Fehler oft nicht abstellen. Viele überschätzen offenbar ihr eigenes Niveau, sie finden ihre Aussprache besser als die anderer-fatal, wenn man eine Fremdsprache akzentfrei lernen will. Ein Team um die LMU-Sprachwissenschaftlerin Eva Reinisch konnte diese Selbstüberschätzung nun klar zei-

gen. Die Forscher spielten Probanden Sprachaufnahmen vor, darunter – verfremdet – deren eigene. Und prompt bewerteten die Teilnehmer, obwohl sie die eigene verfremdete Stimme nicht als ihre erkannten, diese am besten. Unsere eigene Stimme kennen wir gut und finden sie daher gut verständlich – das wäre eine Erklärung für den Effekt. Vielleicht finden wir auch das, was wir kennen, angenehmer. Jedenfalls braucht es beim Lernen ein Korrektiv, sonst droht die "Fossilierung" der Fehler, meinen die Forscher. (huf) PLOS ONE, Februar 2020

#### Mehr Energie aus Sonnenlicht

Photokatalyse macht es möglich, die Energie des Sonnenlichts direkt chemisch zu speichern. Ein Beispiel ist die Spaltung von Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff, den wichtigsten Treibstoff für Brennstoffzellen. Das Prinzip ist lange bekannt, doch die Umwandlung von einer in die andere Energieform ist noch nicht effizient genug. Ein Grund: Photokatalysatoren sind transparent und besitzen somit im Großteil des Sonnenlichtspektrums eine geringe optische Absorption. Forscher um die LMU-Physiker Stefan Maier und Emiliano Cortés konnten nun zeigen,

dass sich die niedrige Absorption mit nanophotonischen Methoden deutlich verstärken lässt, je nach Material um bis zu 150 Prozent. Die Forscher strukturierten modifiziertes Titandioxid in zylindrische Nanopartikel. Diese Nanoresonatoren weisen im Spektralbereich des Sonnenlichts eine bestimmte Anregungsform auf, den "Anapol". Die Ausbreitung des Lichts überlagert sich in ihnen derartig, dass es konzentriert wird und starke elektrische Felder entstehen: Die Resonatoren absorbieren viel mehr Sonnenlicht. (math) ACS Nano, März 2020

#### Der leichteste Spiegel der Welt

Eine einfach strukturierte Schicht aus nur wenigen Hundert Atomen kann einen optischen Spiegel bilden. Er ist nur wenige Dutzend Nanometer dick, die Spiegelung darin ist jedoch so stark, dass man sie – anders als den Spiegel selbst – mit dem bloßen Auge wahrnehmen könnte. Der Spiegel, den ein Team um den LMU-Quantenphysiker Immanuel Bloch konstruiert hat, arbeitet mit identischen Atomen, die im zweidimensionalen Feld zu einem periodischen Viereckmuster angeordnet sind. Der Abstand zwischen den

Atomen ist kleiner als deren optische Übergangswellenlänge. Beides unterdrückt diffuses Streuen des Lichts und bündelt die Reflexion in einen gerichteten und stetigen Lichtstrahl. Die hohe Reflektion des mikroskopischen atomaren Gitters ist dabei insbesondere auf die kollektive Wechselwirkung des Photons mit mehreren Atomen zurückzuführen. Ein einfallendes Photon prallt mehrmals zwischen ihnen hin- und her prallt, bevor es zurückreflektiert wird. (MCQST/math)

Nature, Juli 2020

# Unterhaltung mit: Erik Schilling



"Wir wollen nicht den Abklatsch, sondern das Original": Erik Schilling über die Sehnsucht nach dem Authentischen. Foto: privat

### "Die Sehnsucht nach dem Unmittelbaren"

Echt und ehrlich, so hätten wir die Welt und die Menschen gern, kurz: authentisch. Doch machen wir uns nicht nur etwas vor, wenn wir an das Unverstellte und Widerspruchsfreie glauben? Der Literaturwissenschaftler Erik Schilling über die alles beherrschende Suche nach dem wahren Kern

"Echt ist das neue Schön": Vielleicht geht es hier nur um Naturkosmetik oder einen neuen Achtsamkeits-Flow, solche Claims aber treffen offenbar einen Nerv, einen Zeitgeist, so flächendeckend wie sie auftauchen. Wo überall ist denn alles schön, was echt ist, alles gut, was authentisch ist?

**Schilling:** Authentizität ist *die* zentrale Sehnsucht unserer Gegenwart. Authentisch zu sein gilt fast überall als erstrebenswerte Verhaltensweise. Und Politik, Gesellschaft, Kunst und das Marketing sowieso – alle reagieren auf diesen Boom. Denn egal ob

Partnerschaft, Parteilinie oder Popkultur – Schein und Sein sollen möglichst eins sein, jeder soll sein wahres Selbst präsentieren und uns nicht etwas vorgaukeln. Das betrifft auch materielle Dinge, wir konsumieren gerne authentisch, wir wollen nicht den Abklatsch, sondern das Original.

Woher kommt dieses Bedürfnis?

Schilling: Kurz gesagt: Ich sehe es als eine Gegenreaktion auf Digitalisierung und Globalisierung. Wir leben in einer Welt, in der so vieles virtuell und wenig greifbar ist, in der selbst der Nahraum in der großen Unübersichtlichkeit zu verschwinden droht. In einer solchen Welt verspricht Authentizität ein Gegenmodell. Sie richtet den Fokus auf etwas, was scheinbar wirklich da ist. Im Prinzip ist Authentizität eine metaphysische Sehnsucht: die Essenz der Dinge so zu spüren, wie es sie angeblich tatsächlich gibt.

Scheinbar? Gibt es Authentizität überhaupt?

Schilling: Authentizität ist ein Phänomen der Zuschreibung: Man macht sich ein bestimmtes Bild von einer Person oder Sache. Und wenn sich dieses Bild dann mit einer Eigenschaft oder Handlung deckt, die man beobachtet, dann hält man sie für authentisch. Das sagt etwas aus über Erwartungen und Perspektiven der Menschen, die nach Authentizität suchen, jedoch kaum etwas über die Menschen oder Objekte, die das Etikett "authentisch" bekommen. Um etwas anderes anzunehmen, müsste man schon ein sehr essenzialistisches Weltbild haben, glauben, dass es ein wirkliches Wesen gibt, dass man erkennen könne, wenn man nur genau genug hinschaut.

Tag für Tag entstehen Abermillionen von Selfies und kommen ins Netz. Was zeigt sich darin: das vorgeblich wahre Ich oder doch eher der Hang zur Selbstinszenierung, der Wunsch, das eigene Leben zu kuratieren?

**Schilling:** Das Selfie bedient die Sehnsucht nach Authentizität da, wo es behauptet, ei-

nen Moment unverstellt abzubilden. Man kann die Kamera nicht richtig halten, guckt schief da rein, ist vielleicht auch unvorteilhaft getroffen. Es wird also kein künstlich geschöntes, aufgehübschtes Bild, sondern nur eines, das angeblich wirklich so ist, wie es ist. Gleichzeitig ist das Selfie inzwischen zu einer Art Kunstform geworden, von der kein Mensch, der ein paar Sekunden darüber nachdenkt, noch glaubt, dass es tatsächlich authentisch ist. Wenn ich vor der Mona Lisa im Louvre stehe und mit 100 anderen Menschen darum kämpfe, den Winkel meines Handys so hinzubekommen, dass nur ich und die Mona Lisa und sonst nichts auf dem Bild sind, dann weiß ieder, der einmal im Louvre war, dass es nur die Illusion authentischer Zweisamkeit mit der Mona Lisa ist. Trotzdem funktioniert es, für viele transportiert das Selfie Nähe und Unmittelbar-

Unmittelbarkeit – das suchen viele auch in der Literatur. Radikal authentisch, so gibt sich der Norweger Karl Ove Knausgård in seiner Innenschau in sechs Bänden. Auf ein paar tausend Seiten hat er seinen "Kampf" als Mann, Familienvater und Autor aufgeschrieben. Was macht das zum Bestseller?

Schilling: All das, was Knausgård schreibt, wirkt vordergründig greifbar und überschaubar. Kein vielschichtiger Roman, ein extrem überschaubares Setting, ein alltägliches Leben und Scheitern. Und viele suchen genau das, dass dieses Ich möglichst unverstellt, aufrichtig und ehrlich vor ihnen stehen soll.

... und dass es sich entblößt?

Schilling: Zugespitzt formuliert bedient Knausgård ein voyeuristisches Interesse. Man kann es mit dem Reiz vergleichen, auf RTL das Dschungelcamp zu schauen.

Erfolgreich waren in den vergangenen Jahren ja überhaupt erstaunlich viele Bücher, die mit dem Autobiografischen arbeiten.

Schilling: Ja, nehmen wir Das Ende von Eddy, in dem Edouard Louis das Coming-out eines jungen Schwulen in der französischen Provinz beschreibt. Die Zeit hat das in ihrer Besprechung als "unverstellten soziologischen Blick" beschrieben. Das trifft den Nagel auf den Kopf. Das Buch bedient das Bedürfnis nach dem unverstellten Blick hinter die Kulissen, danach, einmal erzählt zu bekommen, wie das Leben als junger Homosexueller in der homophoben Provinz wirklich ist. Doch mir gefällt Literatur eher, wenn sie mehr leistet, als nur die angebliche Essenz einer Person zu extrahieren.

Zum Beispiel?

Schilling: Ich denke da an *Die Jahre* von Annie Ernaux. Das ist ein Text, der ganz ähnlich funktioniert und ebenfalls von Befreiung und Bildungsaufstieg erzählt. Aber er entwirft dabei, obwohl sicher in hohem Maße autobiografisch, das Porträt einer Generation. Es ist eine Art Kollektivbiografie – in der im Übrigen an keiner Stelle das Wort "ich" vorkommt.

In den letzten Jahren macht sich ein neuer Rigorismus breit, der Schriftsteller, Schauspieler oder Musiker mit dem Vorwurf der sogenannten kulturellen Aneignung konfrontiert. Sind das Auswüchse einer Authentizitätssucht?

Schilling: Die Forderungen, die sich damit verbinden, sehe ich tatsächlich in Zusammenhang mit einer Sehnsucht nach Authentizität. Was sie deutlich machen, ist ja wieder die Vorstellung, es könnte für bestimmte Eigenschaften einer Person einen wahren Kern geben, der nur bestimmten Personen zugänglich ist. Die Schauspielerin Scarlett Johansson beispielsweise wurde massiv dafür angegriffen, dass sie die Rolle einer Transgender-Person übernehmen wollte. Erst vor Kurzem wurde die weiße US-Autorin Jeanine Cummins dafür verurteilt, dass sie die Flucht einer mexikanischen Familie vor den Drogenkartellen in die USA zu einem Thriller verarbeitet hatte. Indiskutabel, hieß

es. Da mündet dann die Vorstellung von Authentizität in Normativität.

Über die Flucht in die Vereinigten Staaten dürfen danach nur Mexikaner schreiben, die dasselbe Schicksal trifft?

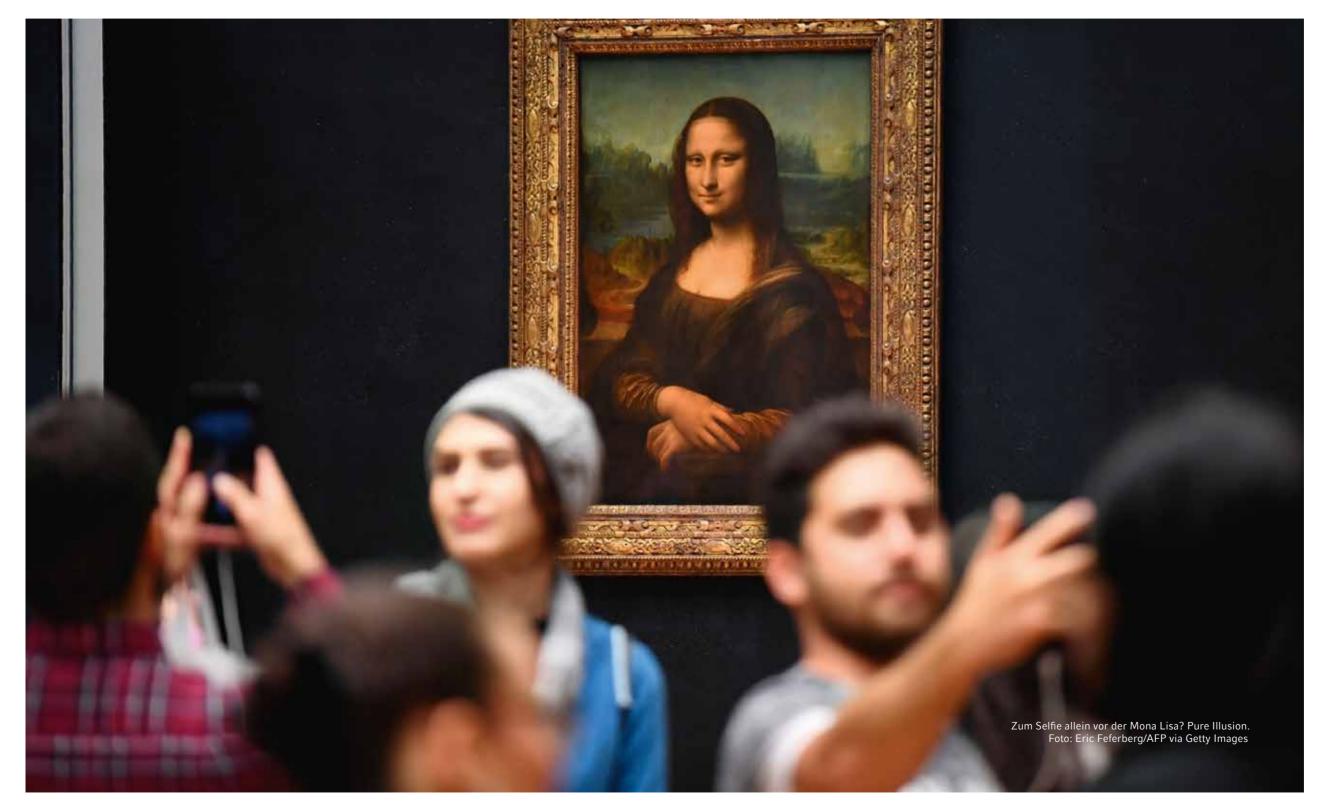
Schilling: So ungefähr. Man könnte ja erst einmal fragen, ob man eine Geschichte wie in American Dirt überhaupt schreiben darf, weil die Erlebnisse dieser Familie zu traumatisierend, zu schrecklich seien, als dass man das zum Stoff eines Thrillers machen sollte. So etwas ist für die Shoah vielfach diskutiert worden: Darf man Romane über den Holocaust schreiben, Spielfilme darüber drehen? Wenn man das bejaht, dann ist die zweite Frage, die ich persönlich interessanter finde: Darf jeder, der halbwegs vernünftig recherchiert hat, eine solche Geschichte schreiben oder nur jemand, der es selbst erlebt hat? Kann man als männlicher Autor aus der Perspektive einer Frau schreiben? Kann man über Migration schreiben, auch wenn man selbst immer an einem Ort gelebt hat? Nein? Da würde ich sehr entschieden dagegenhalten: Einzig die Tatsache, dass man etwas erlebt hat, prädestiniert einen nicht automatisch dafür, auch darüber zu schreiben. Denn wenn Sie die Forderung nach eigenem Erleben zu Ende denken, dann dürfte es beispielsweise Journalismus oder Wissenschaft nicht geben.

Warum?

Schilling: Sie basieren ja darauf, dass man über etwas schreibt, etwas von außen beobachtet, was man nicht selbst erlebt hat. Ich behaupte aber, dass gerade das Beobachten von außen zu interessanteren und valideren Ergebnissen führen kann, weil es sich bestimmter Möglichkeiten bedient, die jemandem, der selbst davon betroffen ist, nicht unbedingt zu Gebote stehen, zum Beispiel eine besonders geschulte Beobachtungsgabe, eine besonders ausgefeilte Methodik oder eben eine gewisse Distanz zum Sachverhalt, die oft nötig sind, um sinnvoll Stellung zu beziehen.

Ausgabe 2020 Einsichten. Das Forschungsmagazin Ausgabe 2020

Ausgabe 2020 Einsichten. Das Forschungsmagazin



Kleiner Schwenk zurück zum Stichwort Aufrichtigkeit: Auch Politiker werben mit ihrer Authentizität um Wählerstimmen. Was ist da das Identifikationsangebot?

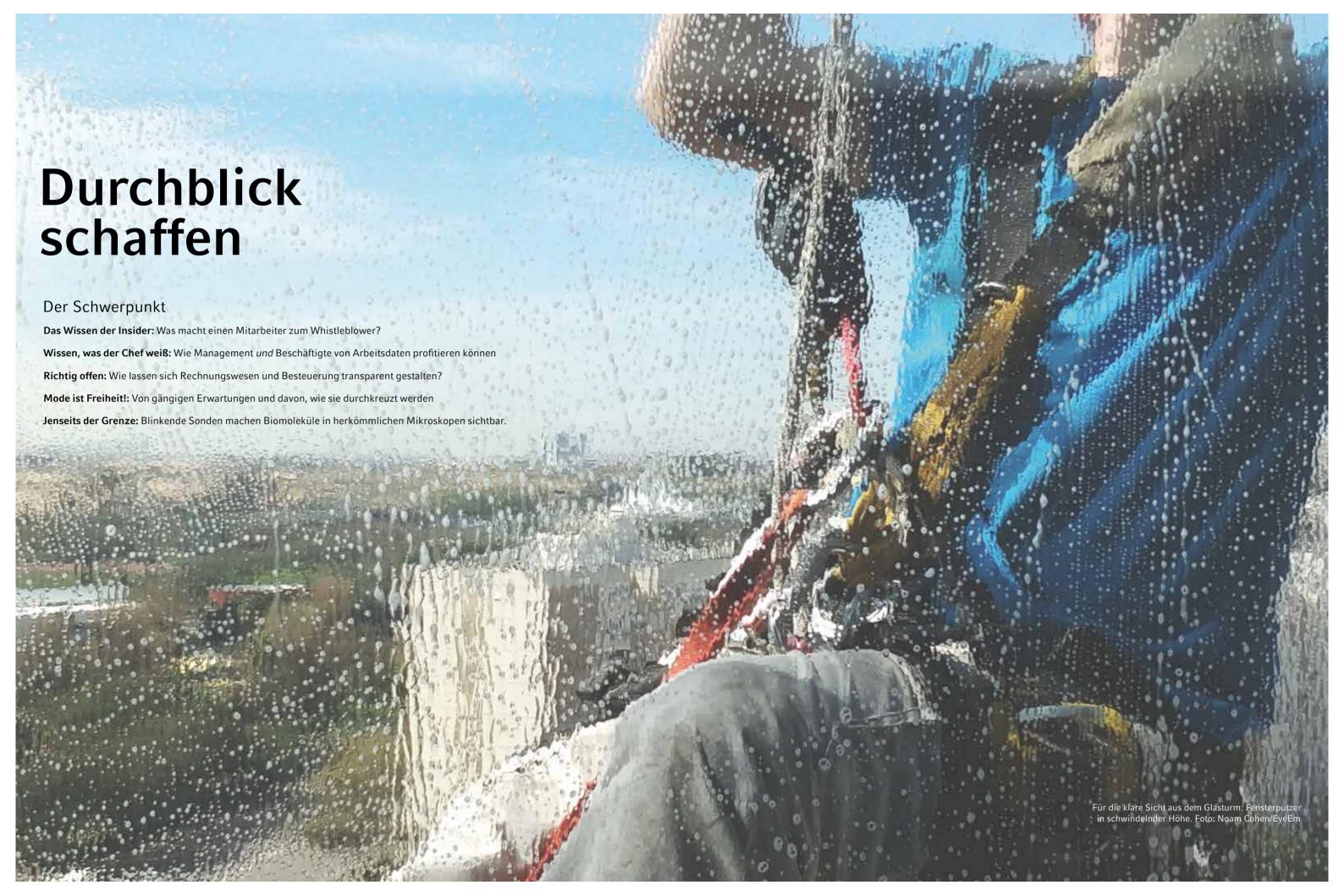
Schilling: Es gibt offenbar ein großes Bedürfnis, etwa Angela Merkel nicht nur als Bundeskanzlerin zu sehen, sondern auch als Ehefrau, als Köchin von Kartoffelsuppe, als Opernbesucherin in Bayreuth, kurz: die nicht professionelle, private Angela Merkel zu finden. Doch die sollte nicht relevant sein, solange die öffentliche Angela Merkel integre und sinnvolle Politik macht. Trotzdem, die Suche nach dem Authentischen drängt noch weiter: Angela Merkel nicht nur privat zu erleben, sondern sie auch nach ihrem privaten Verhalten zu beurteilen.

Warum diese unbedingte Trennung der Rollen? Was ist falsch an dem Bedürfnis, immer man selbst zu sein?

Schilling: Privat mögen Aufrichtigkeit und konsistentes Verhalten sinnvolle Ziele sein. Aber überall Authentizität zu suchen, geht zu weit. Für die meisten Interaktionen im Alltag wünsche ich mir eine professionelle Basis, keine authentische. Ich muss nichts über die politischen Ansichten der Chirurgin wissen, die mir eine neue Hüfte einsetzen soll. Private und gesellschaftliche Rolle müssen eben nicht immer in eins fallen. Ich kann durchaus im Reinen mit mir sein, wenn ich mich meinen Fußballfreunden gegenüber anders verhalte als meiner Chefin. Man sollte die plurale Welt gelten lassen und Widersprüchlichkeiten aushalten - auch die eigenen.

Interview: Martin Thurau

Dr. Erik Schilling ist Privatdozent für Neuere deutsche Literatur und Vergleichende Literaturwissenschaft an der LMU. Vor Kurzem hat ihm die Deutsche Forschungsgemeinschaft den Heinz Maier-Leibnitz-Preis verliehen, ihre renommierte Auszeichnung für Nachwuchswissenschaftler. Im September ist Erik Schillings Essay Authentizität. Karriere einer Sehnsucht im Verlag C.H.Beck erschienen.





ein Name ist Edward Joseph Snowden. Früher stand ich im Dienst der Regierung, heute stehe ich im Dienst der Öffentlichkeit." So beginnt Whistleblower Snowden seine "Geschichte". Es sind diese Sätze, die in ihrer etwas James-Bond-haften Selbstbeschreibung das auf den Punkt bringen, wofür Snowden mittlerweile prototypisch steht: für den Ex-Agenten, der die dunklen Seiten seines Gewerbes ans Licht bringt. So als gäbe es eine Art Licence to Spill, die Lizenz zum Ausplaudern.

Permanent Record, so heißt Snowdens Buch, jedenfalls ist ein Weltbestseller, auch in Deutschland steht es seit Langem weit oben auf den Verkaufslisten. Das verweist nicht nur auf die politische Bedeutung des Falles, sondern auch auf einen Stoff, aus dem Heldenerzählungen gemacht sind: die Geschichte des IT-Experten beim US-Geheimdienst NSA, der für seine Enthüllungen alles riskierte und alles aufgab. Seit gut sieben Jahren lebt Snowden in Moskau im Exil. Heute kennt die ganze Welt sein Gesicht. Viele sehen in ihm eine Ikone für Zivilcourage und politische Transparenz.

Das ist die eine Wahrnehmung, sagt Ralf Kölbel. Aus einer anderen Sicht gilt Snowdens Geschichte als die eines Verrats, des Verrats von Staatsgeheimnissen, erklärt der Professor für Strafrecht und Kriminologie an der LMU. Und so kommt es nicht von ungefähr, dass die USA ihn mit der ganzen Härte des Gesetzes verfolgen, auch wenn ausgerechnet US-Präsident Donald Trump unlängst über eine mögliche Begnadigung twitterte.

Held, Verräter: Warum polarisiert Whistleblowing ganz offensichtlich – und das nicht nur, wenn es um die großen Fälle geht? Seit Langem beschäftigt Jurist Kölbel sich mit "Hinweisgebern", wie Whistleblower im Deutschen heißen, mit Mitarbeitern, Insidern, die einen Missstand anzeigen. Hinweisgeber: Der Begriff klingt erst einmal wertfrei, allerdings nicht eben nach großem Kino.

Und tatsächlich spielen die allermeisten Fälle nicht wie der Snowdens auf der Weltbühne. Zwar findet derzeit der Wirtschaftskrimi um das Ex-Dax-Unternehmen Wirecard, bei dem zunächst Whistleblower Unregelmäßigkeiten aufdeckten, viel Aufmerksamkeit. Ebenso wie zu Jahresbeginn der Fall des Augenarztes Li Wenliang, der schon früh auf eine neuartige Lungeninfektion hinwies, die sich in seiner Heimatstadt Wuhan ausbreitete, und der dafür von den chinesischen Behörden drangsaliert wurde. Doch Kölbel versucht, das Phänomen Whist-

leblowing in all seinen Erscheinungsformen zu erfassen – die "kleinen" Geschichten, die geräuschlosen Bereinigungen und die verfahrenen Konflikte, die vor den bundesdeutschen Arbeitsgerichten enden, ebenso wie die übergreifenden juristischen Debatten und die Spuren, die die "großen" internationalen Fälle darin hinterlassen. Er versucht, herauszubekommen, was einen Mitarbeiter zu einem Whistleblower macht. Er untersucht die Mechanismen, die einen zunächst loyalen Hinweisgeber in die Illoyalität treiben und ihn schließlich dazu bringen, sein Insiderwissen in die Öffentlichkeit zu tragen. Dazu analysiert der Jurist nicht nur die Quellenlage, sondern unterfüttert sie mit empirischen Untersuchungen mit Betroffenen. Was also ist dran am Robin-Hood-Image des Whistleblowers, am Bild von hohem Moralempfinden und Selbstlosigkeit? Spiegelt womöglich die Ambivalenz in der öffentlichen Wahrnehmung, wie das Phänomen Whistleblowing zu bewerten ist, auch eine Ambivalenz der Handlung selbst, ja sogar im Wesen des Whistleblowers? Ist das Whistleblowing, egal wie berechtigt die Kritik an Missständen im Einzelfall auch immer sein mag, nicht auch ein Feld für Rechthaber, Nervensägen und Selbstdarsteller?

"Oft sind diese Menschen so ganz anders als die Whistleblower, wie sie in der Öffentlichkeit inszeniert werden", sagt Kölbel über die von ihm befragten Hinweisgeber. "Sie haben oft ganz andere Geschichten, da stehen meist auch gar nicht so sehr der zivilgesellschaftliche Gedanke, die politische Relevanz und diese unbedingte Zivilcourage im Vordergrund. Sondern in der Regel geht es um triviale Konflikte und auch gar nicht so gravierende Missstände."

Den typischen Whistleblower jedenfalls gibt es nicht, stellt Kölbel klar, denjenigen, den es drängt, etwas um jeden Preis aufzude-

### Eine typische Dynamik der Eskalation

cken. Sicher, je empörender oder bedrohlicher ein Missstand, desto stärker mag der Impuls sein, dagegen vorzugehen. Umgekehrt werden konfliktscheue Menschen Missstände seltener offen benennen, schon aus Angst vor negativen Folgen. Grundsätzlich aber könne jeder, unabhängig von seiner persönlichen Verfasstheit in eine Situation geraten, in der er sein Wissen preisgibt. Diesen Schluss legten viele Studien nahe, sagt der LMU-Jurist. Meist jedoch beruhen diese auf Befragungen von Unbeteiligten, die angeben sollten, wie sie sich in bestimmten hypothetischen Situationen verhalten würden.

Kölbel dagegen hat "echte" Fälle ausgewertet und rund 30 Hinweisgeber zu ihren Erfahrungen befragt. Die Gesprächspartner kamen aus ganz unterschiedlichen Branchen und Berufen, "aus dem Diplomatischen Dienst wie aus kleinen Unternehmen, es gab Wissenschaftler und Ärzte". Die Quintessenz: Auch wenn es also den typischen Whistleblower nicht gibt – eine typische Eskalationsdynamik lässt sich durchaus beschreiben.

In aller Regel fängt die Geschichte klein an: Meist spricht der Insider zunächst mit seinem Vorgesetzten über seine Beobachtung. Findet er dort kein Gehör, meldet er den Fall





der Organisationsführung, oft auch mehrmals. Hält man ihn aber hin, speist ihn mit
Scheinlösungen ab oder droht ihm gar mit
Repressalien, schaukelt sich der Fall langsam, aber sicher auf. Bis dahin aber, stellt
Kölbel klar, strebt der Insider "nahezu immer"
eine schnelle und geräuschlose Lösung an,
er will die Strafverfolgungsbehörden oder
die Medien gar nicht einschalten.

Lässt sich eine solche Lösung nicht erzielen, wird der Insider leicht zum "Störfaktor". Die Kollegen schneiden ihn, schließlich hat er Loyalitätspflichten verletzt, über die sich jede Gruppe als Gruppe konstituiert. Man zwei-

## »Alarm schlagen, damit ihm nichts an Bein läuft«

felt seine Integrität und seine Kompetenz an, mitunter wird er zum Mobbing-Opfer. Und plötzlich geht es für den Hinweisgeber zwangsweise gar nicht mehr so sehr darum, den ursprünglichen Missstand abzustellen, sondern um die eigene Karriere, die persönliche Integrität, gar die eigene Gesundheit. "Alles, was ihn ursprünglich angetrieben hat, ist dann weitgehend überlagert", sagt Kölbel.

Er erzählt vom Fall eines Whistleblowers, der an der Studie teilgenommen hat. Der Mann arbeitete bei einer Behörde. Als man ihn vorübergehend auf eine andere Stelle versetzte, stieß er dort auf Unregelmäßigkeiten in den Abrechnungen. Offensichtlich waren Gelder veruntreut worden, "so in Höhe von 100.000 Euro, kein Riesending". Da er allerdings für die Kontrolle der Mittelverwendung zuständig war, setzte ihn das unter Zugzwang. Sein Vorgänger hatte die Mauscheleien nicht verfolgt, er dagegen schlug Alarm, schon allein deswegen, damit ihm die Sache "später nicht ans Bein laufen

konnte", wie Kölbel sagt. Doch das Ganze schlug auf ihn zurück: Er, der Beamte, der sonst immer gut abgeschnitten hatte, bekam schlechte Beurteilungen, wurde auf einen unattraktiven Posten versetzt. Als er schließlich an die Presse ging, legte man ihm unmissverständlich nahe, sich einen anderen Job zu suchen.

Andere Studienteilnehmer haben ähnliche Erfahrungen gemacht: Kölbel berichtet etwa von einem Arzt, der kaltgestellt wurde, weil er Qualitätsmängel in der Behandlung offenlegte, von einem Wissenschaftler bei einer Behörde, der eine "Besenkammer" im Keller als Büro zugewiesen bekam und praktisch nicht mehr beschäftigt wurde. Wie viele Whistleblower tatsächlich ein ähnliches Schicksal trifft, darüber traut sich Kölbel keine Aussage zu. Einige Befragungen kommen zu dem Ergebnis, dass eine deutliche Mehrheit am Arbeitsplatz gemobbt wird, ihren Job verliert, gesundheitliche Probleme bekommt. "Bei unseren Untersuchungen war das ähnlich". Kölbel aber hält das nicht unbedingt für aussagekräftig. "Diejenigen, bei denen es gut gelaufen ist, haben ja keinen Anlass, zum Beispiel an einer Studie wie der unseren teilzunehmen."

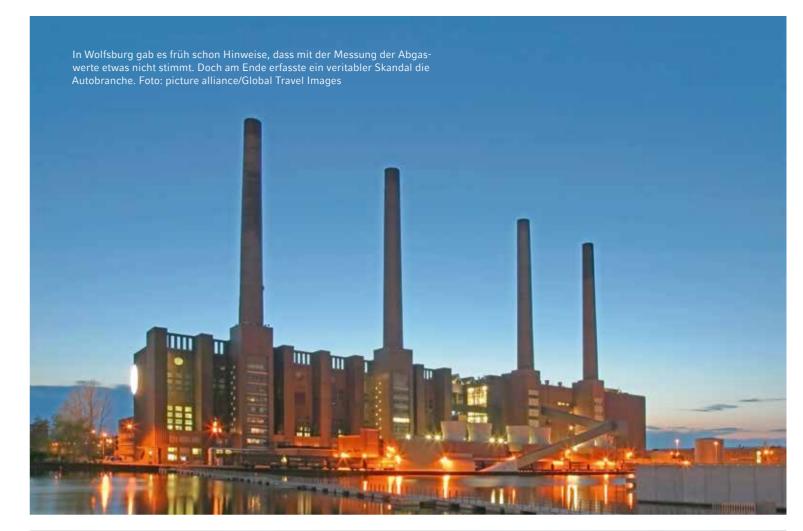
Dabei geben immer mehr Unternehmen zu Protokoll, den Wert des Whistleblowings zu sehen. Sie bauen Anlaufstellen für ihre Mitarbeiter auf, bei denen sie Missstände, oft auch anonym, anzeigen können. Telefonhotlines, elektronische Briefkästen oder Ombudsstellen - für die Firmen sind solche internen Hinweissysteme ein immer wichtigeres Instrument des Compliance- und Risikomanagements. Sie wollen damit Regelverstößen im Betrieb begegnen und so ökonomischen Schaden und juristische Konsequenzen vermeiden. Und, so sagt Kölbel, "ein Angebot machen, dass die Leute, die etwas mitzuteilen haben, das innerhalb des Unternehmens tun und nicht außerhalb". Kölbel und sein Mitarbeiter Nico Herold haben in einer jüngeren Untersuchung in diesem Zusammenhang all die Daten zusammengetragen, die es zu den Erfolgsversprechen des internen Whistleblowings gibt. Unterzieht man diese Untersuchungen dem Faktencheck und legt die strengen Kriterien der Evidenzbasierung an, fällt die Bilanz ernüchternd aus: Die empirisch nachweisbaren Vorteile, schreiben Kölbel und Herold, "halten sich in Grenzen". Es handele sich "derzeit um eine plausibel wirkende, aber jedenfalls um keine evidenzbasierte Strategie des Risikomanagements".

Auch die staatlichen Aufsichts- und Strafverfolgungsbehörden setzen auf Hinweisgebersysteme. Whistleblower gelten danach als wichtige Informationsquelle, um zum Beispiel Fälle von Wirtschaftskriminalität aufzudecken. Angesichts anhaltender Diskussionen auch um die sogenannte Polizeikultur, so sagt Kölbel, fordern manche Experten externe Anlaufstellen, um etwaige rechte Netzwerke oder strukturellen Rassismus bei den Sicherheitskräften besser aufdecken zu können.

Nicht zuletzt besteht in manchen Fällen ein erhebliches öffentliches Interesse daran, Missstände aufzudecken, man muss nur an "Gammelfleisch" und "Dieselgate" denken. Und spätestens nach jedem veritablen Skandal wird der Ruf nach einer Stärkung des Whistleblowings laut. Befürworter rechnen das Potenzial solcher Einrichtungen gerne am Beispiel USA hoch. Dort ist es üblich,

## Die Angst ist eine gravierende Größe

dass Whistleblower finanziell von den Strafzahlungen profitieren, zu denen die wegen Wirtschaftskriminalität Belangten verurteilt werden. Kölbel dagegen hält zumindest für Deutschland den "volkswirtschaftlichen Ertrag" staatlicher Hinweisgebersysteme für "relativ gering".





Durchblick schaffen: Das Wissen der Insider

Wollen Unternehmen und Organisationen das Whistleblowing befördern, müssen sie Vertrauen schaffen, meint der Kriminologe, mit niedrigschwelligen Meldemöglichkeiten und gleichzeitig der glaubhaften Versicherung, Hinweise gutzuheißen und ihnen nachzugehen. Denn "eine ganz gravierende Größe ist die Angst", sagt Kölbel.

Darum hält Kölbel einen klaren Rechtsrah-

men für entscheidend: "Für diejenigen, die aus welchen Gründen auch immer zum Whistleblower werden, braucht es eine klar kalkulierbare und vorhersehbare Regulierungssituation." Sie müssen wissen können, worauf sie sich einlassen. An einer solchen Klarheit aber fehle es in Deutschland bislang. daran ändere auch das Geschäftsgeheimnisgesetz nicht viel, das seit April 2019 in Kraft ist, auch wenn darin erstmals eine allgemeine Erlaubnis zum Enthüllen verankert sei. "Das Thema ist in Deutschland unterreguliert", sagt Kölbel. "Immer wieder gab es darum wellenartig auftretende Diskussionen darüber, wie man mit dem Phänomen Whistleblowing umgehen soll." Mal sorgten die internationalen Fälle für Zündstoff, mal waren es Urteile, die mit Fällen in Deutschland zu tun hatten.

An diesen rechtspolitischen Debatten will Kölbel nun im Übrigen nachverfolgen, wie sich das ambivalente Verhältnis der Deutschen zum Whistleblower an sich entwickelt hat. Aus Texten, Reden, Stellungnahmen und Presseerklärungen will der Jurist die Deutungsmuster und Rechtspositionen herausarbeiten. Das Projekt ist Teil eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Sonderforschungsbereiches zur sogenannten Vigilanzkultur.

Wiederholt führten solche Debatten zu Gesetzgebungsinitiativen im Bundestag, sie alle scheiterten. Erst mit der neuen Richtlinie der EU zum Whistleblowing kommt Bewegung in die Angelegenheit. Ende vergangenen Jahres ist sie in Kraft getreten, die Mitgliedsstaaten der EU müssen sie nun in nationales Recht überführen. Die Richtlinie hat das erklärte Ziel, Whistleblower besser

als bisher zu schützen, das trägt das Regelwerk schon im Namen. Nur zehn Mitgliedsstaaten haben dazu bis dato klare Regeln. Doch welchen Schutz kann die EU Whistleblowern bieten? Die Richtlinie enthalte ei-

# Anonymität ist oft schwer zu gewährleisten

ne lange Verbotsliste, alles Dinge, vor denen Hinweisgeber zu schützen sind. Aber natürlich gebe es im sozialen Gefüge eines Unternehmens eine "Wirkungsgrenze des Rechts", sagt Kölbel: "Dass ein Hinweisgeber innerhalb seines Umfeldes isoliert wird, die Zurückweisung der Kollegen erfährt, lässt sich mit rechtlichen Mitteln kaum verhindern." Auch bleibt abzuwarten, ob die EU-Richtlinie wie angestrebt Bedingungen schaffen kann, unter denen ein Hinweisgeber anonym bleibt. Alle Unternehmen mit mehr als 50 Mitarbeitern sind danach verpflichtet, Hinweissysteme aufzubauen. Bei kleinen Firmen, kritisiert Kölbel, könne es da schwierig werden mit der Anonymität. Schließlich gibt der Whistleblower in der Regel Insiderwissen weiter, über das nur wenige im Unternehmen verfügen können. "Für alle Hinweisgeber, die wir befragt haben, hat Anonymität deshalb auch nie eine Rolle gespielt. Sie haben von Anfang an mit offenen Karten gespielt", berichtet Kölbel.

Insgesamt aber werde die EU-Richtlinie das Schutzniveau anheben, versichert Kölbel. Sie mache zumindest das Risiko kalkulierbarer, sie stärke etwa die Position des Whistleblowers in Kündigungsschutzprozessen. Bislang ist es für ihn ein Vabanque-Spiel: Wird das Arbeitsgericht seiner Argumentation folgen, dass ein interner Vorstoß aussichtslos war, wenn er gleich nach außen gegangen ist und dann gefeuert wurde?

Die lange umstrittene Frage, ob ein Hinweisgeber sich zunächst zwingend an betriebsinterne Stellen wenden muss, ist für Kölbel mit der neuen EU-Richtlinie geklärt: Er könne sich auch gleich an Aufsichtsbehörden oder die Staatsanwaltschaft wenden. Die Richtlinie mache beide Wege gleichberechtigt auf. Nur bei der Presse "bleibt sie eng" und sieht die Kontaktaufnahme mit Journalisten als Ultima Ratio.

Vor allem aber, betont Kölbel, macht die EU-Richtlinie der Tendenz nach Schluss mit Ambivalenz und Polarisierung. Der Whistleblower ist nicht gefangen im Spannungsfeld zwischen Held und Verräter: "Die Frage der Bewertung ist auf politischer Ebene jetzt entschieden: Whistleblowing ist etwas, was die Gesellschaft prinzipiell akzeptiert und deswegen auch schützt. Dieser Geist wohnt der EU-Richtlinie inne."



Prof. Dr. Ralf Kölbel ist Inhaber des Lehrstuhls für Strafrecht und Kriminologie an der LMU. Kölbel, Jahrgang 1968, studierte Rechtswissenschaften an der Universität Jena, wo er auch promoviert wurde und sich habilitierte. Nach Stationen an der Technischen Universität Dresden, der LMU und der Deutschen Hochschule der Polizei in Münster war Kölbel zunächst Professor für Kriminologie, Strafrecht und Strafverfahrensrecht an der Universität Bielefeld, bevor im Jahre 2013 an die LMU nach München zurücksehrte

# Wissen, was der Chef weiß

Der Wirtschaftsinformatiker Thomas Hess untersucht, wie Management und Beschäftigte in modernen Unternehmen Arbeitsdaten gemeinsam nutzen können.

Von Nikolaus Nützel

in Unternehmen, das über seine Beschäftigten alles weiß: was sie arbeiten, wie sie ihre Arbeit erledigen, was sie in ihrer Freizeit tun, mit wem sie sich austauschen. Im Roman Der Circle von Dave Eggers aus dem Jahr 2013 wird dieses Szenario als Weg in eine totale Überwachung aller Menschen gezeichnet. "Die technischen Möglichkeiten dazu wären da", stellt der Direktor des Instituts für Wirtschaftsinformatik und Neue Medien an der LMU, Professor Thomas Hess, fest. Softwarefirmen zum Beispiel können genau erfassen, wie viele Programmzeilen Mitarbeiter in welchem Zeitraum erstellen, mit wem sie wie oft über ihre Projekte reden. Dienstleistungsunternehmen könnten theoretisch exakt Buch darüber führen, wie lange ihre Beschäftigten mit welchen Kunden telefonieren, wie viele Mails sie bearbeiten und wie schnell sie antworten. Mit Instrumenten der Bilderkennung aus der künstlichen Intelligenz wäre es nicht einmal ein Problem auszuwerten, ob ein Beschäftigter lächelt oder grimmig schaut, wenn er mit Kunden zu tun hat.

"Wenn man das klassische Vorgesetzten-Mitarbeiter-Modell von Führung im Kopf hat, ist es natürlich erst mal verlockend, alle Daten, die man über Mitarbeiter hat, verfügbar zu machen", sagt Hess. Aber er sieht eine Vielzahl von Gefahren und Fallstricken. Er will deshalb herausfinden, wie sich neue technische Möglichkeiten so einsetzen lassen, dass sie nicht in eine albtraumhafte Arbeitswelt und Gesellschaft führen, wie sie in *Der Circle* gezeichnet werden. Gleichzeitig ist er sicher, dass sich neue Möglichkei-

ten zur Datenauswertung für alle Seiten gewinnbringend einsetzen lassen: "Hier sind echte Win-win-Situationen möglich." Wie die sich erreichen lassen, untersucht er gemeinsam mit Kollegen aus der Soziologie und der Informatik in einem Pilotprojekt bei einer großen Softwarefirma. Datenschutzregelungen geben zwar allgemein vor, was Arbeitgeber über ihre Beschäftigten in Erfahrung bringen dürfen. Gerade wenn es um die konkrete Arbeitsleistung geht, gebe

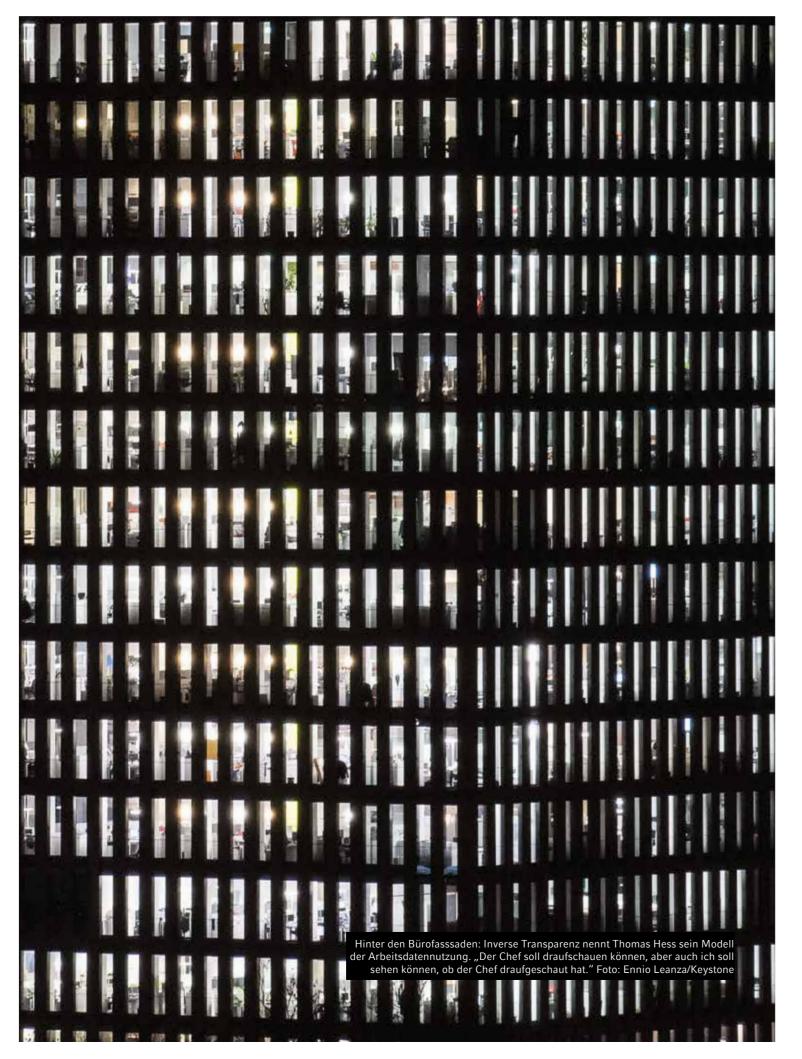
# Bis ins Kleinste ausleuchten? »Ein Grundfehler«

es aber viele Möglichkeiten, "Mikro-Management" zu betreiben, erklärt Thomas Hess. Das heißt: Die Chefetage versucht bis ins Kleinste, die Tätigkeiten der Beschäftigten auszuleuchten. Hess ist aber sicher: "Das ist ein Grundfehler." Denn das Gefühl, umfassend beobachtet zu werden, drücke die Motivation und auch die Kreativität der Mitarbeiter nach unten. Außerdem steige der Erkenntnisgewinn über die richtige Firmenstrategie keineswegs mit der Menge der Daten über die Arbeitsweise der Beschäftigten. "Big Data" zu sammeln, heiße nicht unbedingt, über wirklich wertvolle Daten zu verfügen.

Hess ist gleichzeitig überzeugt, dass ein kluger Umgang mit neuen Möglichkeiten zur

Datenerfassung in Firmen zum Nutzen des jeweiligen Unternehmens wie auch der Beschäftigten sein kann. Viele Vergütungssysteme enthalten eine Bonus-Komponente. "Es ist aber gar nicht selten, dass ein Jahresbonus zum Teil auch nach persönlicher Sympathie verteilt wird – bei einer genaueren Analyse, was jemand macht, lässt sich beim Jahresbonus besser feststellen, wer wie viel erhalten sollte", erklärt Hess. "Da ließe sich eine Objektivierung erreichen." Aber auch die Belastung von Beschäftigten ließe sich klarer einschätzen. Wenn etwa deutlich werde, dass Arbeitnehmer regelmäßig bestimmte Zeitgrenzen überschreiten, wäre das ein Hinweis ans Management, dass die Kapazität in einer bestimmten Abteilung möglicherweise nicht ausreicht und entsprechend erweitert werden muss. "Da geht es letztlich auch um Arbeitsschutz", resümiert Hess.

Damit Beschäftigte keine Angst vor einem gläsernen Arbeitsplatz haben, sondern die Vorteile einer besseren Sichtbarkeit ihrer Leistungen erkennen, setzt Wirtschaftsinformatiker Hess auf etwas, das er "Meta-Transparenz" und "inverse Transparenz" nennt. Das heißt, dass die Führungsebenen für die Beschäftigten nachvollziehbar machen, welche Informationen sie über welche Tätigkeiten abrufen und wie sie damit umgehen: "Der Chef soll draufschauen können. aber auch ich soll sehen können, ob der Chef draufgeschaut hat." Im Ergebnis geht es darum, dass der Arbeitnehmer genau wissen kann, was seine Führungskräfte wann über ihn in Erfahrung bringen und wer was über ihn weiß.



Diese "inverse Transparenz" passe gut zu einem zeitgemäßen Verständnis von Führung, da ist sich Thomas Hess sicher. An vielen Stellen seien die Themenstellungen so komplex geworden, dass neue Führungsphilosophien zwingend seien: "Das klassische Konzept, der eine geht vor, der andere macht nach, funktioniert da nicht mehr." Das "Praxislabor", in dem Hess dies gemeinsam mit Kollegen im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts untersuchen will, geht dabei von drei Thesen aus: Mikro-Management bis in kleinste Details ist kontraproduktiv. Mehr Datentransparenz als Führungsinstrument funktioniert nicht

## Nicht gegen den Willen der Beschäftigten

gegen den Willen der Beschäftigten. Und technische Lösungen müssen sicherstellen, dass Daten nicht manipuliert werden.

Die Software AG mit Sitz in Darmstadt, die sich als Kooperationspartner für ein "Praxislabor" zur Verfügung gestellt hat, ist in Deutschland nach SAP die Nummer zwei der Branche. Das Unternehmen sei hervorragend geeignet, um mögliche Vorteile von "inverser Transparenz" zu erforschen, sagt Hess. Mit mehr als 4700 Mitarbeitern sei der Softwarespezialist groß genug, um verschiedenste Spielarten der Datenerfassung zu betrachten. Gleichzeitig ist bei der 1969 gegründeten Firma der Betriebsrat als Mitarbeitervertretung fest institutionalisiert, was keineswegs in allen Unternehmen der Informationstechnologie der Fall ist. Das Management und die Arbeitnehmervertreter unterstützen das zunächst auf drei Jahre angelegte Forschungsprojekt nach Hess' Eindruck gleichermaßen

Das wichtigste Messinstrument, um den Umgang mit "inverser Transparenz" zu bewerten, sind Mitarbeiterbefragungen. Parallel dazu werden auch die Einschätzungen der Manager ausgewertet. Die Erfahrung zeige, dass es klug war, bei dem Forschungsprojekt drei wissenschaftliche Disziplinen zusammenzuspannen, die sonst nicht allzu oft in Kontakt sind, berichtet Hess. Als Wirtschaftsinformatiker bringt er selbst einen unternehmerischen Blick ein. Kollegen aus der Soziologie und der Informatik ergänzen diese Perspektive, um etwa die Frage besser einschätzen zu können, wie sich die Personalstrukturen des ausgewählten Unternehmens auf das Projekt auswirken und wie sich garantieren lässt, dass die Transparenz wirklich manipulationssicher ist. "Es darf nicht passieren, dass eine Führungskraft durch einen einfachen Trick eine Einsichtnahme in Mitarbeiterdaten vertuschen kann", erklärt Hess.

Diese Form der Zusammenarbeit sei selten, betont er und fügt hinzu: "Das ist eine integrierte Interdisziplinarität und nicht nur eine additive, bei der verschiedene Fachrichtungen letztlich nebeneinanderher arbeiten." Und er sieht noch eine andere Qualität in dem Projekt: "Das ist nicht nur beschreibend, das ist wirklich gestaltungsorientierte Wissenschaft." Die beteiligten Experten hätten den Ehrgeiz, dass ihre Forschung die Arbeitswelt schon während der Projektphase verändert. Es gehe vor allem um eines: "Nicht nur die beste Lösung suchen, sondern die beste Lösung gleichzeitig auch in die Welt bringen."

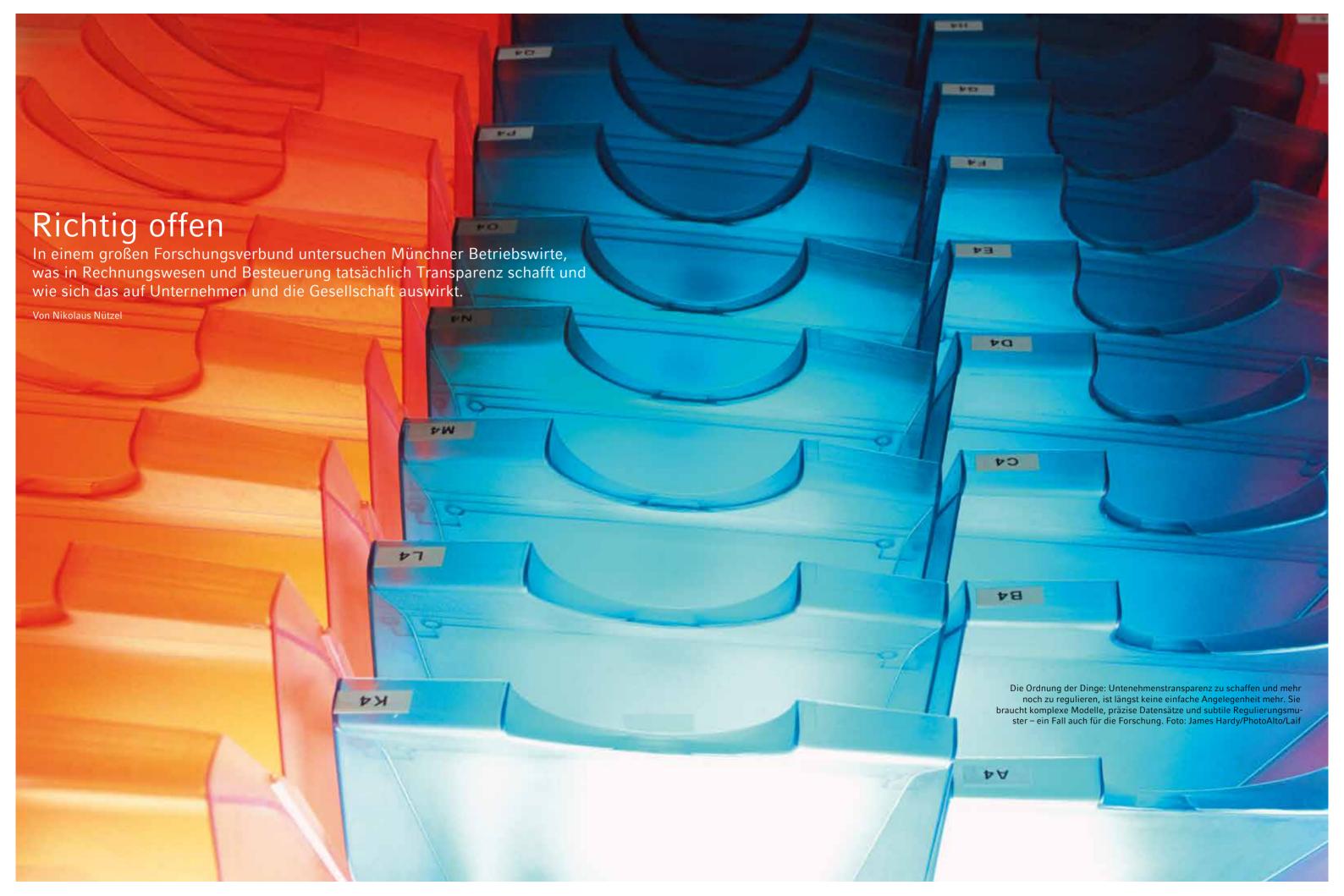
Hess erwartet von den Ergebnissen des Praxislabors aber nicht nur wertvolle Erkenntnisse für Branchen, in denen besonders viele digital auswertbare Arbeitsabläufe dokumentiert werden, wie die Softwareentwicklung oder die Versicherungswirtschaft. Er kann sich auch Impulse etwa für den aktuell heftig umstrittenen Bereich des Interessensausgleichs vorstellen, was die Verwendung personenbezogener Daten im Internet angeht. Über ein Praxislabor, an

dem Anbieter von Online-Services und Vertreter von Verbraucherverbänden beteiligt sind, ließe sich erkunden, wie viel einem Nutzer der Schutz seiner Daten wirklich wert ist. Aber auch für diejenigen, die den gesetzlichen Rahmen setzen, möchte Hess Anregungen entwickeln. Denn es sei ein Ziel, über das Einzelbeispiel hinaus auch den jeweils zuständigen Politikern Hinweise zu geben, welche neuen Gesetzesnormen sinnvoll wären und welche Auswirkungen

Hess hält das Forschungsfeld zur "inversen Transparenz" dabei für innovativ: "Das ist keine Me-too-Forschung, wo man zum dritten Mal zeigt, was wir ohnehin schon wissen, sondern es ist eine Kombination aus Gestaltungsorientierung und einem Beitrag zu einem ungeklärten gesellschaftlichen Problem. Und das ist schon etwas Neues."



Prof. Dr. Thomas Hess
ist Direktor des Instituts für Wirtschaftsinformatik und Neue Medien an der
Fakultät für Betriebswirtschaft der LMU.
Hess, Jahrgang 1967, wurde an der
Universität St. Gallen promoviert und
habilitierte sich an der Universität
Göttingen. Er lehrte und forschte an den
Universitäten Göttingen und Augsburg
sowie an der Nanyang University of
Singapore, bevor er 2001 als Lehrstuhlinhaber nach München kam. Hess ist Direktoriumsmitglied des Bayerischen
Forschungsinstituts für Digitale
Transformation (bidt).



Durchblick schaffen: Richtig offen

ichtbar machen, ob Firmen ihrer Verantwortung für Gesellschaft und Umwelt gerecht werden. Verstehen, wie das Steuersystem das Gerechtigkeitsempfinden der Bürger prägt. Und damit letzten Endes die Demokratie stärken. Es sind große Ziele, die sich die Wissenschaftler des Sonderforschungsbereiches Accounting for Transparency gesteckt haben. Insgesamt 80 Forscher beteiligen sich an den Standorten Paderborn, Mannheim, Berlin, Frankfurt am Main und München an dem Großprojekt, maßgeblich mit dabei sind auch Teams der LMU. Sie arbeiten mit der finanziellen Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) an grundlegenden Fragen, machen aber auch konkrete Analysen und sprechen Empfehlungen aus. So haben Steuerwissenschaftler des Sonderforschungsbereiches (SFB) im Rahmen der Coronakrise erste Vorschläge gemacht, wie sich Liquiditätsengpässe bei Firmen bekämpfen ließen: Sie plädierten schon früh für die Möglichkeit, Verluste, die durch die Pandemie entstehen, sofort steuerlich geltend zu machen.

Kurzfristige Zwischen-Empfehlungen sind aber nur ein kleiner Teil der Arbeit des SFB. Insgesamt ist der Horizont der Forscher sehr breit gesteckt und die Themen langfristig ausgelegt. "Rechnungswesen, Steuern und Unternehmenstransparenz", so lautet der Titel des Forschungsverbundes auf Deutsch. Und das Beziehungsgeflecht in genau diesem Begriffsdreieck wollen die Wissenschaftler ausleuchten: Nicht zuletzt als Antwort auf die Finanzkrise und "die Empörung um äußerst geringe Steuerzahlungen bestimmter Konzerne", heißt es in einer Skizze des Großprojektes, seien die Berichtspflichten für Unternehmen durch eine Vielzahl von Regulierungen erheblich verschärft worden. Für die Wissenschaftler im SFB aber ist die Kernfrage nicht wirklich beantwortet: Tragen diese Regeln tatsächlich wie beabsichtigt zu mehr Transparenz bei? Mit welchen Nebenwirkungen ist obendrein zu rechnen? Inwieweit können überhaupt die Instrumente des Rechnungswesens die nötige Klarheit schaffen angesichts der Masse und Komplexität verfügbarer Informationen?

Das Projekt ist in vielerlei Hinsicht beson-

ders. Der Sonderforschungsbereich ist ein

bewährtes Format, mit dem die DFG größe-

re Forschungsverbünde fördert, als soge-

nannte Transregio-Projekte auch ortsüber-

greifend. Aber Accounting for Transparency

ist der erste SFB, mit dem sie die wissen-

schaftliche Arbeit an betriebswirtschaftlichen Fakultäten in solch einem Verbundprojekt unterstützt. Die beteiligten LMU-Forscher sind sich deshalb darin einig, dass das Großprojekt eine große Chance bietet. "Für die Betriebswirtschaftslehre ist das in etwa das, was die Mondlandung für technische Bereiche war", sagt Christian Hofmann, Vorstand des Instituts für Unternehmensrechnung und Controlling der LMU. Und Thorsten Sellhorn, Lehrstuhlinhaber am Institut für Rechnungswesen und Wirtschaftsprüfung, findet, die Frankfurter Allgemeine Zeitung habe sicher nicht falsch gelegen, als sie von einem "Ritterschlag für die BWL" schrieb. "Insbesondere das Rechnungswesen galt bei vielen lange Zeit ja gar nicht als Wissenschaft, sondern als eine Handwerkslehre, um den Buchhaltern ihr Rüstzeug zu vermitteln", erklärt Sellhorn. Deborah Schanz, die dem Institut für Betriebswirtschaftliche Steuerlehre vorsteht, fügt hinzu: "Oft können sich die Leute gar nicht vorstellen, wie Betriebswirte forschen und was es da überhaupt zu erforschen gibt." Der Methodenkanon, mit dem der SFB die Bedeutung von Transparenz für Wirtschaft, Gesellschaft und Politik ergründen soll, sei weit vielfältiger, als es Außenstehende erwarten, erläutert Schanz: vom abstrakten Modellieren, das sich in Formeln fassen lässt, über statistische Auswertungen und Experteninterviews bis hin zu Methoden der Hirn-

Schanz selbst konzentriert sich dabei in ihrer Arbeit auf etwas, das in den Ohren vieler Menschen erst einmal etwas trocken klingt: Sie analysiert und vergleicht Steuersysteme verschiedener Staaten. Dabei gehe es aber auch um Grundfragen der Gerechtigkeit, stellt Schanz fest: "Es gibt oft schwammige Gefühle, und manche Zeitungsberichte suggerieren, viele reiche Menschen zahlten keine Steuern und alle Unternehmen zahlten ohnehin viel zu wenig und könnten alles vermeiden. Da fühlen sich manche Bürger schon fast abgehängt, weil sie ehrlich ihren Anteil abgeben." Fiskalische Systeme mit wissenschaftlichen Methoden zu durchleuchten, könne deshalb etwas zur Gerechtigkeitsdebatte und auch zur Steuerehrlichkeit beitragen, sagt Schanz.

Auch Klischees möchte sie hinterfragen. So steht das deutsche Steuersystem innerhalb Deutschlands oft im Ruf, übermäßig kompliziert zu sein. Der "Steuerkomplexitäts-

# Kein übermäßig kompliziertes Steuersystem

Index", den Schanz gemeinsam mit Kollegen entwickelt hat und den sie im Rahmen des SFB weiter vertieft, untermauert diesen schlechten Ruf aber nicht. "Da ist Deutschland absolutes Mittelfeld", stellt Schanz klar. Die internationale Befragung von Steuerfachleuten aus der Praxis ergebe ein gemischtes Bild. Viele deutsche Regelungen würden einerseits als sehr komplex wahrgenommen. Diese Komplexität bringe jedoch auch die Möglichkeit, vielen verschiedenen Einzelfällen gerecht zu werden – was gerade Steuerfachleute aus Unternehmen oft zu schätzen wüssten.

Gleichzeitig werde die deutsche Umsetzung von Steuergesetzen vergleichsweise positiv bewertet: "Der Kontakt mit dem Finanzamt, auch Gerichtsverfahren und vor allem die Arbeit von Betriebsprüfern kommen bei den



Woher kommt die Baumwolle? Unter welchen Umständen wird sie geerntet? Für Tetxtilhersteller heute eine wichtige Frage – und Gegenstand von Nachhaltigkeitsberichten. Thorsten Sellhorn sieht in solchen Reports durchaus ein Lenkungsinstrument. Doch wie lässt sich Nachhaltigkeit insgesamt quantifizieren? Foto: Karen Focht/picture alliance/ZUMAPRESS.com

Praktikern gut weg", stellt Schanz fest. Die Art, wie der Steuerkomplexitäts-Index erstellt wird, sei auch ein Beispiel dafür, dass der Erkenntnisgewinn im SFB nicht nur durch einseitig ausgerichtete Befragungen und Untersuchungen erfolgen soll. Es gehe darum, "bidirektional" zu sein, betont Deborah Schanz. Die Wissenschaftler erfragen im kontinuierlichen Austausch bei Praktikern, welche Schwerpunkte diese für besonders relevant halten. Auch aus der Politik gebe es sehr großes Interesse, berichtet die LMU-Forscherin. Das Bundesfinanzministerium habe sich schon frühzeitig über erste Ergebnisse informieren lassen. Überhaupt wollen die Wissenschaftler ihre Daten mög-

lichst offen nachvollziehbar aufbereiten und der Öffentlichkeit zur Verfügung stellen. Auch das gehört für die Transparenzforscher zu ihrer Arbeitsphilosophie. Dem "Normengeber" oder dem "Regulierer", also Ministerien, Parlamentariern oder Behördenmitarbeitern, einen Erkenntnisgewinn zu verschaffen und unter Umständen ihr Instrumentarium zu verbessern – das ist ein Ziel, das sich durch die Arbeit aller Be-teiligten des SFB Accounting for Transparency zieht. Thorsten Sellhorn sieht dabei ganz verschiedene Wege, um Firmen in eine bestimmte Richtung zu lenken, egal, ob es zum Beispiel um Klima- und Umweltschutz oder Arbeitnehmerrechte geht. Der Gesetzgeber kann Ge- und Verbote erlassen, die einzuhalten sind, etwa zum Schadstoffausstoß. Er kann steuerliche Anreize bieten, um zum Beispiel die Produktion von Ökostrom zu fördern – oder die von CO2 zu verteuern. Oder der Staat kann eben auch über Transparenzvorschriften versuchen, die Wirtschaft zu steuern, stellt Thorsten Sellhorn fest: "Nach dem Motto: Wenn ich über bestimmte Dinge berichten muss, die ich tue, dann überlege ich mir auch sehr gut, was ich tue."

"Sustainablity Reports", die ergänzend zu den klassischen Bilanzen über die Bemühungen von Unternehmen um nachhaltiges Wirtschaften berichten, seien zwar nichts

Durchblick schaffen: Richtig offen

ganz Neues, erklärt Sellhorn. Von den gemeinsamen Arbeiten im Sonderforschungsbereich erhofft er sich aber die Antwort auf eine Frage, die bislang offen sei: "Lässt sich die Berichterstattung über Arbeitnehmerrechte, Umwelt, Sozialbelange, Korruption oder die Beachtung von Menschenrechten in der Lieferkette auf standardisierte Weise quantifizieren – idealerweise finanziell quantifizieren?"

Solche Fragestellungen nicht nur in mehr oder minder blumigen Worten im Geschäftsbericht abzuhandeln, sondern auf vergleichbare Weise konkret in Fakten und Zahlen zu fassen, sei "hochkomplex, weit komplexer als die Gewinnermittlung in der Finanzberichterstattung", betont Sellhorn. Wenn es aber gelänge, hier eine echte Vergleichbarkeit zwischen Unternehmen und über längere Zeiträume herzustellen, dann wäre dies mehr als ein Durchbruch, sagt Sellhorn

# Lenken mit den Vorschriften zur Offenlegung

und wählt – wenn auch mit einem Augenzwinkern – eine mythologische Metapher: "Das wäre der Heilige Gral."

Sellhorns eigener Forschungsbereich innerhalb des SFB beleuchtet dabei auch eine Frage, über die es bisher oft nur Vermutungen und anekdotische Berichte gebe, wie er einräumt: Wie wirken sich Vorschriften zu Offenlegung und Transparenz auf Standortentscheidungen von Unternehmen aus? Thorsten Sellhorn skizziert ein Beispiel: Aus seinen vielen Gesprächen mit Führungskräften weiß er, dass es Branchen gibt, "die tendenziell lieber im Verborgenen arbeiten", wie etwa die Rüstungsindustrie. Wenn nun angesichts des "Green Deals", mit dem die EU-Kommission für die Wirtschaft in der Eu-

ropäischen Union neue Anreize für Umweltund Klimaschutz setzen will, bestimmte Branchen zunehmend vom Zugang zu Kapital abgeschnitten werden, könnte es sein, "dass es für diese Unternehmen wirtschaftlich ist, ihren Standort nach außerhalb der EU zu verlagern", erwartet Sellhorn als eine mögliche Nebenwirkung.

Die am Sonderforschungsbereich beteiligten Wissenschaftler betonen, dass sie ihre Untersuchungen von einem neutralen Standpunkt aus vornehmen. Das heißt aber nicht, dass sie nicht klare Positionen verträten. So sagt Christian Hofmann ganz deutlich: "Eine der größten gesellschaftlichen Herausforderungen, die wir momentan haben, ist der Klimawandel." Transparenz über die ökologischen Folgen ökonomischer Aktivitäten herzustellen sei darum ein enorm wichtiger Beitrag, um diese Herausforderung zu bewältigen.

Aber Hofmann sieht noch eine andere Ebene, für die die Arbeit des Sonderforschungsbereiches große Bedeutung hat: "Transparenz ist auch für die demokratische Grundordnung, in der wir leben, extrem wichtig." In den vergangenen Jahren seien politische Diskussionen immer wieder stark von Meinungen und nicht von Fakten gesteuert worden. Vor allem in den USA und Großbritannien sei es mittlerweile schwer geworden, in politischen Fragen Kompromisse zu erzielen. Denn die verschiedenen Lager seien nicht mehr bereit, über die Bewertung wissenschaftlicher Tatsachen ergebnisoffen zu diskutieren. Transparenz darüber, welche Erkenntnisse auf welche Weise gewonnen werden, sei die Basis, um wieder mehr Rationalität in politische Debatten zu bringen, hofft der LMU-Professor.

Hofmann selbst widmet sich im Rahmen des Sonderforschungsbereichs einer Fragestellung, die ihren Fokus auf den inneren Aufbau von Unternehmen legt: "Wie verändern Firmen ihre Strukturen, wenn die Vorgaben zur Transparenz verändert werden?" Es sei immer wieder zu beobachten, dass Firmen Unternehmensteile ausgliedern, die dann von Investoren aus dem Ausland übernommen werden. "Der neue Eigentümer unterliegt dann womöglich anderen Transparenzpflichten, und das kann insgesamt für das Unternehmen die effizienteste Lösung sein,

## Vom kreativen Umgang mit der Publizitätspflicht

aber nicht unbedingt das, was der Regulierer intendiert, wenn er Transparenzvorschriften ändert", stellt Christian Hofmann fest

Dabei untersucht der LMU-Forscher keine Einzelbeispiele, sondern entwirft mit dem Methodenapparat der Wirtschaftswissenschaften Modelle. So beschäftigt er sich auf der Basis der Prinzipal-Agent-Theorie mit der Frage, wie Unternehmen auf Neuerungen in den Publizitätspflichten reagieren. Dabei geht es – auch unter spieltheoretischen Überlegungen – darum, wie Firmen Strukturen und Aufgabenzuschnitte verändern, wenn sie mehr über ihre Tätigkeit veröffentlichen müssen.

Die Prinzipal-Agent-Modelle gehen dabei von einer Informationsasymmetrie aus, also davon, dass die jeweils übergeordnete Instanz weniger Informationen über einen bestimmten Bereich hat als diejenigen, die für diesen Bereich direkt zuständig sind.

Diese Wechselbeziehungen können dazu führen, dass der "Agent" – also etwa das Management eines Unternehmens – anders auf Veränderungen reagiert, als es der "Prinzipal" erwartet – also etwa die Parlamentarier, die neue Transparenzvorschriften entwickeln. Üblicherweise will kein Parlament und kein Ministerium Firmen zerschlagen oder vertreiben. Genau das könne jedoch als Reaktion auf Transparenzregelungen durchaus geschehen, erklärt Chris-

tian Hofmann. Welche Mechanismen dabei eine Rolle spielen, will er genauer ergründen.

Die Frage, wie Firmen auf Transparenzregeln reagieren, beschäftigt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in allen Bereichen des Sonderforschungsbereichs. Die Steuerexpertin Deborah Schanz hat die Erfahrung gemacht, dass dabei neue technische Möglichkeiten eine vielgestaltige Rolle spielen: "Mit der heutigen Software könnten die Unternehmen auch Geschäftsberichte mit 10.000 Seiten erstellen oder man könnte ihnen vorschreiben, dass jede noch so kleine Steuerinformation publiziert werden muss. Technisch ist das kein Problem. Das heißt aber auch, dass man überlegen muss: Welche Daten wollen wir überhaupt veröffentlicht haben?"

Ihr Kollege Thorsten Sellhorn sieht dabei die Gefahr eines "Information Overload": "Das ist sozusagen die dunkle Seite der Transparenz", warnt er. Durchblick werde nicht alleine dadurch hergestellt, dass eine Seite – zum Beispiel ein Unternehmen – eine große Fülle von Informationen bereitstellt. "Am Ende muss Transparenz beim Empfänger dadurch entstehen, dass er in

## »Information Overload« als Taktik

der Lage ist, diese Information aufzunehmen und zu verarbeiten", betont Sellhorn. Deswegen seien Gesetzgeber und Regulierungsbehörden gut beraten, genau zu überlegen, welche Informationen sie einfordern. Gleichzeitig beobachtet Sellhorn bei

manchen Firmen eine "Nadel-im-Heuhaufen-Strategie": "Sie überschütten die Öffentlichkeit mit Informationen und verbergen in diesem Wust die eine entscheidende Negativ-Information, von der sie nicht so gerne möchten, dass sie wahrgenommen wird." Hier wiederum biete die aktuelle Technik aber auch Möglichkeiten, aus großen Datenmengen herauszufiltern, was verschiedene "Stakeholder", also etwa Investoren, Finanzbehörden, aber auch Arbeitnehmer- oder Umweltorganisationen, besonders interessieren könnte.

Es ist also eine breite Palette von Themen, die die Münchner Betriebswirte im Sonderforschungsbereich bearbeiten. Zusammengehalten durch die Grundfrage nach den Mechanismen der Transparenz, hätten all diese Themen, so unterschiedlich sie auch seien, vor allem eines gemeinsam, betont Deborah Schanz: "Sie sind für unsere Gesellschaft ausgesprochen relevant."



Prof. Dr. Christian Hofmann ist Vorstand des Instituts für Unternehmensrechnung und Controlling der LMU. Hofmann, Jahrgang 1968, hat an der TU Darmstadt Wirtschaftsingenieurwesen studiert sowie Psychologie Experimentale an der Université Louis Pasteur in Straßburg. Er wurde an der LMU promoviert und habilitierte sich auch dort. Hofmann war Professor an den Universitäten Hannover, Tübingen und Mannheim, bevor er 2011 zurück nach München kam.



Prof. Dr. Deborah Schanz ist Professorin für Betriebswirtschaft und seit 2011 Vorstand des Instituts für Betriebswirtschaftliche Steuerlehre an der LMU. Schanz, Jahrgang 1975, studierte Betriebswirtschaftslehre an den Universitäten Hamburg, Newcastle und Tübingen. Sie wurde 2004 an der Universität Tübingen promoviert und 2007 in Graz habilitiert. Deborah Schanz war Professorin an der WHU-Otto Beisheim School of Management in Vallendar.



Prof. Dr. Thorsten Sellhorn ist Vorstand des Instituts für Rechnungswesen und Wirtschaftsprüfung an der Fakultät für Betriebswirtschaft der LMU. Sellhorn, Jahrgang 1973, studierte Wirtschaftswissenschaft an der Ruhr-Universität Bochum und Business Administration an der University of Wisconsin in Madison, USA. Er wurde 2004 in Bochum promoviert und 2008 habilitiert. Danach war er Professor an der WHU – Otto Beisheim School of Management, bevor er 2014 an die LMU kam.



n königlicher Pracht in violett-weiß-silbernem Kleide, das Haupt mit einer herrlichen Straußenfeder geschmückt" erscheint die französische Königin Marie-Antoinette, laut Stefan Zweigs gleichnamiger Biografie, am 4. Mai 1789 vor den Generalständen, "majestätisch und schön". Doch der Aufzug in edlem Seidenbrokat mit Korsage und Reifrock ist just an diesem Tag keine besonders gute Idee der sonst so stilsicheren Gattin von Ludwig XVI., so Stefan Zweig: "Wer aber ist jene dunkle Masse, in absichtsvoll-schlichten schwarzen Röcken, über denen nur die Halstücher weiß leuchten, wer sind diese fremden Menschen mit ihren gewöhnlichen dreieckigen Hüten, wer diese Unbekannten, namenlos heute noch jeder einzelne, die vor der Kirche als geschlossener schwarzer Block beisammenstehen?" Paris am Vorabend der Französischen Revolution: Das in puritanischschwarzen Anzügen gewandete Volk wendet sich ab von seiner einst umjubelten Modekönigin. Vier Jahre später wird auch ihr Kopf rollen.

Das Jahr 1789 markiert nicht nur einen gesellschaftlichen Epochenwandel, sondern auch eine ästhetische Revolution: "Unsere Mode", sagt Barbara Vinken, Professorin für Allgemeine und Französische Literaturwissenschaft an der LMU, "unsere Mode, die Mode der Moderne, entsteht um die Französische Revolution herum." Vor 1789 war Er das schöne Geschlecht. Knallenge und farbenfrohe Leggings, brustbetonender Wams und maßlos übertriebene Penisköcher: Im Zeitalter des Absolutismus zeigte Mann, was Mann hatte. Die Frau dagegen hatte ihre Reize zu verbergen. Die körperbetonte Prunksucht des männlichen Adels offenbare den "weibischen" Charakter der Aristokratie, befand nicht nur Friedrich Nietzsche noch bald hundert Jahre später. Die moderne männliche Bekleidung, so Nietzsche in einem typischen aphoristischen Rundumschlag in Menschliches, Allzumenschliches, zeige dagegen eine "Dämpfung der Eitelkeit" und dass der moderne Mann "arbeitsam ist und nicht viel Zeit zum Ankleiden und Sich-putzen hat". Ganz anders, so Nietzsche, die Frau: Sie, wie die "Stutzer und Nichtsthuer (...) noch nicht reif geworden", sei schwankend von Gemüt und würde immer "sehr gern auffallen". Das "Wesen" der Frau, folgert nicht nur der misogyne Philosoph, sei uneigentlich. Es sei Schein, Putz, Rhetorik, im Kern orientalisch.

Nach der Revolution von 1789 folgt, so betont Vinken, die Männermode einem rousseauistischen Ideal. In *Emile oder Über die Erziehung* postuliert der calvinistisch erzogene Genfer Philosoph Jean-Jacques Rousseau 1762 eine "natürliche" Kleiderordnung und eine klare Hierarchie der Geschlechter: Der Mann, grundsätzlich der Frau überlegen, kleide sich unauffällig praktisch. Die Frau, von der man am besten so wenig hört wie sieht, möge ihn nicht mit ihren Reizen unnötig traktieren. Das arbeitsame Volk wird auch modisch zu jener gleichförmigen Masse, vor der sich Marie-Antoinette, das It-Girl des

## Avantgarde tröpfelt in den Massenmarkt

Absolutismus, so seltsam abhebt. Bis heute gilt dieses rousseauistische Kleiderideal, sagt Barbara Vinken, und es hat im bürgerlichen Businessanzug seinen idealen Ausdruck gefunden. Denn der perfekte Anzug lässt den Körper quasi verschwinden. Er unterscheidet seine Träger durch – nur noch für Eingeweihte nachvollziehbare – Details und versteckt peinlich die in ihm steckende Handwerkskunst.

"Übertragung ist das bestimmende Prinzip der Mode in der Moderne", folgert die selbst sehr modebewusste Vinken. Doch geht es der Kennerin historischer wie aktueller Mode um weit mehr als nur Stile, Acces-

soires, modische Details. Sie verfolgt vielmehr die philosophischen Grundlinien, die sich in der Kleidung der Moderne offenbaren, einer Großepoche, die sich jetzt wohl langsam dem Ende zuneigt. Weibliche Mode im 20. Jahrhundert sieht Vinken vor allem als Versuch, die Emanzipation der Frau durch eine Übernahme männlicher Kleidernormen zu forcieren. Kleider machen schließlich Leute: "Bis in die 1980er-Jahre versuchte Mode das Stigma der Weiblichkeit abzulegen", betont Modetheoretikerin Vinken, "und verfolgte das Ideal der "Jüngin". Coco Chanel lancierte die Garconne und das japanische Label Comme des Garçons trug dies ,wie die Jungs' gleich im Namen. Mode wurde zu einer Erzählung, die vom Stigma der Weiblichkeit, eben auch von allem bloß Modischen, be-freien sollte und es den Jungs nachtat." Chanels androgyne Mode versucht, mittels Ästhetik patriarchale Strukturen aufzubrechen, doch so recht will das nicht gelingen. Denn die modische Rollenumkehr seit der Französischen Revolution verläuft nicht symmetrisch, betont die Expertin für Mode und Gendertheorien Barbara Vinken: "Frauen wurden nicht zu Männern, sondern übernahmen die Allüren des Adels, seine phallische Ostentation. Die Mode signalisiert Stärke, Geschmeidigkeit und Schnelligkeit, die Norm der körperlichen Fitness, die Bereitschaft zum Kampf. Das Korsett wird guasi nach Innen verlagert." Und genau darin liegt auch der seltsame Umstand begründet, dass Businessanzüge bei Frauen den glatt gegenteiligen Effekt haben wie bei Männern: Sie ebnen die Unterschiede nicht ein, sondern heben sie vielmehr hervor. Hosenanzüge wie Coco Chanels berühmte Dreiteiler machen Frauen nicht "männlicher", sondern betonen geradezu ihre Weiblichkeit.

Das allerdings sei gar nicht tragisch, betont Vinken. "Mode markiert die Differenz der Geschlechter; sie konstituiert weniger Identitäten, als dass sie aus dem Gegeneinanderführen von Genderstereotypen Lust zieht: Differenz, nicht Identität." Das Problem, so stellt Barbara Vinken klar, ist nicht die Geschlech-



Durchblick schaffen: Mode ist Freiheit!

terdifferenz an sich, sondern der Umgang mit ihr: Denn es gebe grundsätzlich zwei gegensätzliche Möglichkeiten: "Erstens Differenz zum Zwecke einer Hierarchisierung. Und zweitens Differenz, an der man gegenseitig Gefallen findet. Es geht darum, die Differenz der Geschlechter weder zu hierarchisieren noch zu naturalisieren oder zu verleugnen, sondern sie ins Spiel zu bringen." Emanzipation bedeutet eben nicht Gleichmacherei und das Ende der Erotik, wie Chauvinisten nicht müde werden anzuführen - im Gegenteil, sagt Barbara Vinken. Und deshalb ficht sie leidenschaftlich dafür, einen alten Begriff mit neuen Inhalten zu füllen, den der Galanterie: "Galanterie ist die zweckfreie Verehrung ohne Ausbeutung. Sie ist eben keine Strategie der 'Anmache' und vielleicht das Raffinierteste, was unsere Kultur hervorgebracht hat."

Das jedoch hat ihr heftige Kritik ausgerechnet von Vertreterinnen der Genderbewegung eingebracht. Dabei hatte sie selbst ja mit dem mittlerweile kanonischen Sammelband Dekonstruktiver Feminismus maßgeblich dazu beigetragen, die Gendertheorie in Deutschland populär zu machen. Und noch in einer zweiten Diskussion hat Barbara Vinken massiven Widerspruch geerntet: Umstritten sind auch Vinkens Äußerungen zur Frage der Verschleierung. Sie weigert sich, Kopftuch und Schleier grundsätzlich und ausschließlich als Symbole für archaische Männlichkeit und eine strukturelle Unterdrückung der Frau im Islam zu betrachten, und fordert einen differenzierten Blick.

Der Kampf um Modernität wurde im Westen wie im Osten auf dem Körper der Frau ausgetragen. Besonders aufgeladen ist dabei der Kampf um den Schleier: Atatürk hatte ihn den Türkinnen verboten, Erdogan vollführt ein knappes Jahrhundert später die Rolle rückwärts. Und auch im Westen ist ein Kulturkampf um das Tuch entbrannt. Es kommt natürlich auch hier vor, dass jungen Frauen mit islamischem Hintergrund der Schleier von ihren Vätern, Brüdern oder Onkeln oktroyiert wird, räumt Vinken ein.



Aber das ist jedenfalls in Deutschland nicht die Norm. Viele Musliminnen wählten den Schleier eben auch ganz bewusst als "keusche Provokation", so Vinken, das zeigten viele Studien. Diese Musliminnen "schließen sich dem klassischen Freiheitspathos der Moderne nicht an". Sie wenden sich gegen die eigenen säkularen Eltern und setzen ein "Zeichen des Protests" - gegen die Stigmatisierung des Islams im Westen und gegen eine Ästhetik, die den weiblichen Körper zur Ware degradiere: "Die Geschichte der weiblichen Emanzipation ist im Westen verbunden mit dem Abwerfen einer verhüllenden Kleidung. Eine janusköpfige Emanzipation, denn sie ist gleichzeitig verbunden mit der Verdinglichung des weiblichen Körpers zum Sexobjekt. Die jungen Musliminnen erzählen eine andere Geschichte der Emanzipation, indem sie ebendiese Verdinglichung markieren. Es gibt eben verschiedene Geschichten der Emanzipation."

Was also sagt Mode tatsächlich über das Verhältnis der Geschlechter? "Alle Mode ist keusch", schreibt Roland Barthes in seinem weltbekannten Essay *Die Sprache der Mode*. Doch dem will Vinken nicht ganz folgen – und merkt nebenbei an, dass sich *Die Sprache der Mode* gar nicht mit Mode, sondern mit Modemagazinen beschäftige. "Mode hat mit Witz und Sublimierung zu tun. Mit Brechung, mit dem Durchkreuzen von Erwartungen. Mit Esprit", betont dagegen Vinken. "Mode ist weniger Kritik als Subversion."

Doch vielen Fashionistas ist diese subversive Ebene entweder nicht bewusst oder einfach egal. Mode wird getragen, aber selten verstanden. Und oft genug ist das Label wichtiger als die Kleidung selbst, kritisiert Vinken. Für die meisten Menschen sei Mode Privileg und Fetisch. Es gehe ihnen darum, "Reichtum und die Teilhabe an einer glanzvollen Welt auszustellen – und eben nicht um die ästhetische Leistung des Designers". Der Name des Designers werde zum Fetisch, "zum Objekt des Begehrens".

Doch genau diese Fetischisierung der Mode trägt den Keim ihres Endes in sich: das sich

immer rasanter drehende Mode-Karussell mit immer mehr Modeschauen, immer kürzeren Produktionszyklen, immer weniger Verständnis dafür, dass "Mode immer Mode über Mode, ein Kommentar, der Kommentare kommentiert ist". Stattdessen mehr angeberisches Statusbewusstsein, das sich mit den "richtigen" Labels behängt, und auf der anderen Seite immer mehr Fast Fashion, die Mode zu einem selbst-kannibalisierenden System werden lässt.

Und noch einen Wendepunkt macht Vinken aus. In der Me-too-Debatte konstituiert sich moderne Weiblichkeit, so Vinken, als missbrauchtes Objekt des Begehrens. Frauen sehen sich nicht als begehrende oder auch das



Prof. Dr. Barbara Vinken ist Ordentliche Professorin für Allgemeine und Französische Literaturwissenschaft an der LMU. Vinken studierte Literaturwissenschaft und Comparative Literature und wurde an der Universität Konstanz sowie der Yale University promoviert. Sie habilitierte sich an der Universität Jena und war Inhaberin von Romanistik-Lehrstühlen an den Universitäten Hamburg und Zürich, bevor sie 2004 an die LMU berufen wurde. Zahlreiche Gast- und Forschungsprofessuren, etwa an der New York University, der École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS) in Paris, am Wissenschaftskolleg zu Berlin und an der University of Chicago. Unter anderem veröffentlichte sie im Verlag Klett-Cotta Angezogen. Das Geheimnis der Mode. Foto: Diane von Schoen

Begehren begehrende Subjekte. Sie sehen sich als Opfer einem übergriffigen Begehren eines Mächtigeren, von dem sie vielleicht auch noch abhängig sind, ausgesetzt. In solchen verrohten Verhältnissen sehen sie keinen Spielraum mehr für die Überraschungen und Überwältigungen des Eros; und den gibt es vielleicht auch nicht mehr. Selbstbehauptung und Selbstbestimmung treten in den Vordergrund. Und die Kleider sollen Weiblichkeit nicht zum Sexobjekt verdinglichen oder fetischisieren, sondern zeigen, dass Frauen es gar nicht mehr nötig haben, ihre sexuelle Aufgeschlossenheit unter Beweis zu stellen oder gar ihre Weiblichkeit an den Mann zu bringen.

In ihren besten Momenten konstruiert Mode diesen Fetisch nicht, sie legt offen, wie er durch die Kleider konstruiert wird. Das Maison Martin Margiela etwa stülpt das Innere des Kleides nach außen und zeigt unversäuberte Nähte und Abnäher; es legt die Geheimnisse einer perfekten Linie bloß und zeigt die Gemachtheit dieses Körpers. Und diese Kollektionen führen das Spiel der Mode von Verstecken und Zeigen ad absurdum: Statt der nackten Haut stößt man auf billiges Plastik, statt der nackten Beine auf Stützstrümpfe und Kunstmaterialien, die wie "Ersatzfleisch" wirken, sagt Vinken. Auch hier sind die großen Designer Avantgarde, tröpfelt der Stil mit einer gewissen Verzögerung in den Massenmarkt. Hier geht es meistens nicht um raffinierte Dekonstruktion, sondern um ein übersichtlicheres Durchkreuzen der Gendernormen: feminine Tutus mit martialischen Springerstiefeln. Interessante Mode macht die, die sie tragen, nicht zu Trophy Wives oder Fetischfrauen. Die Frauen etwa, die Margiela trugen, "verkörpern den Fetisch Weiblichkeit nicht, sie tragen ihn als Fremdkörper spazieren".

Was bleibt, so Vinken, ist das "Geheimnis der Mode: Geistreich stellt sie das Genderkorsett, die Normierungen der Körper zur Schau. Du musst den Fetisch Weiblichkeit nicht verkörpern, du kannst ihn ausstellen – und das ist für mich der Witz der Freiheit."

44 Einsichten. Das Forschungsmagazin Ausgabe 2020 Ausgabe 2020 Ausgabe 2020 Ausgabe 2020 Einsichten. Das Forschungsmagazin Ausgabe 2020 Ausgabe 2020 Ausgabe 2020 Ausgabe 2020 Ausgabe 2020 Einsichten. Das Forschungsmagazin Ausgabe 2020 Ausg

# Jenseits der Grenze

Kleiner, als das Licht erlaubt: Der Physiker Ralf Jungmann kann auch einzelne Proteine mit herkömmlichen Mikroskopen sichtbar machen und sorgt damit für eine neue Transparenz in der Nanowelt.

Von Alexander Stirn

Durchblick schaffen: Jenseits der Grenze

ie Physik meint es nicht gut mit der Mikroskopie – zumindest nicht mit optischen Einblicken in die Tiefen des Nanokosmos. Da sich Licht aufgrund seiner Wellennatur nicht immer geradlinig ausbreitet, sondern durch kleinste Hindernisse vom Weg abgebracht werden kann, lässt sich die Auflösung eines optischen Mikroskops nicht beliebig steigern. Es gibt vielmehr eine Obergrenze. Ein hartes Limit. Dieses liegt, wie der deutsche Physiker Ernst Abbe bereits Ende des 19. Jahrhunderts berechnet hat, bei etwa der halben Wellenlänge des sichtbaren Lichts: bei 200 Nanometern oder 200 Millionstel Millimetern. Alles was kleiner ist, bleibt dem Mikroskop verborgen – seien es Viren oder seien es Proteine, aus denen so viele Bestandteile von lebenden Zellen aufgebaut sind und die dort verschiedenste Aufgaben zur Steuerung, Kommunikation oder zum Transport übernehmen. Die Physik will es so. Doch Physiker wären keine Physiker, würden sie nicht versuchen, die Physik zu überlisten.

So wie Ralf Jungmann. Der Professor für Experimentalphysik an der LMU hat sich zum Ziel gesetzt, einzelne Moleküle in den Fokus seiner Mikroskope zu rücken – allen vermeintlichen Beschränkungen zum Trotz. Er will mit sogenannter superauflösender Mikroskopie sichtbar machen, was in der Nanowelt der Zellen vor sich geht. Er will beobachten, wie das Leben auf seiner grundlegenden Ebene funktioniert. Und er setzt dabei – um die Gesetze der Physik zu umgehen – auf blinkende Sonden, auf Bruchstücke des Erbgutmoleküls DNA und auf fluoreszierendes Licht.

Superauflösung mithilfe von Fluoreszenz ist im Grunde nichts Neues. Im Jahr 2014 hat die Schwedische Akademie der Wissenschaften das Verfahren mit dem Chemie-Nobelpreis ausgezeichnet, unter anderem für den deutschen Physiker Stefan Hell. Der Direktor am Göttinger Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie hat eine Methode entwickelt, bei der interessante Aspekte einer Zelle mit fluoreszierenden Molekülen

markiert werden. Ein Laser aktiviert diese selbstleuchtenden Stoffe, ein zweiter Laser löscht fast alles Leuchten wieder aus - mit Ausnahme eines winzigen Punkts, weit kleiner als Abbes Limit. Die Methode ist allerdings vergleichsweise aufwendig. Sie benötigt nicht nur zwei Laser, die Probe muss auch – wie von einem Scanner – Punkt für Punkt angefahren und abgebildet werden. Ralf Jungmann verfolgt einen anderen Ansatz. Simpler und schneller, so zumindest das Versprechen: "Unsere Technik soll so einfach sein, dass sie irgendwann in jedem Standardlabor der Welt eingesetzt werden kann", sagt der Biophysiker. Herzstück der Methode sind dabei winzige DNA-basierte Sonden, die sich an Proteine oder andere Moleküle einer Zelle heften und diese markieren. Mit Licht bestrahlt, leuchten diese Sonden wie die Zeiger einer Armbanduhr im Dunkeln – und offenbaren dadurch die Position des markierten Objekts. Doch nicht nur das: Ähnlich einem Strichcode, der an

## Blinken wie ein Leuchtturm

der Supermarktkasse gescannt wird, verraten die DNA-Sonden auch, welches Protein gerade betrachtet wird.

DNA-PAINT hat Jungmann seine Technik genannt. Der Name klingt ein wenig nach Nanokunst, hat jedoch einen handfesten Hintergrund: Die Markierungssonden des Physikers bestehen aus einem einzelnen Strang des Erbgutmoleküls DNA. Das genaue Gegenstück dieses DNA-Strangs schwimmt in der Lösung, in der sich die Zellen unter dem Mikroskop befinden. Es ist zudem verbunden mit einem fluoreszierenden Farbstoff.

Kommt dieses freischwimmende Farbstoffmolekül in Kontakt mit der Markierungsson-

de, können sich die beiden komplementären DNA-Stränge zu einer kurzen Doppelhelixstruktur vereinigen. Der Farbstoff bleibt für eine gewisse Zeit, meist einige Zehntelsekunden, am gewünschten Ort, bevor sich die Bindung wieder löst und das Molekül in der Flüssigkeit verschwindet.

Unter dem Mikroskop beleuchtet mit passendem Licht, ergibt sich dadurch ein markantes Bild: Das herumschwirrende Farbstoffmolekül fällt kaum auf; es ist zu schnell unterwegs, um ein deutliches Fluoreszenzsignal zu liefern. Sobald es jedoch an der Sonde andockt und zur Ruhe kommt, macht es sich durch ein intensives Leuchten bemerkbar. Dann legt es wieder ab und wird unsichtbar. Die Markierungssonde scheint dadurch wie ein Leuchtturm zu blinken – und verrät den Ort des zu untersuchenden Proteins.

Das Blinken hat für die Physiker gleich mehrere Vorteile: Würde das Markierungsmolekül konstant leuchten, wäre nichts gewonnen. Die Abbildung des Lichtpunkts würde Abbes Limit unterliegen – wie alle anderen Objekte unter einem Mikroskop. Blinkt der Punkt hingegen, lässt sich mit schlauen Algorithmen aus den unterschiedlichen Einzelbildern der Ort des Blinkens genauer lokalisieren. Jungmann vergleicht den Trick mit dem nächtlichen Blick auf mehrere Fenster eines Hauses. Sind alle Fenster hell erleuchtet, erscheinen sie aus der Ferne wie eine einzige Lichtquelle. Werden die Lichter dagegen abwechselnd an- und ausgeschaltet, lassen sich die einzelnen Fenster erahnen.

Durch diesen Kniff hat Ralf Jungmann, der auch die Forschungsgruppe Molekulare Bildgebung und Bionanotechnologie am Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried leitet, in seinen Experimenten eine Auflösung von etwa fünf Nanometern erreichen können – vierzigmal besser als Abbes Limit. Fünf Nanometer, das entspricht der Größe eines Proteins oder eines Oberflächenrezeptors auf einer Zelle. Genau das, was die Forscher sichtbar machen wollen.

Die DNA-Sonden haben noch einen anderen Vorteil: Sollen mehrere Proteinarten zugleich sichtbar gemacht werden, dann setzt die Fluoreszenzmikroskopie bisher auf unterschiedliche Farbstoffmoleküle für die einzelnen Proteine. Da sich die Farbtöne des fluoreszierenden Lichts allerdings erkennbar unterscheiden müssen, ist die Auswahl an passenden Farbstoffen beschränkt. "Dadurch kann man sich nur vier oder fünf unterschiedliche Proteine gleichzeitig anschauen", sagt Jungmann. "Wir hingegen wollen Hunderte oder Tausende Proteinspezies beobachten."

Möglich werden soll das durch Farbstoffe, die unterschiedlich häufig an ihren Zielen andocken. Hängt an Protein A zum Beispiel eine Markierungssonde mit fünf Andockstellen und an Molekül B eine Sonde mit zehn Andockstellen, erhält B doppelt so oft Besuch von den herumschwimmenden Farbstoffen. Folglich blinkt Molekül B auch doppelt so schnell. "Auf diese Weise bekommt jedes Zielmolekül einen charakteristischen Blinzelcode", sagt Jungmann. Hunderte Proteine sollen sich auf diese Weise in 15 oder 20 Minuten beobachten lassen.

Größte Herausforderung bei all dem sind die Markierungssonden. Klassischerweise nutzen Forscher hierzu Antikörper – Teile der Immunabwehr, die sich gezielt auf bestimmte Proteine stürzen. Das Problem: Antikörper sind etwa drei- oder viermal so groß wie die Zielproteine, die sie markieren sollen. Beginnen diese Antikörper nach dem Andocken eines Farbstoffs zu blinken, markieren sie lediglich ihre eigene Position und nicht den Ort des viel kleineren Proteins. Die Aufnahmen werden ungenau.

Jungmann und sein Team haben sich daher auf die Suche nach besseren, kleineren Sonden gemacht. Fündig geworden sind sie bei sogenannten Aptameren – künstlich erzeugten DNA-Molekülen, die sich wie Antikörper an bestimmte Proteine anlagern können. Aus einem Pool zufällig erzeugter Aptamer-Sequenzen werden dabei diejenigen ausgefiltert, die sich besonders gut mit den gewünschten Proteinen verbinden. Die Reihenfolge ihrer DNA-Bausteine wird danach ermittelt. Sie bildet den Bauplan für künftige

Aptamer-Sonden, die dann im Labor zielgenau erzeugt werden können.

Für die DNA-PAINT-Technologie ist das besonders interessant. Da die Andockstellen der Farbstoffe ebenfalls aus DNA bestehen, muss der Bauplan der Aptamere lediglich um einige Erbgutsequenzen erweitert werden – fertig ist die Blaupause einer kompletten Sonde. Diese kann anschließend – wie mit einem Drucker – von einem sogenannten DNA-Synthesizer hergestellt werden.

"Unser Ziel war immer, möglichst viel Intelligenz in die Sonden zu stecken und dadurch auf komplexe Mikroskope verzichten zu können", sagt Ralf Jungmann. Bei den Geräten, mit denen die Biophysiker DNA-PAINT im Münchner Labor erproben, handelt es sich folglich um handelsübliche Fluoreszenzmikroskope – ergänzt um einen Laser, der als



Prof. Dr. Ralf Jungmann ist Professor für Experimentalphysik an der LMU und leitet die Forschungsgruppe Molekulare Bildgebung und Bionanotechnologie am Max-Planck-In-stitut für Biochemie in Martinsried. Jungmann, Jahrgang 1981, studierte Physik an der Universität des Saarlandes und der University of California in Santa Barbara, USA. Er wurde an der Technischen Universität München promoviert und war Postdoc unter anderem am Wvss Institute der Harvard University, Boston, USA, Er leitete eine DFG-geförderte Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe, der Europäische Forschungsrat zeichnete ihn mit einem prestigeträchtigen Starting Grant aus.

Lichtquelle die Markierungssonden zum Leuchten bringt. Die Technologie erlaube es, so Jungmann, mit vergleichsweise moderater Ausstattung hochauflösende Bilder aus der Nanowelt zu erstellen.

Auch Sonden sind bereits im Handel erhältlich. Das Start-up Massive Photonics im oberbayerischen Gräfelfing, von Ralf Jungmann mitgegründet, verkauft erste Kits für DNA-PAINT. Ziel sei es, so Jungmann, die Technik mittelfristig in normalen Biologielaboren zu etablieren – und das gehe nur mit schlauen, einfachen Lösungen: "Wenn wir den Laborbetreibern sagen würden, ihr müsst erst ein Mikroskop für eine Million Euro kaufen oder zwei Physiker einstellen, die solch ein Gerät bauen, wäre die Einstiegshürde definitiv zu hoch", sagt der LMU-Physiker.

Niedrige Hürden sollen zudem helfen, die erhofften Anwendungen der neuen Technologie Wirklichkeit werden zu lassen. Besonderes Interesse der Forscher gilt dabei sogenannten Oberflächenrezeptoren auf den Zellen – speziellen Proteinen, die eine Kommunikation zwischen dem Zelleninnern und der Außenwelt möglich machen. Deren Studium wäre interessant für die Grundlagenforschung, aber auch die Medizin und die Entwicklung neuer Arzneimittel könnte von einem besseren Verständnis solcher Prozesse profitieren. Viele Krebsmedikamente sind zum Beispiel darauf ausgelegt, Oberflächenrezeptoren von Zellen zu blockieren - in der Hoffnung, dadurch die Signale für Wucherungen zu unterdrücken.

DNA-PAINT könnte aber auch helfen, Gewebeproben gezielt auf Spuren einer Erkrankung zu untersuchen. "Mit unserer Technik könnte man sich zehn oder 20 Krebsmarker gleichzeitig anschauen, während bislang nur zwei oder drei Marker sichtbar gemacht werden können", sagt Jungmann.

Noch ist all das Gegenstand der Forschung. Einen ersten wichtigen Schritt haben die Physiker allerdings gemacht: Sie haben gezeigt, dass mit DNA-basierter Mikroskopie die vermeintlichen Grenzen ihrer Disziplin erfolgreich überwunden werden können.



Molekularküche

Für jede erfolgreiche Fortsetzungsgeschichte gibt es irgendwann einen Vorläufer, der vom Anfang erzählt. So auch bei der Entwicklung des Lebens; es ist die Geschichte vom Ursprung. Vor der biologischen Evolution, der Stammesgeschichte, so weiß die Wissenschaft heute, muss es eine sogenannte chemische Evolution gegeben haben. Doch wie sieht es aus, das Prequel des Lebens? Was geschah auf der Erde, bevor sich das Leben formte? Wie konnten vor etwa vier Milliarden Jahren die ersten einfachen Bausteine entstehen, die die Entstehung des Lebens in Gang setzten? Unter welchen Bedingungen fügten sich solche Moleküle zusammen, aus denen sich komplexere informationstragende Einheiten bilden konnten, die sich selbst vervielfältigen - Vorläufer des heutigen Erbmaterials?

Die Origin-of-Life-Forschung hat sich mittlerweile zu einem eigenen Forschungszweig entwickelt – und München und die LMU zu einem seiner international viel beachteten Zentren. In dem Schwerpunkt arbeiten einige Dutzend Wissenschaftler; er bündelt eine Reihe hochrangig geförderter Projekte: einen Sonderforschungsbereich, den die DFG finanziert, mehrere hochdotierte Grants des Europäischen Forschungsrates sowie eine Abteilung des Exzellenzclusters Origins.

Schon das Plotten der Ursprungsgeschichte ist jedoch nicht ganz einfach. Viele Theorien, viele Szenarien, noch mehr Details. Und so versuchen die Forscher erst einmal, so etwas wie plausible Handlungsstränge zu entwickeln: Welche Bedingungen herrschten wahrscheinlich auf der frühen Erde? Welche chemischen Reaktionen wurden damit möglich? Konnten daraus erbgutähnliche Moleküle entstehen? Und setzten sie schließlich eine evolutionsähnliche Dynamik in Gang? Das zu rekonstruieren, dabei helfen ihnen die Experimente der modernen Chemie, eingebettet in einen interdisziplinären Kontext. Doch am Ende wollen die LMU-Forscher eine möglichst vollständige Variante der Vorgeschichte präsentieren – und in Experimenten nacherzählen.

Die Chemiker Thomas Carell und Oliver Trapp sowie der Biophysiker Dieter Braun beschäftigen sich an der LMU seit Langem mit diesen Fragen. Im Gespräch skizzieren sie ihre Forschungsansätze, die stets Rekonstruktion und Experiment miteinander abgleichen. Und so oszilliert auch ihr Erzählen zwischen dem möglichen Setting auf der frühen Erde und dem Reaktionsansatz im Reagenzglas.

Wenn Sie die Geschichte des Lebens erzählen sollten, sozusagen eine naturwissenschaftliche Schöpfungsgeschichte, wo würden Sie da anfangen?

Braun: Bei der Entstehung der Sterne und Planeten: Partikel aus einer rotierenden Staubwolke ordnen sich in einer Scheibe an, dann klumpen aufgrund der Gravitation Himmelskörper zusammen, Sterne und Planeten entstehen.

Trapp: In diesem Moment läuft schon die ganze Chemie ab: In der Gasphase formen sich Radikale, besonders reaktionsfreudige Verbindungen. Die Organik, die Chemie der Kohlenstoffverbindungen, aus denen weit später sozusagen alles Lebendige entsteht, muss sich erst einmal entwickeln. Für die Reaktionen sind vor allem Metalle wichtig. allen voran Eisen. In unserer Arbeit versuchen wir nachzuvollziehen, welche organischen Verbindungen da eigentlich entstehen können. Das ist ein ganzer Zoo von Molekülen, aus denen sich immer mehr organische Verbindungen bilden können. Dieses wilde Durcheinander ordnet sich innerhalb von Hunderten Jahrmillionen, sodass wir letztlich zu präbiotischen Molekülen kommen.

Wann klumpte sich die Erde zusammen?

**Braun**: Vor 4,43 Milliarden Jahren. Wobei man auch sagen muss, dass die Erde eine turbulente Frühgeschichte hatte.

Carell: Kurz nach ihrem Entstehen traf ein Himmelskörper so groß wie der Mars, der Protoplanet Theia, die Erde mit voller Wucht. Dieser Impact übertrug so viel Energie, dass quasi die ganze Erdoberfläche nochmals auf-

schmolz. Die Erde war danach ein glühender Feuerball. Dabei verbrannten alle organischen Moleküle. Aus den Bruchstücken von Theia bildete sich der Mond. Die Mondentstehung war praktisch ein Reset.

Braun: Aber es bleibt die große Frage, wie der Mond genau entstand. Da gibt es unterschiedliche Modelle. Manche Forscher sagen, es habe später noch viele große Einschläge gegeben. Die Simulationen werden da langsam besser und mit ihnen Berechnungen, wie die frühe Atmosphäre ausgesehen haben muss.

**Trapp**: Die Geowissenschaftler sind sich einig, dass am Anfang eine eher sauerstoffarme Atmosphäre die Erde umgab. Vermutlich war sie reich an Wasserstoff, was auch logisch wäre. Schließlich reagierte jegliches

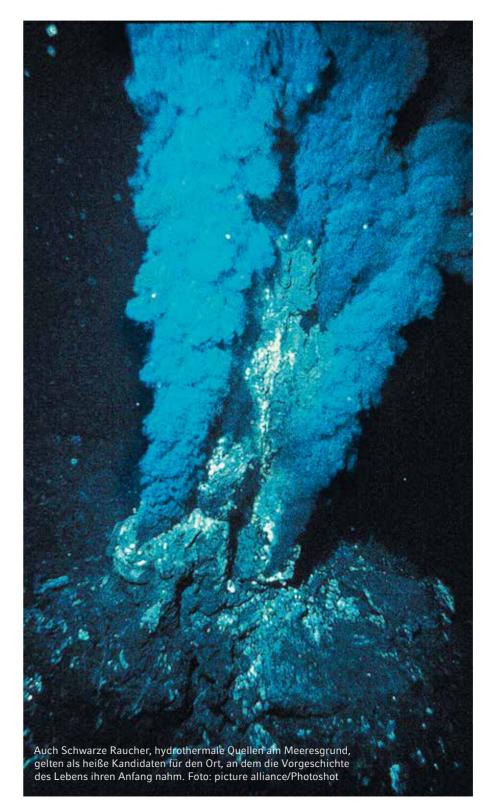
## Nach dem Einschlag von Theia

Wasser, das auf der Erde kondensierte, mit Metallen wie Eisen. Es entstand erst mal Eisenoxid und natürlich auch viel Wasserstoff. Diese Wasserstoffatmosphäre bot eine gute Ausgangslage dafür, dass sich organische Verbindungen bildeten.

Carell: Die Erde war nach dem Einschlag von Theia aufgeschmolzen. Elemente wie Gold, Silber und Iridium, die wir heute auf der Planetenoberfläche finden, dürfte es anfangs nicht gegeben haben. Diese Substanzen lösten sich im flüssigen Eisen. Auf dem Mond findet man überhaupt keine gediegenen Elemente.

Wo kommen dann Gold und Silber her?

Carell: Vermutlich gab es noch einen zweiten Impact, der die Erde allerdings nicht voll traf. Das war wohl ein Meteorit mit einem Eisenkern, der dann zerplatzte. Die Erde



schmolz zum zweiten Mal auf. Um sie herum sammelten sich Meteoritenpartikel an, darunter unheimlich viele Eisensplitter, die dann als flüssige Eisenteilchen auf die Erde herunterregneten. Sie fielen auf schon erkaltetes Wasser und reagierten damit. Dabei entstand für ein paar Hundert Millionen Jahre eine Wasserstoffatmosphäre um die Erde. Chemiker nennen das eine stark reduzierende Atmosphäre. Darin entstanden die ersten Verbindungen, die das Leben braucht.

Ist der Zeithorizont da klar?

Carell: Ja, so um die vier Milliarden.
Braun: Das lässt sich an Gesteinsproben von der frühen Erde abschätzen, wie die Apollo17-Mission sie beispielsweise auf dem Mond gesammelt hat. Da der Mond anders als die Erde keine Plattentektonik hat, die die Oberfläche grundlegend verändert hätte, liegen dort Steine von der frühen Erde, die erzählen, was genau damals dort passiert ist.

Was geschah danach?

Carell: Die Wasserstoffatmosphäre kippte. Die Atmosphäre bestand danach wohl vorwiegend aus Stickstoff, sehr viel Kohlendioxid, viel mehr als heute, ein paar Edelgasen und Wasserdampf. Sauerstoff gab es nicht. In dieser Atmosphäre aus Stickstoff und Kohlendioxid gab es vermutlich Blitzentladungen. Ab diesem Zeitpunkt kann man anfangen, Chemie zu machen.

Das Setting ist damit aber noch nicht vollständig beschrieben. Wo auf der frühen Erde haben sich die ersten Moleküle bilden können? Im Fachmagazin *Science* schrieben jüngst Forscher, dass es vor etwa 3,5 Milliarden Jahren noch keine Kontinente gegeben habe, dass es also eine Wasserwelt gewesen sei. Halten Sie das für plausibel?

Carell: Es gibt Leute, die das glauben. Unsere Chemie wird dann schwierig. In wässrigen, also hochverdünnten Umgebungen Nukleobasen zu entwickeln, Bausteine von Erbqutvorläufern, ist jedenfalls sehr schwer.

**Braun**: Es ist sicher richtig, dass sehr viel

Molekularküche Molekularküche

Wasser da war, aber das schließt kleinere Landflächen von der Größe von Island oder Hawaii noch lange nicht aus. Die Geologen sind da uneins, wie groß die Landflächen waren, als die Temperaturen allmählich unter hundert Grad sanken.

Carell: Für viele chemische Prozesse braucht es eine gewisse Konzentration der Ausgangsmoleküle. Darum glauben wir, dass auf solch kleinen Landflächen geothermale Felder mit vulkanischer Aktivität, wie wir sie heute auf Island und im Yellowstone-Park kennen, oder flache Teiche infrage kommen.

Waren die Ursprungsorte also Tümpel?

**Carell:** Ja, die waren mal ausgetrocknet, dann wieder kam Wasser. Es wurde mal warm, mal kalt, mal trocken, mal feucht, es

## Die Suppe – in einem Topf gekocht

gab Tag- und Nachtzyklen, saisonale Zyklen, so stellen wir uns das vor. Damit kann man interessante Chemie machen. Wir testen diese unterschiedlichen Zyklen im Experiment über drei, vier Perioden. Wir finden dabei ganz interessante Prozesse, sie funktionieren, ohne dass der Mensch eingreifen muss. Es kommen interessante Moleküle heraus, die einen immer in Richtung Aminosäuren, die Grundbausteine von Proteinen, und Nukleobasen bringen.

Interessanterweise hat ja Darwin auch schon formuliert, das Leben könnte in kleinen warmen Tümpeln entstanden sein. Kommt das Leben sozusagen aus dem Schlamm?

**Carell**: Schlamm ist Humus, organisches Material, verrottete Blätter und haufenweise Bakterien, die gab es ja damals noch nicht. Wir müssen uns die Situation eher vorstellen wie oberhalb der Baumgrenze etwa in den Alpen, mit viel Geröll.

**Trapp**: Oder eben wie auf Island in der Nähe von heißen Quellen.

**Braun**: In der Nähe eines Vulkans gibt es Asche und vulkanischen Staub, diese reagieren relativ schnell mit Wasser und bilden schlammartige Moleküle.

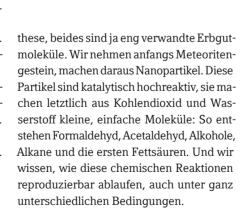
Carell: Wir haben, was die Tümpel angeht, jedenfalls ein Setting gefunden, in dem die vier verschiedenen Bausteine der RNA unter sehr ähnlichen Bedingungen entstehen können – die ganze Suppe sozusagen in einem Topf gekocht. Bislang hielt man das für nicht möglich. Es gab auf der frühen Erde vermutlich eine Blitzentladung in einer Stickstoff-Wasserstoff-Atmosphäre, gleichzeitig gab es vulkanische Aktivitäten, die Schwefeldioxid in großen Mengen produzieren.

Das haben Sie in Experimenten ermittelt?

Carell: Ja, in unseren Versuchen nutzten wir als Ausgangsstoffe so einfache Substanzen wie Ammoniak, Harnstoff und Ameisensäure. Auch brauchte es Salze wie Nitrite und Carbonate sowie Metalle wie Eisen und Zink. Damit kommt eine Kaskadenreaktion in Gang, die zu den vier Nukleobasen führt. Allerdings brauchen wir in unserem Szenario drei Tümpel. Wir nehmen an, dass die Tümpel aus verschiedenen Gesteinen entstanden. Sie müssen nicht direkt nebeneinander liegen, sie müssen nur in Kontakt sein. Wichtig sind der Austausch etwa durch Überschwemmungen und das Eintrocknen. Das reicht völlig. Im Moment bauen wir so ein Tümpelszenario im Labor auf, im Grunde eine Landschaft aus Glaskolben, in denen wir die ursprünglichen Bedingungen simulieren. Am Ende würden wir gern so ein Miller-2.0-Experiment machen, einen verbesserten Nachfolger des klassischen Ursuppenexperiments.

**Trapp**: Wir haben unser Experiment schon im Labor aufgebaut, mit Entladung und allem. Wir haben dabei einen anderen Fokus als Thomas Carell. Er macht die sogenannte RNA-Synthese, ich mache eine DNA-Synthese,





Zu welchen Erkenntnissen sind Sie ge-

**Trapp**: Wir koppeln in unseren Experimenten zwei Prozesse: die Bildung von Zuckern und die Bildung der Nukleobasen, der beiden Bestandteile, aus denen DNA-Bausteine bestehen. Dabei sind wir auf interessante Dinge gestoßen: Forscher haben sich oft gefragt, warum die Natur Ribose als Zucker





"Am Ende würden wir gern so ein Miller-2.0-Experiment machen, einen verbesserten Nachfolger des klassischen Ursuppenexperiments": Oliver Trapp, Thomas Carell und Dieter Braun (von links) versuchen, den Ursprung des Lebens zu rekonstruieren. Fotos: C. Olesinski/LMU

ausgewählt hat. Wir haben herausgefunden, dass das eine natürliche Konsequenz der ursprünglichen chemischen Prozesse ist. Die Ausgangsmoleküle finden sich automatisch zusammen. Entscheidend aber ist, dass nicht der fertige Zucker an der Nukleobase angeflanscht wird, wie man immer gedacht hat, sondern an ihr aufgebaut wird. Das führt zu der Erkenntnis, dass erste DNA-Vorläufer womöglich etwa 400 Millionen Jahre früher entstanden sind als bisher angenommen.

Lange sprachen Forscher explizit von einer RNA-Welt.

Carell: RNA-Welt ist einfach eine Nukleinsäure-Welt, ob nun RNA am Anfang stand oder DNA, ist für das Konzept egal. Das Konzept einer RNA-Welt gab es nur darum, weil RNA biosynthetisch der Vorläufer von DNA ist. Aber DNA kann durchaus am Anfang entstanden sein. Viele Wissenschaftler sa-

gen auch, dass zunächst ganz andere Zucker eine Rolle gespielt hätten, zum Beispiel Tetrose. Wenn ich damit die Basen verknüpfe kriege ich weder DNA noch RNA, sondern die sogenannte TNA, und die paart wunderbar, sodass ebenfalls Doppelstränge entstehen können. Das ist ja die Voraussetzung, dass sich das Erbmaterial vervielfältigen kann. Wir brauchen eine Nukleinsäurewelt aus sich selbst replizierenden Molekülen mit Eigenschaften, die eine Selektion zuließen, sodass man einen molekularen Darwinismus postulieren kann. Vermutlich ist es dann egal, welchen Zucker man als Basis nimmt. Braun: Vielleicht gab es schon früh eine Arbeitsteilung zwischen RNA und DNA. DNA könnte ein Langzeitspeicher gewesen sein und RNA gut für kurzzeitige Produkte.

**Carell**: Vielleicht konkurrierten früher auch viele Systeme. Und dann setzte sich das System durch, das wir heute sehen. Ich würde

für keine dieser Theorien einen Finger auf die Schiene legen.

Für eine wie auch immer geartete Evolution braucht es eine Form von Auslese: Was passt und was nicht? Sie experimentieren damit, wie allein Nichtgleichgewichtszustände und Temperaturunterschiede solche Selektionsvorgänge in Gang bringen.

Braun: Leben, wie wir es kennen, ist ja kein Leben, das ich irgendwie in ein Glas tun und stehen lassen kann, und es lebt dann weiter. Es braucht dauernd Futter, neue Nährstoffe, es muss ständig aus dem Gleichgewicht gehalten werden, wie wir Physiker sagen. Es sind Systeme, die mit der Umgebung in Wechselwirkung stehen und mit ihr Energie und Materie austauschen. Und die Frage ist: Welche Formen von Nichtgleichgewichten auf der Erde können wir uns vorstellen und welchen Einfluss hätten sie auf die infrage

Molekularküche

kommenden Moleküle? Wir experimentieren mit Temperaturunterschieden, die Moleküle akkumulieren und zwischen warm und kalt oszillieren lassen. Wir testen auch, wie hier ein pH-Unterschied entsteht, ein Gefälle im Säuregehalt, und wie er Reaktionen anstoßen kann. Da schließt sich die Frage an: Können wir in solchen Nichtgleichgewichtssystemen die Polymerisation, die Verkettung von DNA oder RNA, weitertreiben?

Sie suchen also nach der passenden Umgebung für solche Systeme?

Braun: Genau. Wenn Sie durch vulkanisches Gelände laufen, finden Sie dort viel poröses Gestein, das in der Nähe der Wasserlinie mit Flüssigkeit gefüllt ist. Weht ein heißer Wasserdampf darüber, aufgeheizt von Vulkanismus, bekommen Sie starke Temperaturunterschiede in den Poren. Wir analysieren, wie Moleküle in solchen Nichtgleichgewichtssystemen akkumulieren und ausgewählt werden, wenn sie längerkettig sind. Damit ist ein Selektionsmechanismus möglich, der Moleküle nach der Länge ausliest.

Ein Essential für jede Evolution?

Braun: Ja, auch für eine rudimentäre Form von Evolution brauchte es längere Moleküle, Sequenzen – und es brauchte einen Kopiermechanismus, mit dem sich die Moleküle vervielfältigen. Wie Experimente zeigen, ist dann nach ein paar Zyklen einer solchen

## Die Tricks, die die Natur erfand

Replikation eine zunächst zufällige Sequenz eben nicht mehr ganz zufällig. Wir wollen herausfinden, wie die Natur eventuell gesetzmäßig auf diese Darwin'sche Evolution hat stoßen müssen. Nur dadurch, dass die Natur Tricks erfand, Sequenzen zu vervielfältigen und so die Information zu erhalten, konnte auf einem langen Weg so etwas wie ein Ribosom entstehen, diese Maschine, an der die Information letztendlich in moderne Bausteine des Lebendigen umgesetzt werden kann. Aber wie dieser lange Weg tatsächlich aussah – da klafft zugegebenermaßen noch eine große Wissenslücke.

Erste Nukleotidbausteine und immer längere Ketten solcher Bausteine – gehen Sie da immer noch von ähnlichen Entstehungsbedingungen, der gleichen Umgebung aus? Braun: Man probiert da in der Theorie, aber vor allem auch im Experiment anzudocken. um den Anfang der Evolution nachzubauen. Die Hoffnung ist, dass unter Bedingungen, die für Replikation und Darwin'sche Evolution passen, auch die Synthese von Nukleotiden stattfinden kann. Wir versuchen zusammen mit Oliver Trapp experimentelle Bedingungen hinzubekommen, die da eine Verbindung schaffen. Chemische Reaktionen etwa laufen viel schneller in Porensystemen ab. Dort spielen sich Temperaturoszillation in hoher Geschwindigkeit sowie Trocken-Nass-Zyklen auf der Mikrometerskala ab. Wenn ich Evolution etablieren will, ist es, denke ich, wichtig, dass es durch ein passendes Nichtgleichgewicht angetrieben wird und dass die Moleküle an einem Ort dauerhaft miteinander kooperieren.

Wie gut werden sich all solche Bedingungen in einem Ursuppenexperiment 2.0 zusammenbringen lassen?

Trapp: Das wird schwierig, auf jeden Fall ist es noch ein weiter Weg. Aber es gibt erste Erfolge. Wir sind zum Beispiel in der Lage, fettsäureartige Moleküle aufzubauen, sogenannte Phospholipide, mit denen man eine Art von zellulärer Struktur schaffen kann, in der sich organische Moleküle sammeln. Startet man mit den richtigen Zutaten ein Reaktionsnetzwerk, kann das in einen Stoffwechsel münden: Moleküle werden abgebaut und andere aufgebaut. So erzeugt man

Gradienten und ist in der Lage, Ungleichgewichte anzutreiben.

Wie aber könnten Zellvorläufer tatsächlich entstanden sein?

**Braun**: Vielleicht an einer Wasser-Luft-Grenzfläche. Heizt man so ein System und gibt Lipide und DNA hinzu, akkumulieren

# Akkumulieren auf der warmen Seite

die jeweils auf der warmen Seite. Und wenn Sie länger warten, entsteht tatsächlich ein vesikuläres System aus vielen Lipiden. Interessanterweise ist im Inneren die RNA 20-fach höher konzentriert, richtig gefaltet und sogar katalytisch aktiv. Solche Nichtgleichgewichtssysteme können also Vorläufer der Zellen bilden.

Wann kann man überhaupt von Zellvorläufern sprechen?

Braun: In der frühen Entwicklungsphase des Lebens auf der Erde hätten Zellen, wie wir sie heute kennen, wohl eher gestört. Zellen brauchen Nährstoffe im Inneren, und sie produzieren Müll, der aus der Zelle heraustransportiert werden muss. Das sind komplexe Prozesse, an denen heute komplexe Proteine beteiligt sind. Meiner Meinung nach sind daher Zellen wohl erst nach dem Ribosom und dem genetischen Code entstanden.

Im Verlauf der Evolution treten Prozesse wie Zellteilung, Energieversorgung und Photosynthese auf. Muss man, wenn man diese Anfangsexperimente macht, das schon ein bisschen mitdenken?

**Trapp**: Wir lassen uns durch die Natur inspirieren und versuchen, alles auf fundamentale Prozesse herunterzubrechen, etwa bei

der Photosynthese. Im Endeffekt geht es auch dort um Prozesse, bei denen Energie gespeichert wird. Wir wollen wissen, wie das unter präbiotischen Bedingungen abläuft.

Braun: Man sollte nicht leichtfertig Rückschlüsse ziehen. Es gibt keinen logischen Grund, warum das, was Proteine heute können oder wie Zellen heute DNA produzieren, direkt gekoppelt sein sollte mit den frühen präbiotischen Bedingungen. Da liegt so viel Zeit, so viel Evolution dazwischen.

Aber noch mal ganz zurück zum Anfang: Der Exzellenzcluster Origins erforscht die Vermutung, so heißt es in der Eigenwerbung, dass sich die Entstehung des Lebens "natürlicherweise von den im Urknall festgelegten Ausgangsbedingungen entfaltet hat".

Carell: Die Grundfrage ist wohl: Ist das Leben deterministisch? Ist das Leben eine Art Naturgesetz und unter den Bedingungen entstanden, die nach dem Urknall gleichsam vorgegeben waren? Oder war es ein nicht planbares Event, das eben zufällig auf

# Das Uhrwerk des gesamten Universums

der Erde stattgefunden hat und kein anderes Mal im ganzen Universum auftritt?

Kosmologen sind überzeugt, dass 100 Sekunden nach dem Urknall alles da, der Teilchenmix festgelegt ist. Von da an läuft die Entwicklung des Universums ab wie ein Uhrwerk, sagen sie. Könnte man einen solchen Determinismus überhaupt beweisen?

Carell: Vielleicht nicht. Man kann aber logische Szenarien finden. Wir sind immer wieder überrascht, wie einfach manche Abläufe bei der Entstehung des Lebens offenbar gewesen sind, die wir uns viel schwieriger vorgestellt haben. Es bleibt schon ein Traum zu beweisen, dass aus dem bisschen Materie, das nach dem Urknall übrig geblieben ist, irgendwann mal Leben entstehen muss. **Braun**: Gleich mit dem Urknall anzufangen, geht vielleicht ein bisschen weit zurück. Es gibt eine logische Lücke zwischen dem, was die Astrophysiker über Planetenentstehung und was Geologen über die Erde wissen.

**Trapp**: Schaut man sich die organische Zusammensetzung von Meteoriten oder Asteroiden an, ist die nicht prinzipiell anders als auf der Erde. Es sind Prozesse, die chemisch überall gleich ablaufen. Die dabei entstehenden Bausteine kann man überall nachweisen.

Man sucht auf dem Mars schon seit Langem nach Spuren organischen Lebens, mit den Saturn- und Jupitermonden Enceladus oder Europa gibt es weitere Kandidaten. Würde es die Frage klären, wenn es da auch lebensähnliche Formen gibt?

Trapp: Definitiv.

**Carell**: Wenn Leben schon in unserer näheren Umgebung auftritt, wäre das der Beweis dafür, dass es auch anderswo Leben gibt.

Aber für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass es irgendwo da draußen Leben gibt?

**Braun**: Quasi 100 Prozent. **Trapp**: Ja, das gibt es.

Carell: Das glaube ich auch.

**Braun**: Schauen Sie sich die Zahlen an. Jede Sonne hat im Mittel wahrscheinlich einen Planeten. Und wie viele Sonnen haben Sie in unserer Galaxie und wie viele Galaxien haben Sie!

Wäre das ein Leben, das nach gleichen Prinzipien funktionierte wie das auf der Erde?

Carell: Der Kohlenstoff als Element hat ein paar Besonderheiten, die kein anderes Element hat. Er ist sehr flexibel und sehr dynamisch. Darum bildet er sehr wahrscheinlich die Basis jedes Lebens. Ob die Lebewesen dann so aussehen wie wir, ist fraglich. Vielleicht sind es riesige Würmer.

#### Prof. Dr. Dieter Braun

ist seit 2007 Professor für System-Biophysik an der LMU. Braun, Jahrgang 1970, studierte Physik an der Universität Ulm und an der Technischen Universität München Er wurde mit einer Arbeit am Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried promoviert und war Postdoktorand an der Rockefeller University in New York. Er leitete eine von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe. 2010 zeichnete ihn der Europäische Forschungsrat (ERC) mit einem Starting Grant aus, 2018 mit einem Advanced Grant. Seit 2018 ist er Sprecher des DFG-geförderten Sonderforschungsbereiches "Emergence of Life" und koordiniert die Origin-of-Life-Forschung im Excellenzcluster Origins

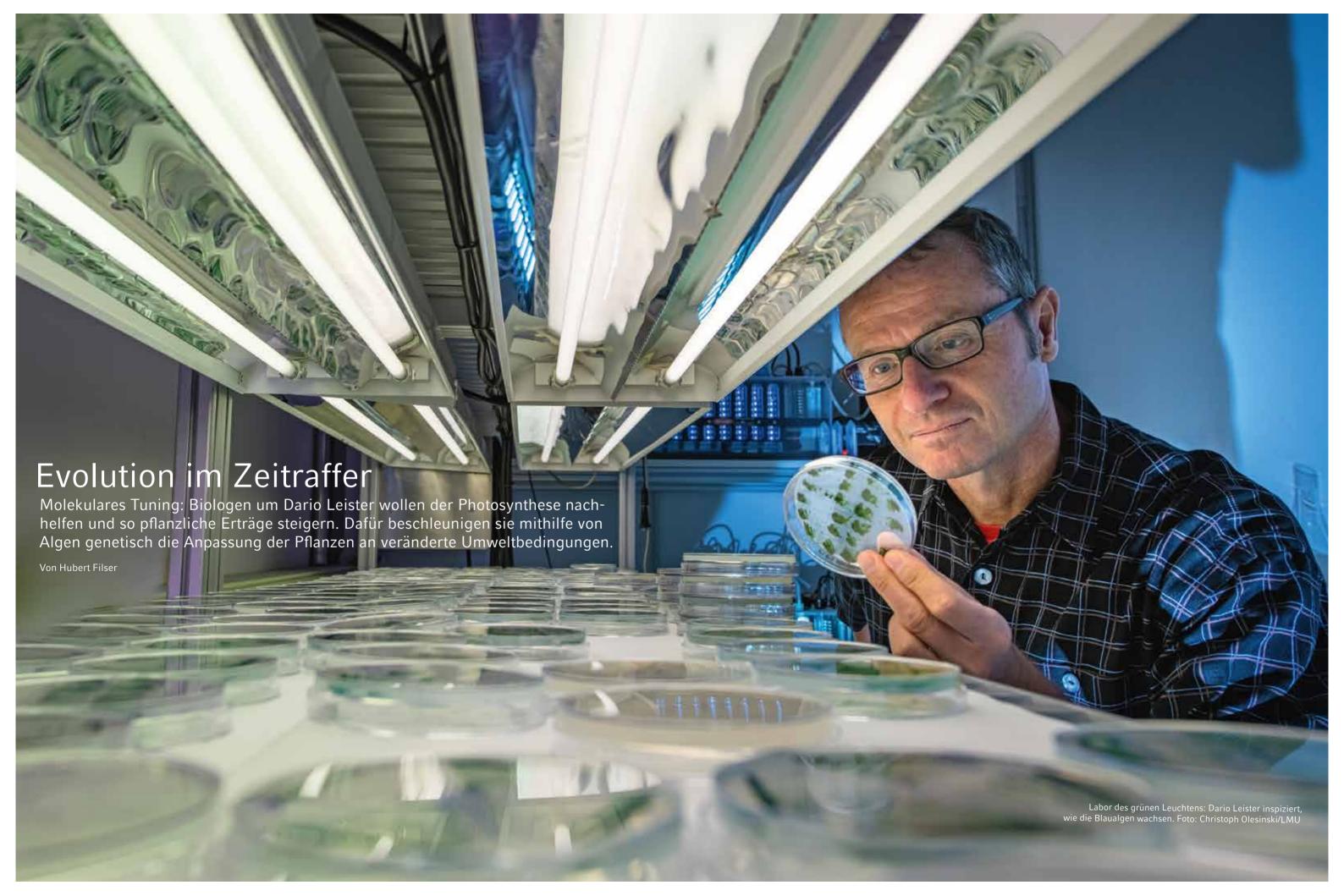
#### Prof. Dr. Thomas Carell

ist Inhaber des Lehrstuhls für Organische Chemie - Nucleic Acid Research an der LMU. Carell, Jahrgang 1966, studierte Chemie an den Universitäten Münster und Heidelberg. Er wurde in Heidelberg promoviert mit einer Arbeit am Max-Planck-Institut für Medizinische Forschung. Carell war Postdoktorand am Massachussetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, USA, habilitierte sich an der ETZ Zürich und war Professor an der Universität Münster, bevor er 2004 an die LMU kam. Im selben Jahr zeichnete ihn die DFG mit dem Leibniz-Preis aus. Carell war Sprecher des Exzellenzclusters Center for Integrated Protein Science Munich (CIPSM) und des SFB "Dynamik und Intermediate molekularer Transformationen". Seit dem Jahr 2019 ist er Sprecher des SFB "Chemische Biologie epigenetischer Modifikationen".

#### **Prof. Dr. Oliver Trapp** ist Inhaber eines Lehrstuhls für Organische

Chemie an der LMU und Max-Planck-Fellow am Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg. Trapp, Jahrgang 1973, studierte Chemie an der Universität Tübingen, wo er auch promoviert wurde. Er war Postdoktorand an der Stanford University, USA, und Leiter einer DFG-finanzierten Emmy-Noether-Gruppe am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim an der Ruhr. Er habilitierte sich an der Universität Bochum und war Professor an der Universität Heidelberg, bevor er im Jahre 2016 an die LMU kam. 2010 zeichnete ihn der ERC mit einem Starting Grant aus, 2012 mit einem Proof of Concept Grant.

Ausgabe 2020 Einsichten. Das Forschungsmagazin Ausgabe 2020 Ausgabe 2020



Evolution im Zeitraffer

s ist dieses intensive grüne Leuchten, das einen in den Laboren von Dario Leister erwartet. Auf dem Boden stehen Rüttler, die blassgrüne Flüssigkeiten in bauchigen Glaskolben schwenken, darüber liegen in beleuchteten Regalen Dutzende Petrischalen mit dunkelgrünen Mustern. Manche bilden gleichsam guadratische Figuren, manche runde, andere erinnern an kleine Tannenbäume, so wie Kinder sie zeichnen. In einem Gerät am Ende des länglichen Laborraums in Martinsried flutet das Licht in regelmäßigen Abständen ebenfalls grüne Flüssigkeiten in großen Kolben. Das schafft Farbeffekte wie eine ganze Batterie dicker Buntstifte in allen Grüntönen. "Hier wachsen Blaualgen", sagt Leister.

Leister, Inhaber des Lehrstuhls für Molekularbiologie der Pflanzen, testet in seinen Laboren in Martinsried, wie Blaualgen und andere Modellsysteme auf unterschiedliche Licht- und Temperaturbedingungen reagieren. Dahinter steckt ein größerer, ambitionierter Plan. Weltweit versuchen Biologen, den molekularen Apparat, der Pflanzen diese Photosynthese ermöglicht, effizienter zu machen. Die Herausforderung ist gewaltig, doch die Notwendigkeit ist ebenso groß. Die menschliche Bevölkerung wächst, im Jahr 2050 könnten bereits 9,7 Milliarden Menschen die Erde bevölkern. Um sie zu ernähren, muss die landwirtschaftliche Produktivität gesteigert werden. Um mehr als 50 Prozent, sagt Dario Leister. Doch mit dem Klimawandel geht immer mehr Ackerland verloren. Die Böden sind vielerorts aufgrund intensiver Nutzung erschöpft, gleichzeitig steigt der Bedarf an Biokraftstoffen und an Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs, was die Situation zusätzlich verschärft.

Leisters Team will daher Pflanzen dazu bringen, sich besser und schneller an den Klimawandel anzupassen. Dabei ist die Photosynthese ein zentraler Prozess, der nicht nur effizienter gemacht werden soll, sondern auch robuster gegenüber Umweltveränderungen. Bei der Photosynthese spalten Al-

gen und Pflanzen mithilfe des Sonnenlichts Wasser und binden Kohlendioxid und produzieren so energiereiche Kohlenstoffverbindungen und nebenbei auch Sauerstoff. Die Photosynthese ist die Grundlage des Lebens auf der Erde, sie liefert die Energie, die Biosysteme und Organismen brauchen. Pflanzen und Algen nehmen dafür Sonnenlicht sozusagen über molekulare Solaranlagen auf, die sogenannten Photosysteme. Sie besitzen zwei Varianten dieser Energiewandler. "Die sind so etwas wie der Motor der Pflanzen", sagt Leister.

Der Molekularbiologe nutzt gerne den Vergleich mit dem Auto. "Photosynthese ist ein extrem komplexer Prozess, es nützt nichts, nur die Motorleistung zu erhöhen, es geht um das richtige Zusammenspiel aller Komponenten", erklärt Leister. Auch wenn einige Elemente der photosynthetischen Lichtreaktionen möglicherweise ideal erscheinen,

# Drei Proteine machen noch keine Lösung

sei die Gesamteffizienz der Umwandlung von Licht in Biomasse im Laufe der Evolution nicht optimiert worden. "Wozu auch?" fragt Leister. "Evolution bedeutet überleben, also fitte Nachkommen zu erzeugen, und das ist nicht gleichbedeutend damit, viel Biomasse zu produzieren." Genau hier setzt seine Forschung an.

Leister verfolgt dabei zwei Ansätze: Bei der sogenannten synthetischen Biologie bauen Forscher die grundsätzlichen Prozesse der Photosynthese nach und versuchen dabei, den Prozess in seinem Wirkungsgrad zu ver-bessern. Bei diesem Ansatz muss man gleichzeitig den Organismus robuster machen, damit er auch eine verbesserte Photosynthese "vertragen" kann. Oder um

beim Bild mit dem Auto zu bleiben: "Ein Motor mit mehr PS braucht dann auch ein entsprechend stabiles Chassis." Dazu nutzen die Forscher die Evolution im Labor, indem sie Organismen sich an hohe Lichtintensitäten anpassen lassen. Leister nutzt für die Kombination aus synthetischer Biologie und Laborevolution unterschiedliche Modellsysteme, vor allem aber Blaualgen, die zu den Bakterien gehören und aus denen die Chloroplasten von Grünalgen und Pflanzen hervorgegangen sind. Um die gewonnenen Erkenntnisse dann für Kulturpflanzen nutzbar zu machen, verwenden die Forscher Pflanzen wie die Ackerschmalwand, die Molekularbiologen gern mal ihr "Arbeitspferd" nennen, und neuerdings auch Leindotter als einfachen Vertreter der wichtigen Kulturpflanzen.

Leister bremst dabei allzu hohe Erwartungen. "Die Vorgänge in Pflanzen sind kompliziert und einfache Lösungen gibt es nicht", mahnt er. Als Beispiel nennt er in diesem Zusammenhang eine viel beachtete Arbeit amerikanischer Kollegen, die eine vermeintlich einfache Lösung präsentierten, um den Wirkungsgrad der Photosynthese zu verbessern. Die Forscher hatten in einem renommierten Fachmagazin über genetische Modifikationen an Tabakpflanzen, die diese robuster gegenüber natürlichen Schwankungen in der empfangenen Menge an Sonnenlicht machen sollten, berichtet. Die US-Wissenschaftler hatten dabei drei Proteine in Tabakpflanzen, die bei der Lichtanpassung eine Rolle spielen, gezielt überexprimiert, sodass die Pflanzen mehr davon produzierten. Diese sogenannten VPZ-Linien wuchsen in der Folge unter Feldbedingungen schneller, was als universelle Lösung reklamiert wurde, um den Ertrag von Kulturpflanzen zu verbessern.

"Uns kam das zu einfach gestrickt vor", erinnert sich Leister. "Wenn besseres Wachstum mit mehr Nachkommen einhergeht, hätte das die Evolution auch schon von alleine hervorgebracht." Er beschloss, den Versuch im Modellsystem Ackerschmal-

wand selbst nachzuvollziehen. Die jüngst im Magazin *Nature Plants* veröffentlichten Ergebnisse zeigten, dass es einfache und universell gültige Lösungen, um Pflanzen wie Tabak oder eben die Ackerschmalwand robuster gegenüber Stressbedingungen zu

## Licht, Wasser, Temperatur – drei Variablen

machen, tatsächlich nicht gibt. Zwar erhöhten die drei Schlüsselproteine wie beim Tabak-Experiment aus den USA die Flexibilität der Photosynthese, die Pflanzen konnten sich also auch rascher an schnell sich verändernde Lichtverhältnisse anpassen, aber sie wuchsen deswegen nicht schneller – im Gegenteil.

"Die einfachste Erklärung für das unterschiedliche Verhalten der genmodizierten Tabak- und Ackerschmalwand-Pflanzen ist, dass Letztere mit dem höheren Wirkungsgrad der Photosynthese nicht zurechtkommen und bei der Ackerschmalwand daher auch andere Komponenten verändert werden müssen, damit am Ende ein Mehrwert herauskommt", sagt Leister. "Die harte Konkurrenz um Forschungs- und Stiftungsgelder verleitet dazu, scheinbare Sensationen vorschnell zu veröffentlichen, bevor alle notwendigen Kontrollen gemacht worden sind; in diesem Falle den Ansatz direkt in Kulturpflanzen zu testen", betont er. "Wir sollten als Forscher aber keine falschen Erwartungen schüren, sondern vermitteln, dass komplexe Probleme leider meistens auch komplexe Lösungen erfordern."

Leister sieht seine Arbeit als Hinweis darauf, wie komplex der Anpassungsprozess von Pflanzen an sich ändernde Klimabedingungen ist. Es reiche eben nicht, nur an einer einzigen Stellschraube zu drehen, um Pflanzen fit zu machen gegen zunehmende Trockenheit oder schwankende Lichtintensitäten. Solche Versuche lieferten unvorhersehbare Ergebnisse, sagt Leister. In seiner Forschungsgruppe arbeitet der LMU-Biologe daher systembiologisch, gewissermaßen "ganzheitlich", wie er es nennt. "Wir müssen lernen, diese komplexen Netzwerke zu verstehen."

Schritt für Schritt lernen die Forscher mehr über die Schlüsselkomponenten und entwickeln Modelle, um die zentralen Bausteine für die Anpassung zu identifizieren. So haben sie beispielsweise unlängst herausgefunden, dass die Leistungsfähigkeit eines kleinen Proteins, das Elektronen zwischen den beiden Photosystemen einer Pflanze transportiert, entscheidend von der konkreten Architektur der Systeme abhängt. Doch wie sie am besten auszusehen hat, versuchen die Forscher nun herauszubekommen. indem sie wie in einem Baukasten einzelne Komponenten variieren. Aus solchen Experimenten tatsächlich ein größeres Bild abzuleiten, funktioniert allerdings nur im Verbund mit anderen Forschergruppen. So sind Leisters Arbeiten etwa auch in den von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geför-

#### Prof. Dr. Dario Leister

ist Inhaber des Lehrstuhls für Molekularbiologie der Pflanzen an der LMU. Leister, Jahrgang 1967, studierte Biochemie an der Universität Tübingen und wurde am Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung in Köln promoviert. Er war Postdoc am John Innes Center, The Sainsbury Laboratory, Norwich, Großbritannien, und am MPI für Züchtungsforschung, wo er eine unabhängige Nachwuchsgruppe leitete Er habilitierte sich im Fach Genetik an der Universität Tübingen, 2005 wurde er nach München berufen. Leister ist Sprecher des Transregio-Sonderforschungsbereiches "Der Chloroplast als zentraler Knotenpunkt der Akklimation bei Pflanzen" (TRR 175). Im vergangenen Jahr zeichnete der Europäische Forschungsrat (ERC) ihn mit einem länderübergreifenden Synergy Grant aus. derten Sonderforschungsbereich TRR 175 eingebettet, dessen Sprecher er ist.

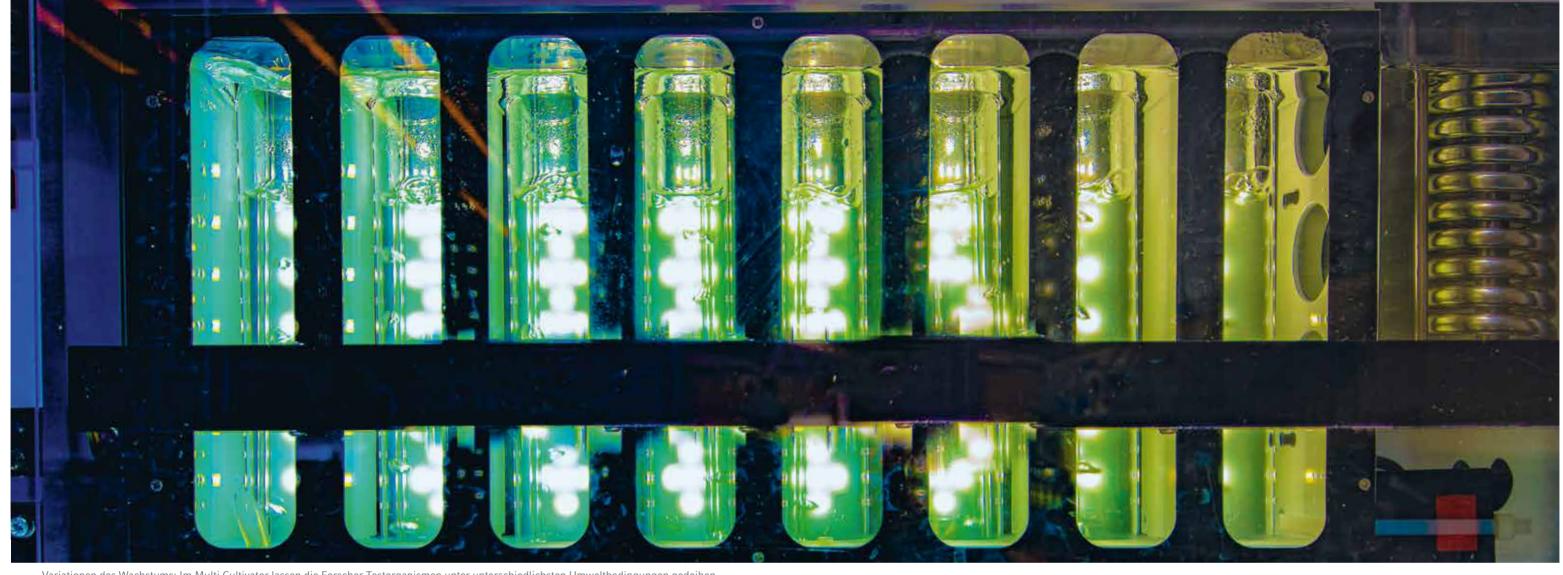
Ein erster wichtiger Schritt beim systembiologischen Ansatz der Forscher ist, systematisch auf der Ebene aller der in einer Pflanze identifizierbaren Moleküle und ihrer Konzentrationen zu erfassen, wie Pflanzen reagieren, wenn sich Licht und Temperatur ändern oder sie plötzlich mit weniger Wasser auskommen müssen. Dazu laufen in Leisters Laboren Versuche mit der Ackerschmalwand. Die Wissenschaftler simulieren gezielt Veränderungen, schnelle oder langsame, mal variieren sie die Lichteinstrahlung, mal die Wasserversorgung, mal die Temperatur.

Danach analysieren sie auf molekularer Ebene, welche Proteine und Metaboliten sich in ihren Konzentrationen unter bestimmten Änderungen verändert haben oder ihre Position in der Zelle geändert haben. So kann man Kandidaten bestimmen, die die Pflanze robuster machen könnten gegenüber hoher Lichteinstrahlung, Kälte oder Hitze. "Bei diesen Datenmengen spielt die Bioinformatik eine wichtige Rolle und Ansätze der künstlichen Intelligenz werden systembiologische Arbeiten enorm voranbringen", führt Leister aus.

Leister sieht aber auch eine grundsätzliche Einschränkung beim systembiologischen Ansatz. "Wenn wir also Proteine oder Metaboliten finden, die sich unter Stress anreichern oder weniger werden, und dann Pflanzen verbessern wollen, indem wir einfach mehr oder weniger davon produzieren, laufen wir Gefahr, in die gleiche Situation zu geraten wie die Tabakforscher aus den USA", erklärt er. "Zudem ignorierten wir dabei einen wesentlichen Aspekt der Evolution und der Pflanzenzüchtung, nämlich dass nicht nur die Ouantität eines Biomoleküls entscheidend sein kann, sondern auch seine Qualität, bei Proteinen also die Veränderung der Aminosäuresequenz."

In München arbeitet Leister daher auch an einer Anpassung auf Genebene. Er nutzt dazu vor allem Blaualgen und Grünalgen, weil

Ausgabe 2020 Einsichten. Das Forschungsmagazin Ausgabe 2020 Ausgabe 2020



Variationen des Wachstums: Im Multi Cultivator lassen die Forscher Testorganismen unter unterschiedlichsten Umweltbedingungen gedeihen. Sie können dafür beispielsweise Licht, Nährstoffe und Temperaturen variieren. Foto: Christoph Olesinski/LMU

man mit diesen Organismen sowohl systembiologisch Anpassungsvorgänge untersuchen kann, die auf Stoffwechselebene in wenigen Stunden und Tagen stattfinden, als auch Genveränderungen innerhalb von Wochen und Monaten erzeugen kann, die diese Organismen dann dauerhaft an veränderte Umweltbedingungen wie hohe Lichtmengen, Kälte oder Hitze anpassen. Blaualgen und Grünalgen sind deshalb so attraktiv, weil sie sich wegen ihrer kurzen Generationszeit sehr schnell anpassen können. "Wir lassen die Natur die Arbeit machen. Das ist Evolution im Zeitraffer."

Der Molekularbiologe deutet auf die bauchigen Glaskolben in den Rüttlern und die Batterien von Petrischalen im Kellerlabor. "Wir konnten innerhalb weniger Monate Blaualgen herstellen, die das Vielfache der-Lichtmenge vertrugen, die für sie norma

lerweise tödlich ist", erklärt Leister. Es ist heutzutage ein Kinderspiel, die zugrundeliegenden Genveränderungen zu finden. Wenn zudem die gleichen Gene in Pflanzen vorhanden sind, ist es möglich, die veränderten Gene in Pflanzen wie Ackerschmalwand oder Leindotter zu übertragen, um dort die Robustheit gegenüber Lichtstress zu verbessern.

Dass die LMU-Forscher die Ergebnisse ihrer Laborevolution mit Algen nun im Leindotter testen wollen, ist nur folgerichtig. Denn schließlich ist ja noch zu untersuchen, was eine Steigerung der Photosynthese im Einzelfall bei den für die Ernährung wichtigen Gewächsen bedeutet. Eine bessere Photosynthese sorgt im Prinzip für mehr Energie und mehr Stoffwechselprodukte. Doch solcher Zuwachs an Biomasse muss eben nicht unbedingt gleichbedeutend mit einer Er

tragssteigerung sein, wenn beispielsweise wie beim Leindotter hauptsächlich die Samen verwertet werden. In was also steckt die Pflanze den Energiegewinn aus der effizienteren Photosynthese? "Auch beim Leindotter als Modell für eine typische Kulturpflanze zählt am Ende das Gesamtsystem", sagt Leister. Gewissheit bekommen die Forscher letztendlich erst bei ihren Versuchen im Gewächshaus.

"Zu Kulturpflanzen mit verbessertem Ertrag durch wirkungsvollere Photosynthese oder mehr Robustheit gegenüber Umweltveränderungen ist es allerdings noch ein weiter Weg", sagt Leister. "Erst wenn wir die Anpassung der Pflanzen an veränderte Umweltbedingungen systematisch angehen, besteht die realistische Aussicht, dass wir nachhaltige Lösungen anbieten können", sagt Leister.

Eine wichtige Ergänzung ist dabei die Evolution im Zeitraffer, die sich aber nur bei Blau- und Grünalgen gut untersuchen lässt. "Natürlich sind Algen, insbesondere Blaualgen, nicht mit Kulturpflanzen gleichzusetzen, aber sie sind doch so eng verwandt, dass grundlegende Stoffwechselprozesse sehr ähnlich sind." Das Potenzial, dass Genveränderungen, die Algen robuster gegenüber bestimmten Umweltveränderungen machen, auch einen ähnlichen Effekt in Kulturpflanzen haben könnten, liegt klar auf der Hand. Wie werden die so manipulierten Pflanzen auf Hitze, auf Wassermangel oder stark wechselndes Licht reagieren? Das wollen die LMU-Forscher in Experimenten herausbekommen und dabei sowohl Grünalgen verwenden, die enger als Blaualgen mit Pflanzen verwandt sind, als auch Kombinationen von Umweltstressoren nutzen

wie sie in der Natur am häufigsten vorkommen.

Algen mit ihrer kurzen Generationszeit und guten genetischen Manipulierbarkeit sind also Studienobjekte, die universell in system- und evolutionsbiologischen Untersuchungen einsetzbar sind und so eine Brücke zur synthetischen Biologie schlagen. Ideal sei es, wenn sich beide Bereiche ergänzen. "Wenn wir die wichtigsten Komponenten und ihr Verhalten kennen, können wir auch anfangen, künstliche Systeme zu bauen", sagt Leister. Hier stehe die Forschung noch am Anfang. Im vergangenen Jahr bekam Leister für das Projekt "PhotoRedesign: Redesigning the Photosynthetic Light Reactions" einen hochdotierten Synergy Grant des Europäischen Forschungsrats.

Gemeinsam mit Spezialisten aus Großbritannien und Tschechien will er Konzepte

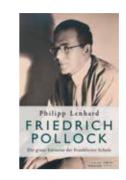
entwickeln, wie sich das Sonnenlicht photochemisch noch besser nutzen lässt. "Den Photosynthese-Apparat kennen wir bis ins Detail, jedes Gen, jedes Protein, die genaue Struktur", sagt Leister und schließt in der Sprache der Autoschrauber an: "Wir könnten nun drei unterschiedliche Motoren auseinanderbauen und versuchen, damit einen neuen besseren zu bauen, indem wir die Bauteile neu kombinieren."

Ganz verrückte Kombinationen seien hier denkbar, Wege, die die Natur nie gegangen ist oder im Lauf der Evolution nicht weiterverfolgt hat. Diese Systeme will Dario Leister zunächst in Blaualgen einbauen und schauen, was dabei geschieht. "Wenn wir die Photosynthese erst einmal bei Blaualgen frisieren können, dann werden wir das auch auf Pflanzen übertragen, um deren Ertrag zu verbessern."

4cs Ausgabe 2020 Einsichten. Das Forschungsmagazin Ausgabe 2020 Einsichten. Das Forschungsmagazin Ausgabe 2020



Einmal nicht der Mann im Hintergrund: Friedrich Pollock (vorne) mit Max Horkheimer am Meer, 1928. Foto: Archivzentrum der Universitätsbibliothek Frankfurt am Main, Nachlass Friedrich Pollock



#### Der Denker im Schatten

Sie haben es eilig: Am 30. Januar 1933, nur wenige Stunden nach Hitlers Ernennung zum Reichskanzler, stürmt die SA ein Haus im beschaulichen Cronberg (heute Kronberg) im Hochtaunus. Doch zum Glück kommen die Braunhemden zu spät, berichtet der Historiker Philipp Lenhard von der Abteilung für Jüdische Geschichte und Kultur an der LMU. Die beiden Besitzer, wissenschaftlich versierte Beobachter der Zeitgeschichte, haben sich rechtzeitig in die Schweiz abgesetzt. Dort hatten Max Horkheimer und Friedrich Pollock in weiser Voraussicht im Jahr zuvor eine Dependance ihres Instituts für Sozialforschung gegründet.

Horkheimer, Adorno, Löwenthal, Marcuse, Fromm, Benjamin – einige der bekanntesten linken und jüdischen Intellektuellen Deutschlands im 20. Jahrhundert sind mit dem berühmten Institut verbunden, dem Geburtsort der "kritischen Theorie". Für sie alle gibt es längst Gesamtausgaben und Biografien. Doch wer, bitte, ist Friedrich Pollock? Er ist der Mann im Hintergrund: Selbst Professor für Volkswirtschaftslehre und Soziologie, ein weltweit anerkannter Experte aus einer jüdischen Kaufmannsfamilie, entscheidet sich Pollock bewusst dafür – so Lenhard –, im Schatten seines berühmten Jugendfreundes Horkheimer zu bleiben. Als stellvertretender Direktor und Geschäftsführer leitet er die Geschicke des Instituts für Sozialforschung. Keine einfache Aufgabe für den Organisator

Pollock. Die Geschichte des Instituts spiegelt wie die kaum einer anderen Institution die Fährnisse des 20. Jahrhunderts. Die Gründung des Instituts 1923 fällt mitten in die Zeit der Hyperinflation. Zunächst einem streng kritischen Marxismus verpflichtet, entwickelt sich das Institut schnell zum Magneten für die vor allem jüdische und linke Intelligenzia. Weniq überraschend also, dass die Nazis keine Zeit verlieren.

Die Flucht erst in die Schweiz, dann nach New York, Hilfe für Geflüchtete und Zurückgebliebene: Die Schwierigkeit habe darin bestanden, so Lenhard, "dass auch die Kategorie des politischen Flüchtlings mit Gefahren verbunden war". Dann die Rückkehr nach Deutschland und die Neugründung des Instituts Anfang der 1950er-Jahre, obwohl Pollock zunächst strikt dagegen ist. Der Wiederaufbau, die Automation der zweiten industriellen Revolution und die Studentenunruhen - alles wird nicht nur von Horkheimer und Adorno, sondern eben auch von Pollock kritisch wissenschaftlich begleitet. Das Institut für Sozialforschung ist Institution gewordene Zeitgeschichte. Nun tritt endlich auch seine graue Eminenz aus dem Schatten. (mbu)

Philipp Lenhard: Friedrich Pollock - Die graue Eminenz der Frankfurter Schule. lüdischer Verlag im Suhrkamp Verlag, Berlin 2019, 382 Seiten, 32 Euro

#### Impressum

#### Herausgeber

Präsidium der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München

#### Konzept und Redaktion

Kommunikation & Presse LMU Claudia Russo (verantwortlich) Martin Thurau (federführend)

#### Autoren dieser Ausgabe

Maximilian Burkhart (mbu), Hubert Filser (huf), Monika Gödde (göd), Nikolaus Nützel, Alexander Stirn, Martin Thurau (math)

#### Design

Christoph Olesinski Online-Redaktion

#### Auflage

7000 Exemplare

Erscheinungsweise

#### halbjährlich

Kriechbaumer Druck GmbH & Co. KG,

München

Einsichten. Das Forschungsmagazin wird auf Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft gedruckt.

#### Distribution

Mathias Schiener

#### Redaktionsadresse

Geschwister-Scholl-Platz 1 80539 München

Tel.: 089 2180 3808

E-Mail: Einsichten@lmu.de

www.lmu.de/einsichten

Unter dieser Adresse können Sie Einsichten. Das Forschungsmagazin auch kostenlos abonnieren.



Das Konzentrationslager Auschwitz-Birkenau, Symbol der NS-Vernichtungsmaschinerie. Foto: Beata Zawrzel/NurPhoto via Getty Images

#### Die Zukunftsfrage

### Wie können wir die Erinnerung an den Holocaust wachhalten?

Kim Wünschmann, Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Zeitgeschichte der LMU und Koordinatorin LMU/Zentrum für Holocaust-Studien (am IfZ): "Zeitzeuginnen und Zeitzeugen sind in der Erinnerungskultur und in der Bildungsarbeit nicht ersetzbar. Noch gibt es den besonderen Moment, mit den Überlebenden zu sprechen, aber irgendwann wird das leider nicht mehr der Fall sein. Wie lassen sich dennoch diese authentischen Stimmen weiterhin hörbar machen und die Wirkungskraft der Zeugnisse auch in der vermittelten Form erhalten? Wir haben umfangreiche Sammlungen, Aufzeichnungen, Filme und können digitale Techniken nutzen, etwa interaktive 3-D-Zeugnisse von Überlebenden. In meiner eigenen Arbeit – aktuell schreibe ich eine Graphic History für eine junge Leserschaft - ist zudem besonders wichtig, mit Kindern und Enkelkindern der Überlebenden darüber zu sprechen, wie sich der Holocaust in den Familien ausgewirkt hat, wie Erinnerung tradiert wird. Durch das intergenerationelle Erinnern ergeben sich auch An-knüpfungspunkte zu Familienbiografien aufseiten der Mehrheitsgesellschaft."

Michael Brenner, Inhaber des Lehrstuhls für Jüdische Geschichte und Kultur an der LMU: "Ob die Erinnerung an den Holocaust eine neue Dringlichkeit erfahren hat? Es hat diese Dringlichkeit immer gegeben, sie hat nicht abgenommen. Lange hat man antisemitische verbale Entgleisungen, ja auch antisemitische Gewaltakte als Relikte der, wie es immer so hieß, ewig Gestrigen abgetan. Rassismus und Antisemitismus sind allerdings keineswegs verschwunden. Sie haben mit dem Anwachsen eines politischen Rechtsextremismus eine neue Qualität bekommen. Wenn ein AfD-Fraktionsvorsitzender überdeutlich macht, welch geringe Bedeutung er dem Holocaust für die deutsche Geschichte beimisst, werden diese Gedanken gesellschaftlich salonfähiger; sie haben Einzug gefunden in die Parlamente. Denken Sie zum Beispiel daran, dass ein Teil der AfD-Fraktion den Saal verließ, während Charlotte Knobloch, Präsidentin der hiesigen Israelitischen Kultusgemeinde, Anfang vergangenen Jahres ihre Rede im Bayerischen Landtag hielt. Solche Tendenzen machen mir Sorgen." Protokolle: math

Mirjam Zadoff, Direktorin des NS-Dokumentationszentrums, München: "Wie wird die Erinnerungskultur in zehn oder 20 Jahren aussehen? Wer sind die kulturellen, die sozialen, die politischen Akteure, die das Thema weitertragen - in einer Migrationsgesellschaft wie Deutschland? Wir wollen, dass sich auch diejenigen angesprochen fühlen, die nicht direkt betroffen sind, weil ihre Vorfahren nicht in Deutschland gelebt haben. Wir wollen auch die jungen Leute dafür interessieren, deren Großeltern oder Urgroßeltern sehr wohl hier gelebt haben, für die aber diese biografische Verbindung abbricht und die meinen, all das habe nichts mehr mit ihnen zu tun. Wie schaffen wir da einen gesellschaftlichen Konsens? Wie bringen wir die unterschiedlichen Gruppen zusammen, darunter Menschen, die in ihren Heimatländern selbst Gewalt erlebt haben und die ihre eigene Geschichte mitbringen? Wenn wir als globale Gemeinschaft aus der deutschen Geschichte lernen wollen, müssen wir auch über andere Genozide und die Erinnerung daran sprechen. Dabei geht es nicht um Vergleiche, sondern um Kontexte."

Lesen Sie im nächsten Heft ein ausführliches Gespräch zur Zukunft der Erinnerungskultur.

