

LABOR JOURNAL

Magazin für Medizin- und Biowissenschaften 7-8/2021



Forscheressays

Nachdenken
in der Krise

DAZULERNEN

Fehler in
der Pandemie

PAPER MILLS

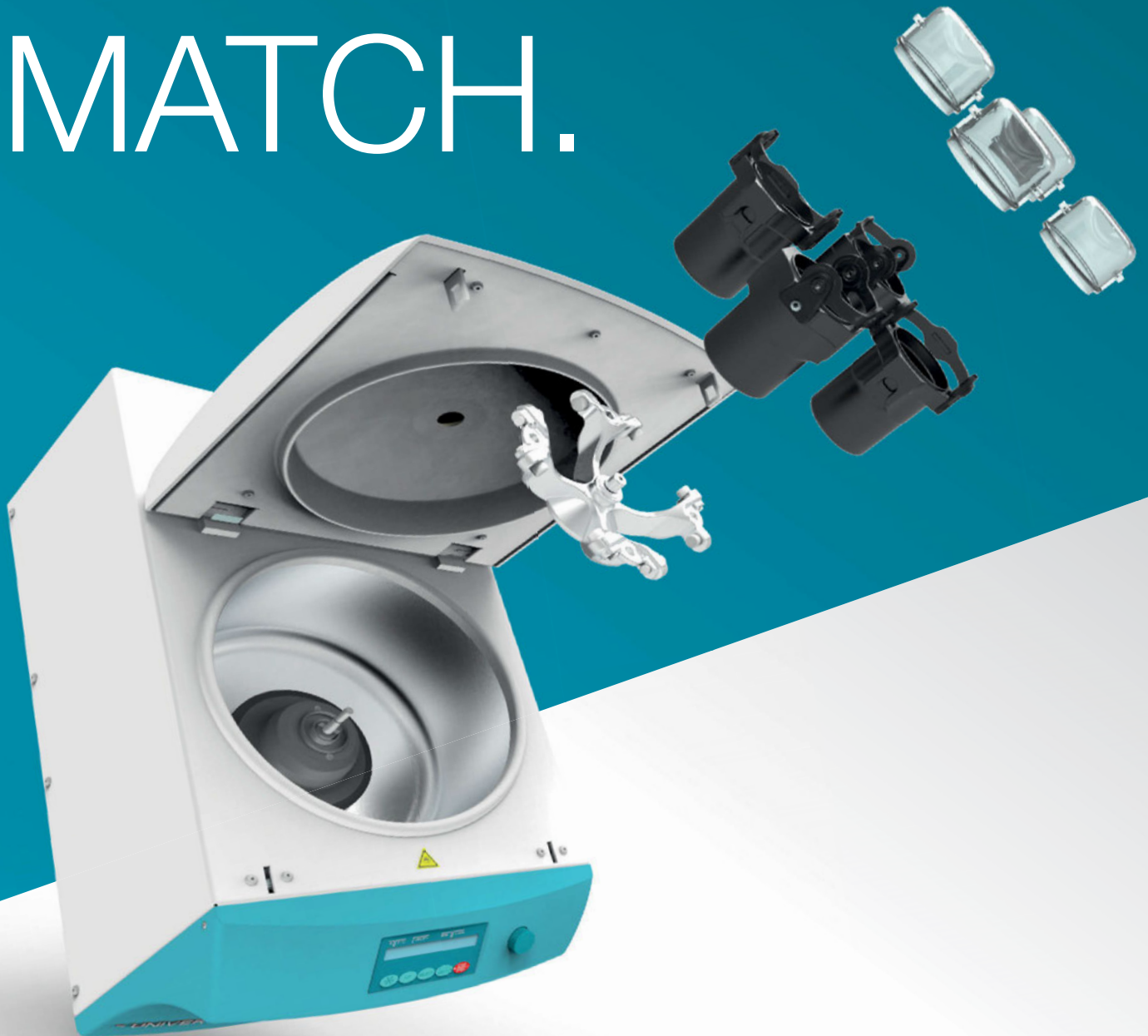
Forschungsfälschern
das Handwerk legen

KÜNSTLICHE ZELLE

Leben aus
toter Materie

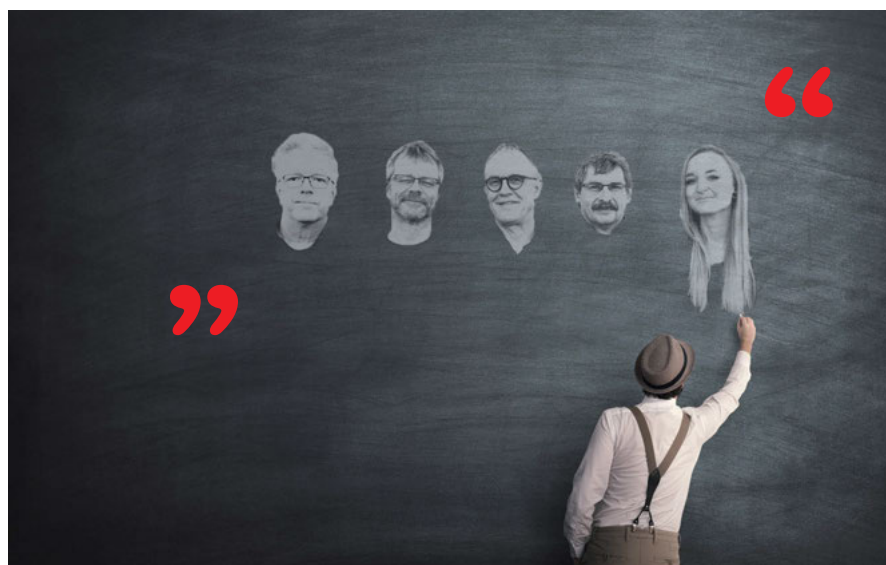
Hettich

FIND YOUR PERFECT MATCH.



Testen Sie den Hettich-Konfigurator jetzt gleich auf

mycentrifuge.com



Ausgerechnet hier an dieser Stelle, sozusagen auf der *Pole Position* von *Laborjournal*, widmen wir uns gerne Themen, die über das hinausgehen, was dann weiter hinten folgt. Hier sind wir nicht eingebunden in Rubriken oder dem inneren Anspruch, die *Life Sciences* auf möglichst unterhaltsame Weise zu reflektieren. Hier herrscht journalistische Freiheit, und die nehmen wir uns gerne.

Eines unserer Lieblingsthemen ist die Bildung. Denn nirgendwo sonst klaffen Anspruch und Wirklichkeit, Einsicht und Umsetzung so weit auseinander. Die Bildung unserer Bürgerinnen und Bürger ist die einzig nennenswerte Ressource, die uns im internationalen Rennen um den Wohlstand bleibt. Außer vielleicht noch unsere schönen Städtchen und Landschaften. Aber wir wollen ja nicht zum Disneyland für tourende Wohnmobilsten verkommen.

Um einen Wechsel zum reinen Tourismusgebiet zu vermeiden, spielt die Schule eine zentrale Rolle. Und dieser Rolle ist sie aus unserer bisherigen Sicht nicht gerecht geworden – übrigens auch nicht aus der Sicht vieler Lehrer.

Die Schule ist vielmehr immer stärker zerrieben worden. Zwischen leeren Versprechungen von Politikern im Wahlkampf und dem Nichtstun derselben Politiker nach dem Wahlkampf. Zwischen Eltern, die die Erziehung ihrer anstrengenden Blagen zunehmend der Schule überlassen, und dem allgegenwärtigen Lehrer- und Geldmangel. Alle drei Jahre läuft eine PISA-Studie – und immer schneiden wir schlecht ab. Und regelmäßig haut uns die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) um die Ohren, dass hierzulande der Bildungserfolg an den sozialen Status gekoppelt ist. Haste was, dann wirste was.

Die allgemein verbreitete Hypothese zur Ursache für die soziale Schieflage unseres Bildungssystems war bisher die, dass das Schulsystem die Kinder viel zu früh auf die verschiedenen Schulformen verteilt. Arme nach unten, Wohlhabende nach oben.

Dieser Hypothese ging auch der deutsche Soziologe Jan Skopek mit seiner 2020 veröffentlichte Studie „*Socioeconomic Inequality in Children's Achievement from Infancy to Adolescence: The Case of Germany*“ nach. Eine beeindruckend große Studie mit etwa 60.000 Testpersonen. Skopek hatte die Testpersonen ab 2009 begleitet, die Studie besteht also nicht nur aus Momentaufnahmen, sondern umfasst ganze Bildungsbiographien der Testpersonen – und das ab dem Säuglingsalter.

Aber das Ergebnis von Skopek's Studie widersprach der allgemein verbreiteten und letztlich auch seiner eigenen Annahme. Das Resultat: Wenn die Kinder in die Schule kommen, ist die Entscheidung über den Bildungserfolg schon längst gefallen. Die Kinder bringen je nach sozialer Herkunft ein unterschiedliches Maß an Kompetenz als Grundlage mit in die Schule, und die Schule schafft es nicht, diesen Unterschied über die Schulzeit hinweg wieder auszugleichen. Diese Weichenstellung erfolgt somit im Elternhaus. Und vielleicht noch in der Kita.

Kinder aus weniger gebildeten Familien hören in den ersten vier Jahren 10 bis 15 Millionen Wörter, Kinder aus Akademikerfamilien 45 Millionen. Kinder aus höheren Schichten kennen mit drei Jahren etwa tausend Wörter, Kinder der Unterschicht nur die Hälfte. Die These der amerikanischen Soziologin Annette Lareau („*Unequal Childhood*“) dazu: Eltern der Ober- und Mittelschicht fordern ihre Kinder ständig heraus. Sie spielen mit ihnen und lesen ihnen abends im Bett Geschichten vor. Und sie reden und reden und reden, den lieben langen Tag. Unterschicht-Kinder werden dagegen von ihren Eltern eher in Ruhe gelassen. Das kann auch Vorteile haben – psychosoziale beispielsweise –, bereitet aber auf die Schule nicht so gut vor wie die Dauerbespaßung in der Ober- und Mittelschicht.

Sind also die Versuche der Schulen sinnlos, Bildungsgerechtigkeit herzustellen? Im Gegenteil! Die Schulen schaffen es immerhin, die Schere der erworbenen Kompetenz nicht weiter aufgehen zu lassen. Nur das glei-

che Niveau bei allen Schülern zu erreichen – das schaffen sie eben nicht mehr.

Wenn wir also erreichen wollen, dass Bildungserfolg nicht von der sozialen Herkunft abhängt, dann müssen wir früher ansetzen. Das aber ist schwierig, denn dort beginnt die Privatsphäre der Familie. Dort hat der Staat kaum Eingriffsmöglichkeiten.

Allerdings könnte er Angebote machen: Beratung, Kurse, Coaching oder Gesprächskreise für Eltern. Dabei rücken jetzt natürlich die Kitas in den Fokus. Vor allem in sozialen Brennpunkten und Stadtteilen mit hohem Migrantenanteil sollten die Kitas folglich mit gut geschultem Personal in ausreichender Menge ausgestattet sein.

Realität ist jedoch das genaue Gegenteil davon.

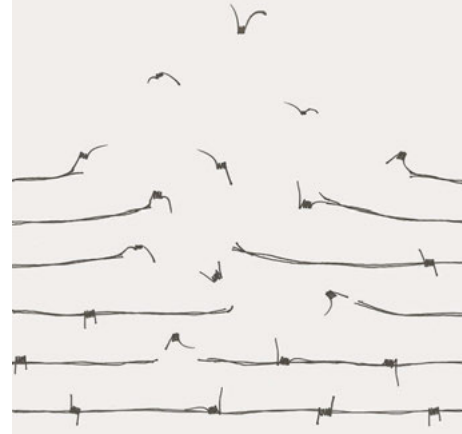
In Herford (Westfalen) gibt's 500 Euro für Eltern, die ihre Kinder frühzeitig in die Kita schicken und selbst einen Elternkurs besuchen. Geld wirkt immer. Aber verglichen mit den Kosten, die entstehen, wenn Kinder ungenügend ausgebildet werden und in der Folge irgendwann Transferleistungen bekommen, sind 500 Euro ein echtes Schnäppchen.

Ein bisschen Abbitte wollen wir – hier und jetzt – aber dennoch gegenüber der viel gescholtenen Schule leisten. Sie ist wohl nicht, wie weithin vermutet, die Hauptschuldige in diesem Bildungsdebakel. Was aber keineswegs heißt, dass sie nicht mehr zur Bildungsgerechtigkeit beitragen könnte. Könnte sie wohl. Aber nur wenn wir sie endlich statt leerer Versprechungen mit mehr Lehrern, Psychologen und besserem Material ausstatten. Auch digital.

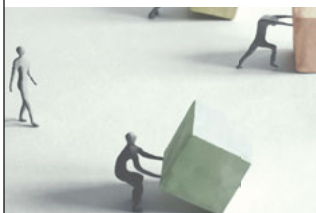
(P.S.: Wenn Sie sich ausführlicher über dieses Thema informieren wollen, sei Ihnen der großartig recherchierte Artikel „Ungerecht von Anfang an“ in der *ZEIT* (Nr. 24/2021) ans Herz gelegt. Der kostet zwar online einen Euro, ist aber jeden Cent wert.)

” Forscher-Essays: Nachdenken in der Krise

Eine Spezialausgabe mit Essays von Akteuren aus den Lebenswissenschaften und der Biotech-Industrie.



ESSAY



- 6 Forschen nach der Pandemie – Impulse aus der COVID-19-Krise / *Anja Bosserhoff und Annette Barkhaus*
- 10 Dümmer als wir dachten / *Florian Aigner*
- 14 Schädlicher Trugschluss / *Lars G. Hemkens und Gerd Antes*
- 16 Wie unpolitisch ist Wissenschaft / *Emanuel Wyler*
- 20 Über die Notwendigkeit der Entfesselung der Wissenschaft / *Karl-Josef Dietz*
- 24 Kaum noch Lust auf EU / *Antonia Weberling*

ESSAY



- 28 Ein Goldstandard für die Wissenschaft / *Christoph H. Emmerich und Björn Gerlach*
- 32 Entschlossen handeln gegen systematische Forschungsfälschung durch Paper Mills / *Roland Seifert*
- 36 Die vier Prinzipien wissenschaftlicher Kreativität / *Itai Yanai und Martin Lercher*
- 40 Die Unfähigkeit, sich zu freuen / *Ernst Peter Fischer*
- 44 Zwischenstufe Phagen / *Ralf Neumann*

ESSAY



- 48 Gefährliche Tendenzen / *Michael Altorfer*
- 52 Aus der Corona-Krise in die Biologisierung der Gesellschaft / *Peter Quick*
- 56 Next Generation Biobanking: Die Zukunft der personalisierten Medizin / *Günther Winde, Enrico Pelz, Christian Stephan und Arnold M. Raem*
- 60 Wie lässt sich Leben nachbauen? / *Kerstin Göpfrich*
- 62 Engpass Bioinformatik: Warum die Genom-Analyse im Kampf gegen Pandemien essenziell ist / *Franziska Hufsky*

SONSTIGES



- 67 Impressum
- 74 Comic: Die „Lab-Files“ von Chris Schlag

SERVICE

- 66 Kongresse
- 69 Fortbildungen
- 72 Stellenmarkt

Sofern nicht anders vermerkt, liegt das Copyright bei allen Illustrationen in dieser Ausgabe bei „fran_kie“ (AdobeStock)

 www.facebook.de/laborjournal

 [@Lab_Journal](https://twitter.com/Lab_Journal)

www.laborjournal.de

IHRE MISSION: EIN QUANTEN- SPRUNG FÜR NEUE ANTIVIRALE MITTEL

Eine SPRIND Challenge
Teilnahme unter:
sprind.org/de/challenges

Spätestens seit der SARS-CoV-2- Pandemie wissen wir: Viren sind eine unberechenbare Bedrohung für die weltweite Gesundheit, für Wirtschaft und Gesellschaft. Laut Angaben der WHO sind nach eineinhalb Jahren Pandemie weltweit fast vier Millionen Tote zu beklagen. Die Belastungen durch Langzeitfolgen für Erkrankte, durch soziale Spannungen sowie die wirtschaftlichen Kosten der erforderlichen Gegenmaßnahmen sind immens. Es ist offensichtlich: Der Durchbruch für Neuentwicklungen, wie sie für Impfstoffe in dieser Pandemie entscheidend waren, wurde für antivirale Wirkstoffe nicht erreicht.

Damit antivirale Mittel zukünftig zur Verfügung stehen können, sind jetzt hochinnovative Ideen für die Wirkstoffentwicklung nötig

Diese Challenge trägt dazu bei, die Erforschung antiviraler Wirkstoffe zur Behandlung von Infektionen voranzutreiben. Dafür finanzieren wir neue Ansätze, die die Entwicklung von antiviralen Wirkstoffen grundlegend verändern.

Wir laden Sie deshalb herzlich und dringlich zu dieser zukunftsrelevanten Challenge ein: Sie kann dazu beitragen, dass aus Ihren Ideen eine Sprunginnovation wird.

Forschen nach der Pandemie – Impulse aus der COVID-19-Krise

VON ANJA BOSSERHOFF, ERLANGEN-NÜRNBERG, UND ANNETTE BARKHAUS, KÖLN

Der Wissenschaftsrat hat die Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf das Wissenschaftssystem analysiert. In einem Positionspapier formuliert er zehn Herausforderungen, welche die Autorinnen im folgenden Essay in Form von drei Leitmotiven zusammenfassen.

Die COVID-19-Pandemie ist eine historische Zäsur. Als der Wissenschaftsrat sich im Frühjahr 2020 entschied, die Auswirkungen der Krise auf das Wissenschaftssystem zu analysieren, waren Dauer und Umfang der Pandemie nicht absehbar. Vielmehr wähte man sich gerade in Deutschland in einer komfortablen Situation. Denn im Unterschied zu anderen europäischen Ländern konnten die Intensivstationen die Schwerstkranken sehr gut versorgen, zügig wurden Mittel für die Impfstoffentwicklung bereitgestellt, die politisch Verantwortlichen hatten in kurzer Zeit weitreichende Maßnahmen ergriffen und eine hohe Bereitschaft gezeigt, wissenschaftliche Erkenntnisse, Prognosen und Szenarien in ihre Entscheidungsfindung mit einzubeziehen.

Doch die Situation änderte sich, je länger die Pandemie dauerte und je deutlicher die Logik anderer gesellschaftlicher Bereiche (wie zum Beispiel die des medialen oder des politischen Systems) die Kommunikation wissenschaftlicher Ergebnisse oder die Aushandlung von Entscheidungen unter Berücksichtigung wissenschaftlicher Evidenz mitbestimmte.

Der Wissenschaftsrat entschied sich sehr früh im April 2020, die Auswirkungen der Pandemie auf das Wissenschaftssystem in einem Positionspapier „Impulse aus der COVID-19-Krise für die Weiterentwicklung des Wissenschaftssystems in Deutschland“ zu analysieren. In Deutschland ist er der Akteur, der seit seiner Gründung im Jahr 1957 die Bundesregierung und die Regierungen der Länder in allen Fragen der inhaltlichen und strukturellen Entwicklung der Wissenschaft, der Forschung und des Hochschulbereichs in Deutschland berät. Vor diesem Hintergrund sah er es als seine Aufgabe an, das Wissenschaftssystem als Ganzes in der Pandemie in den Blick zu nehmen. Seine Analysen und darauf aufbauenden Empfehlungen entwickelten eine große Resonanz im politischen Raum, denn schon bei der Erarbeitung seiner Papiere sitzen die Ministerien des Bundes und der Länder mit am Tisch. So auch hier: Wir konnten mit unserem Papier den dringenden Bedarf bei verschiedenen, hochrelevanten Aspekten deut-

lich machen, beispielsweise in puncto Digitalisierung. Mehr noch: Hierbei wurde die Aufmerksamkeit auf Fragen von digitaler Souveränität und Sicherheit im Wissenschaftssystem gerichtet, und nicht allein auf den Zugang zum Glasfaserkabel – mit all den Konsequenzen für Governance und Ressourcen in der digitalen Infrastruktur.

Wichtig für unser Wissenschaftssystem ist zudem die Verständigung der wissenschaftlichen und politischen Seite darauf, dass die öffentliche Hand ihr finanzielles Engagement für das Wissenschafts- und Innovationssystem auf hohem Niveau fortführt. In einer Situation drohender Kürzungen für das Wissenschaftssystem – von der Landes- bis zur europäischen Ebene – ist so eine politische Erklärung wichtig.

»Es fehlte eine intensive Vernetzung medizinischer mit gesundheitswissenschaftlicher Fachexpertise vor Ort, um koordiniert reagieren zu können.«

Das Positionspapier des Wissenschaftsrats hat zehn Herausforderungen identifiziert. Sie reichen von der Politikberatung über die Wissenschaftskommunikation bis hin zu Fragen der Handlungsfähigkeit im europäischen Wissenschaftsraum. Damit ist die große Breite des Handlungsbedarfs für ein zukunftsfestes Wissenschaftssystem markiert. Statt im Folgenden jede der identifizierten Herausforderungen vorzustellen, werden wir drei Leitmotive hervorheben, die in vielen von ihnen wiederzufinden sind.

Leitmotiv: Vernetzung und Kooperation

Mangelnde Vernetzung und Kooperation haben sich an unterschiedlichen Stellen im Wissenschaftssystem gezeigt. Die Pandemie hat diesen Mangel gerade in der Gesund-

heitsforschung schonungslos offengelegt – und zwar in dreierlei Hinsicht:

(1) In der Pandemie wurde der große Nachholbedarf Deutschlands in puncto Vernetzung und Management medizinischer oder medizinrelevanter Daten sichtbar. Die Kohorten für klinische Studien sind vielfach zu klein. Zudem werden Patientendaten nicht überall strukturiert erhoben, obwohl eine solche Standardisierung für die klinische Forschung unabdingbar ist. Hinzu kommt, dass standortübergreifender Zugang zu standardisierten Daten aus der medizinischen Forschung fehlt. Der Wissenschaftsrat hat hier grundlegenden Wandel angemahnt, schon allein, um international konkurrenzfähig zu werden. Selbst wenn die rechtliche Grundlage für eine forschungskompatible elektronische Patientenakte ab 2023 einen rechtssicheren Zugriff der Forschung auf Daten ermöglicht, sind weitere Anstrengungen für die Umsetzung erforderlich.

(2) Zu Beginn der Pandemie konnten sich die Gesundheitswissenschaften wie etwa die Pflegewissenschaften kaum Gehör verschaffen, obwohl beispielsweise die Maßnahmen den Alltag von alten und betagten oder auch psychisch erkrankten Menschen radikal veränderten. Es fehlte eine intensive Vernetzung medizinischer mit gesundheitswissenschaftlicher Fachexpertise vor Ort, um koordiniert reagieren zu können. Auf lokaler Ebene kann dies allein gelingen, indem fachübergreifende Organisationsstrukturen gebildet werden. Hier, so unsere Einschätzung, konnten und können einzelne Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler viel bewegen. Mittel- bis langfristig bedarf es jedoch eines institutionellen Ortes, um Vernetzung und Kooperation zu verstetigen. Erst dann kann die Wissenschaft in Zukunft sowohl in einer Gesundheitskrise zügig reagieren als auch proaktiv Präventionsstrategien entwickeln. Es bedarf der institutionalisierten Vernetzung in der Wissenschaft selbst: von der Medizin und medizinischen Forschung über die lebenswissenschaftliche Grundlagenforschung bis hin zur Public-Health-Forschung,



Versorgungs- und Präventionsforschung sowie den Gesundheitswissenschaften. Einer solchen Vernetzung bedarf es auch mit Blick auf Wissenschaftskommunikation und Politikberatung.

(3) Eine Vernetzung allein innerhalb der medizinischen und Gesundheitsforschung reicht nicht aus. Für Modellierungen, Simulationen und Szenarien muss beispielsweise die Epidemiologie auf Expertise aus der Mathematik, Informatik und den Technikwissenschaften zurückgreifen. Ohne die Sozialwissenschaften lassen sich keine Strategien entwickeln, um bestimmte Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie (wie etwa eine Corona-Warn-App) erfolgreich einzuführen. Zudem stellen sich ethische und rechtliche Fragen – sei es, um sich auf den Umgang mit einer begrenzten Anzahl von Intensivbetten vorzubereiten oder um eine Impfstrategie zu entwickeln. Bisher ist eine solche multi- und interdisziplinäre Vernetzung vernachlässigt worden. Auch hier steht ein Wandel zu einer stärker kooperativen Forschungskultur an.

In der Pandemie sind die Defizite in der Vernetzung und Kooperation über Disziplin-, Einrichtungs- und Sektorengrenzen hinweg besonders auffällig geworden. Exemplarisch zeigte sich dies in der Gesundheitsforschung. Jedoch kann diese Analyse auf viele andere Bereiche des Wissenschaftssystems ausgeweitet werden: Durchlässige Grenzen für Probleme, Wissen sowie Personen und zugleich Struktu-

ren für Begegnung und Kooperation müssen dringend aufgebaut werden.

Leitmotiv: Globale Forschungsk Kooperationen

In den vergangenen Jahren hat sich das Wissenschaftssystem noch einmal deutlich stärker internationalisiert, was zu einer Steigerung seiner Leistungsfähigkeit beigetragen hat. Nun haben die Reise- und Kontaktbeschränkungen den physischen internationalen Austausch zunächst fast vollständig zum Erliegen gebracht. Auch wenn ein Teil der Aktivitäten in den virtuellen Raum verlegt werden konnte, darf dies nicht darüber hinweg-

»Ohne den in der Wissenschaft wichtigen persönlichen Austausch ist der Aufbau von vertrauensvollen Kooperationen und Netzwerken schwieriger.«

täuschen, dass ein Teil der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die existenziell auf den Zugang zu ihren jeweiligen Forschungsgegenständen im Ausland angewiesen sind, diesen fast gänzlich verloren haben. Disziplinen wie etwa die Archäologie, Ethnologie, Geologie, Ökologie oder die Geschichts-

und Regionalwissenschaften stießen an harte Grenzen, wenn etwa archäologische Stätten, Bibliotheken oder bestimmte Ökosysteme, die allesamt im Ausland liegen, mittel- bis langfristig nicht länger erkundet werden konnten. Große Anstrengungen waren und sind immer noch erforderlich, um kreative und funktionale Lösungen für eine Weiterarbeit zu entwickeln. Ohne den in der Wissenschaft wichtigen persönlichen Austausch durch Kongresse, Austauschprogramme und Aufenthalte bei anderen Arbeitsgruppen ist der Aufbau von intensiven, vertrauensvollen Kooperationen und Netzwerken schwieriger.

Dies alles trifft vor allem junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf befristeten Stellen. Angesichts der langen Dauer der Pandemie ist beispielsweise eine Verlängerung von Verträgen um drei oder sechs Monate zumindest in diesen Feldern oftmals nicht ausreichend. Auch in den Lebens- und Naturwissenschaften war und ist der Zugang zu vielen Laboren stark eingeschränkt, beziehungsweise eine längere Zeit gar nicht möglich. Hier liegt eine Verantwortung auf den Betreuenden, gemeinsam nach Alternativen zu suchen. Die Leitungen von Hochschulen und Forschungseinrichtungen sind gefragt, hier die derzeitigen rechtlichen Möglichkeiten maximal auszuschöpfen. Mit Blick auf den nächsten Karriereschritt des Nachwuchses sind diese Begrenzungen systematisch in der Bewertung der wissenschaftlichen Produktivität und

die Einschätzung des Lebenslaufs junger Menschen zu berücksichtigen. Ansonsten läuft das Wissenschaftssystem Gefahr, junge, gut ausgebildete und kreative Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu verlieren.

Das Wissenschaftssystem in Deutschland wird den Einbruch im internationalen Austausch und in der internationalen Mobilität durch die Pandemie grundsätzlich gut verkräften, so unsere Einschätzung. Denn Deutschland war und bleibt ein attraktiver Standort für internationale Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Die Anstrengungen der letzten Jahre haben sich gelohnt: Hervorragende Forschungsbedingungen, verlässlich finanzierte Forschungsinfrastrukturen und im weltweiten Vergleich singuläre Verbundstrukturen wie zum Beispiel Exzellenzcluster ziehen exzellente Köpfe an. Nicht zu unterschätzen ist auch die grundgesetzlich geschützte Freiheit von Forschung und Lehre. In einer neuen Balance von physischer und virtueller Interaktion wird der zeitweilige Einbruch der internationalen Mobilität und Netzwerkbildung abzufedern sein – vorausgesetzt, dass ein besonderes Augenmerk auf Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in der frühen Karrierephase liegt.

Allerdings dürfen die in der Pandemie sichtbar gewordenen politischen Rahmenbedingungen nicht in Vergessenheit geraten. Das Wissenschaftssystem ist seitdem – noch stärker als zuvor – mit einer fragiler werdenden internationalen Ordnung konfrontiert. Die globale Forschungs- und Gesundheitspolitik wurde nach einer ersten Phase der offenen Kooperation zu einem Feld, in dem Rivalitäten zwischen Großmächten und der Streit um Gesellschaftsentwürfe die Offenheit und die Intensität der Zusammenarbeit mehr und mehr bestimmten.

Diese Entwicklung bleibt nicht ohne Konsequenzen für Internationalisierung im globalen Kontext. In den letzten Jahren ist einigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern so-

wie den wissenschaftlichen Einrichtungen bewusst geworden, dass ihre wissenschaftlichen Aktivitäten im Ausland politische oder wirtschaftliche Fragen mit betrafen. Die geopolitische Lage ist mit der COVID-19-Krise noch fragiler geworden. Vor diesem politischen Hintergrund gilt es, die unterschiedlichen Aktivitäten und Initiativen zur Förderung von globalen Kooperationen, Netzwerkbildungen, Studierenden- und Promovierendenaustauschprogram-

»Das Wissenschaftssystem in Deutschland hat sich in der Krise als responsiv erwiesen.«

men nachzujustieren. Das heißt: Das Zusammenspiel mit anderen Politikfeldern wie etwa der Wirtschafts- und Handelspolitik oder auch die fragiler werdende geopolitische Lage sind bei der Planung und Durchführung internationaler Kooperationen im Wissenschaftssektor systematisch mit zu berücksichtigen. Konkret gilt es, in Zukunft noch mehr Sorgfalt bei der Auswahl der Kooperationspartner, bei der Definition der Ziele und Interessen in der Zusammenarbeit sowie bei der Formulierung der Kooperationsbedingungen walten zu lassen. Die einzelnen Forschenden sollten sich Rechenschaft darüber ablegen. Darüber hinaus sind die politischen Akteure aufgefordert, Rahmenbedingungen und Leitlinien für Internationalisierungsstrategien zu entwickeln; den Forschungsorganisationen und -einrichtungen wie auch Hochschulen wird empfohlen, ihre eigenen Strategien daraufhin zu überarbeiten.

Leitmotiv: Resilienz

Das Wissenschaftssystem in Deutschland hat sich in der Krise als responsiv erwiesen. Obwohl Einschränkungen im Zuge der Pandemie-Eindämmung auch Hochschulen und Forschungseinrichtungen betrafen, haben sie ihre Arbeitsprozesse rasch neu organisiert und ihre Lehre mehr oder weniger vollständig in den virtuellen Raum verlagert. Mehr noch: Zügig wurden Forschungsaktivitäten auf das neue Feld ausgerichtet und mit hoher Geschwindigkeit Daten und Erkenntnisse über die Krankheit und ihre gesellschaftlichen Auswirkungen generiert. Und zugleich zeigten sich – wie oben exemplarisch gezeigt – Defizite, Vulnerabilitäten und Herausforderungen, die vielfach bereits vor der Pandemie, unter anderem vom Wissenschaftsrat, identifiziert worden waren und nunmehr offen zu Tage traten.

Externe Ereignisse, deren Art, Zeitpunkt und Ausmaß vielfach kaum vorhersehbar sind, entwickeln enorme Auswirkungen auf die Gesellschaft. Angesichts dieser Unsi-

cherheit wird die Bedeutung wissenschaftlicher Forschung als ein wesentliches Instrument einerseits zum Verständnis, andererseits zum Umgang damit noch steigen. Dies sowohl um die unvorhersehbaren Ereignisse zu bewältigen als auch um Strategien im Umgang mit bereits bestehenden gesellschaftlichen Herausforderungen wie dem Klimawandel zu entwickeln. Ein hohes Maß an Agilität, Responsivität und die Unterstützung von Risikobereitschaft ist auch in Zukunft notwendig, um diese zentrale Funktion von Forschung erfüllen zu können.

Vor diesem Hintergrund hat sich der Wissenschaftsrat gefragt, ob Wettbewerb und Effizienzsteigerung als Leitprinzipien ausreichen, um mit diesen Risiken und Herausforderungen umzugehen. In anderen Politikfeldern (unter anderem in der Sicherheitspolitik und im Anschluss an die Finanzkrise vor gut einem Jahrzehnt (2008) in der Wirtschaftspolitik) ist Resilienz zu einem weiteren Leitprinzip für die Organisation des jeweiligen Feldes avanciert. Der Begriff gilt vielfach als Modewort, was sicher mit seiner konzeptionellen Unschärfe zusammenhängt.

Entscheidend ist zunächst zu betonen, dass unter Resilienz nicht allein die Fähigkeit verstanden wird, nach einem plötzlich auftretenden exogenen Ereignis wie einer Pandemie oder einer Katastrophe wieder zum „alten Zustand“ zurückzukehren. Vielmehr zielt der Begriff gerade auf die Fähigkeit, Krisen zu antizipieren, sich auf sie vorzubereiten, sie zu bewältigen und gestärkt aus ihnen hervorzugehen. Damit geht das System in einen „neuen Zustand“ über. Moderne Gesellschaften sollten sich darauf einstellen, dass sich externe Schockereignisse oder abrupte Veränderungen nicht vermeiden lassen. In einer solchen Krisensituation ist es entscheidend, die Funktionsfähigkeit des Systems zunächst zu erhalten, was dem Forschungssystem in Deutschland gelungen ist. Jetzt geht es darum, weitergehende Lehren aus der Pandemie zu ziehen – bis auf die Ebene der Steuerung des Wissenschaftssystems.

Der Wissenschaftsrat schlägt daher vor, Resilienz als Leitlinie in den wissenschaftspolitischen Diskurs einzuführen und damit auch eine Weiterentwicklung der Steuerung des Wissenschaftssystems zu erzielen. Dafür bedarf es eines wissenschaftsspezifischen Resilienzbegriffs. Vor dem Hintergrund der Pandemie-Erfahrungen hat der Wissenschaftsrat sechs Elemente identifiziert, die zur Resilienz des Wissenschaftssystems als Ganzes beitragen. Neben der internen Pluralität und disziplinären Breite, was partielle Redundanzen einschließt, zählen als weitere Resilienzelemente sowohl die eingangs erwähnte Souveränität und Sicherheit im digitalen Raum als auch eine verlässliche öffentliche Finanzierung dazu. Zu-

Zu den Autorinnen

Anja Bosserhoff ist Lehrstuhlinhaberin für Biochemie und Molekulare Medizin der FAU Erlangen-Nürnberg sowie Vorsitzende der Wissenschaftlichen Kommission des Wissenschaftsrats

Annette Barkhaus ist Stellvertretende Leiterin der Abteilung Forschung in der Geschäftsstelle des Wissenschaftsrats in Köln

dem ist ein hohes Maß an Agilität erforderlich, um zügig auf externe Herausforderungen reagieren zu können. Netzwerke sind ein weiteres Element, um aufbauend auf vertrauensvollen Beziehungen gerade in Krisenzeiten zügig in den interdisziplinären Austausch oder in den Austausch mit unterschiedlichen Medien und mit politischen Akteuren treten zu können.

Und *last but not least* ist die Wissenschaftsfreiheit ein hohes Gut und ein wesentliches Element, um das Vertrauen in das Wissen-

»Diese Krise sollte als Weckruf verstanden werden.«

schafftssystem nachhaltig aufrechtzuerhalten. Angesichts der geopolitischen Entwicklungen kann das Bemühen, diesen Wert in internationalen Kooperationen aufrechtzuerhalten, eine schwer lösbare Aufgabe sein und zum Teil Dilemmata erzeugen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es noch zu früh, um zu entscheiden, wie die unterschiedlichen Resilienzelemente zu priorisieren oder welche weiteren in Zukunft zu ergänzen sind. Hier ist, wie gesagt, zusätzliche

Forschung notwendig, aber auch ein intensiver wissenschaftspolitischer Diskurs.

Forschen nach der Pandemie: Was sollen wir aus der Krise mitnehmen?

Es darf nicht unser Ziel sein, einfach schnellstmöglich und unreflektiert zum Leben vor COVID-19 zurückzukehren. Das gilt für viele gesellschaftliche Bereiche, auch für das Wissenschaftssystem. Diese Krise sollte als Weckruf verstanden werden. Die Gesellschaften haben weltweit unterschiedliche Krisen zu bewältigen. Die hohe Dringlichkeit und das Maß der persönlichen Betroffenheit haben in der COVID-19-Pandemie dazu beigetragen, dass die Bereitschaft, aktiv Transformationen voranzutreiben, auch in Deutschland deutlich gestiegen ist. Auf dem Feld der Digitalisierung ist dies überall zu beobachten. Dies ist längst nicht in allen Krisen der Fall, besonders nicht in schleichenden wie der Klimakrise oder der Demographie- beziehungsweise Migrationskrise. Lassen Sie uns daher den Impuls aus der Pandemie nutzen,

»um endlich die notwendige Kooperation über die Disziplin- und Organisationsgrenzen hinweg strukturell zu implementieren,

»um das Wissenschaftssystem attraktiver für kreative Köpfe zu machen, vor allem für junge Menschen, die mutig neue Wege jenseits etablierter, auch sektoraler, Grenzen gehen können,

»um es agiler aufzustellen, sodass einzelne Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie ganze Einrichtungen in Krisen ausreichend responsiv sind und in „normalen Zeiten“ Herausforderungen proaktiv angehen können, und

»um es stärker mit unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen zu vernetzen, sodass wir mit guten Daten arbeiten und unsere exzellenten Ergebnisse zum Wohl des Gemeinwesens einsetzen können.

Wir wissen, dass sich gesellschaftliche Fragen nicht einfach in Wissensfragen übersetzen lassen – denn dahinter verbergen sich Werte- und Interessensfragen. Und umgekehrt benötigt gute Politik mehr als evidenzbasierte Forschung. Aber Wissenschaft bleibt zentral für ein demokratisches Gemeinwesen, um sich als Bürgerin oder Bürger unabhängig informieren und als politischer Akteur gut beraten sowie austauschen zu können. Auf diese Herkulesaufgabe müssen wir die jungen kreativen Köpfe vorbereiten!

SDS PAGE & Western Blotting

BlueVertical PRiME™



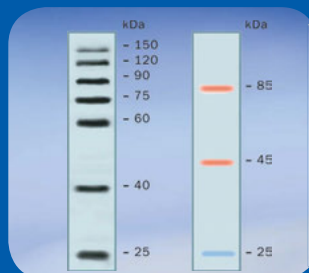
Elektrophoresekammer mit optionalem Tankblotmodul

SERVAGe™ PRiME™



Fertiggele für die vertikale Minigel SDS PAGE

Protein Standard



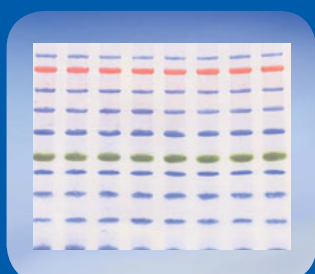
Vorgefärbt und mit Antikörperbindungsstellen

BlueBlot SD



Für schonenden Western Blot in 3 Formaten

Xpress Blotting Kit



Vom Gel auf die Membran in nur 15 Minuten

BlueBlock PF



Proteinfreie Blockierung der Membran – hintergrundfrei

SERVALight



PreMix CL-Substrate für alle Detektionsbereiche

Direktlink



info.serva.de/blotting

SERVA

Dümmer als wir dachten

VON FLORIAN AIGNER, WIEN

Fehler zu machen, ist keine Schande – das gilt auch in der Pandemie. Aber wir müssen immer versuchen, besser zu werden. Und das gelingt uns nur, wenn wir anerkennen, dass wir dringend dazulernen müssen.

Angenommen, man würde die gesamte Bevölkerung nach Intelligenz reihen. Wo würden wir uns selbst einordnen? Irgendwo in der klügeren Hälfte? Unter den besten zehn Prozent? Wie sieht es mit anderen Fähigkeiten aus – mit unserem Sinn für Humor, oder mit unserer Fähigkeit, Fake News von Fakten zu unterscheiden?

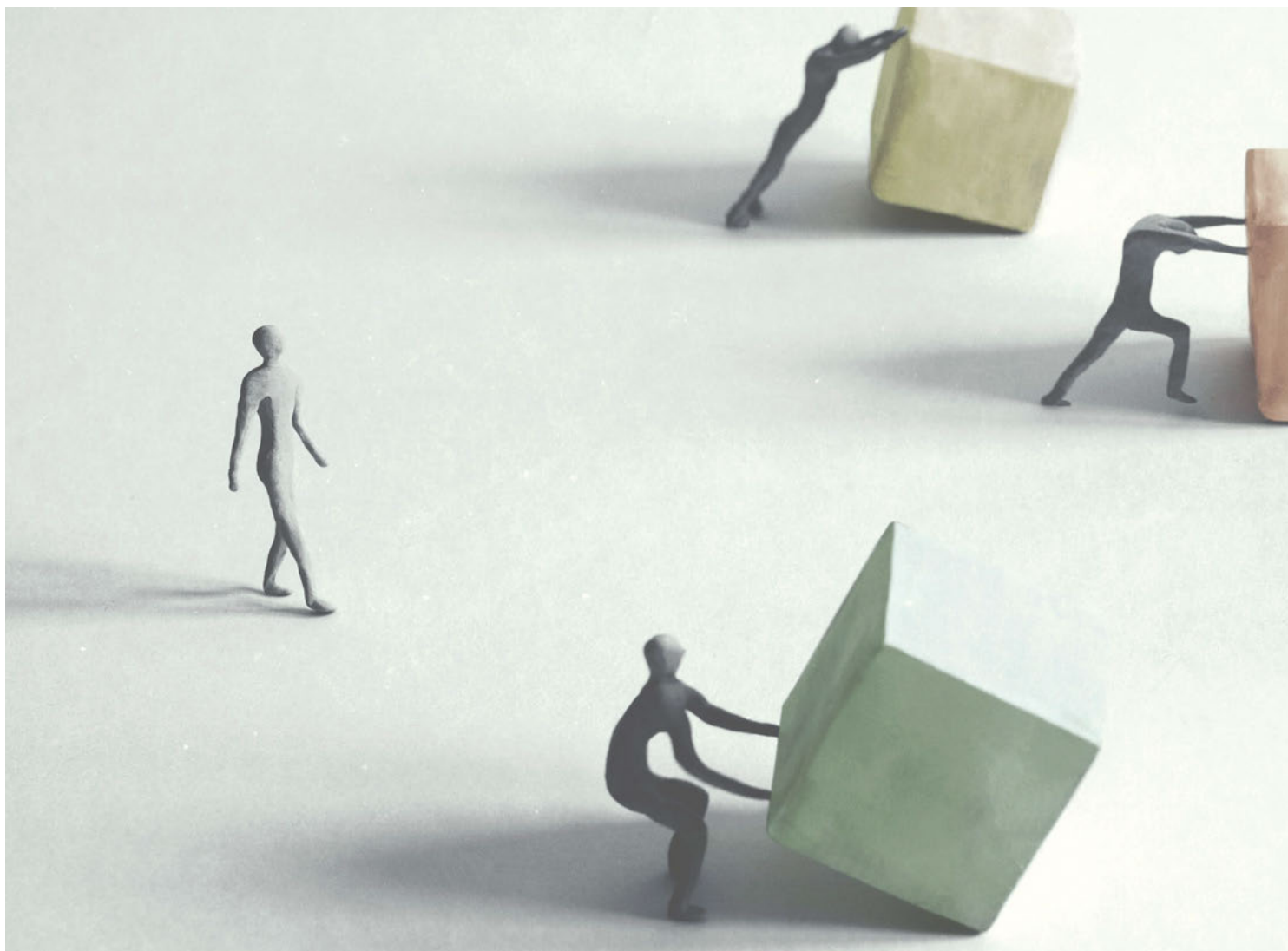
Bei solchen Fragen sind die allermeisten Menschen davon überzeugt, selbst im Spitzfeld zu liegen. Man kennt das auch von Umfragen unter Autofahrern: Der überwiegende Großteil glaubt, zu den allerbesten Autofahrern zu gehören. Doch wenn neunzig Prozent davon überzeugt sind, zu den besten zehn Pro-

zent zu zählen, dann kann irgendetwas nicht ganz stimmen. Um das zu erkennen, muss man nicht einmal zu den neunzig Prozent gehören, die zu den besten zehn Prozent im Prozentrechnen zählen.

Offensichtlich kommt es manchmal vor, dass unsere Selbsteinschätzung mit der Wirklichkeit nicht ganz übereinstimmt. Dieses Phänomen untersuchten die Psychologen Justin Kruger und David Dunning in einem aufsehenerregenden Experiment: Sie ließen eine Reihe von Versuchspersonen Tests ausfüllen, etwa Logik- oder Grammatiktests. Danach mussten die Versuchspersonen einschätzen, wie gut sie wohl im Vergleich zu den anderen Versuchspersonen abgeschnitten hatten. Erstaunlicherweise lagen die meisten deutlich daneben: Selbst jene Versuchspersonen, die bei den Tests nur ein ziemlich schlechtes Ergebnis erzielt hatten, hielten sich für eher gut. Die erfolgreicheren Versuchspersonen hielten sich ebenfalls für überdurchschnittlich, waren aber in Wahrheit sogar noch deutlich besser als sie dachten.

Danach zeigte man den Versuchspersonen die Tests der anderen und fragte sie dann noch einmal nach einer Selbsteinschätzung. Nun zeigten sich interessante Unterschiede: Wer beim Test gut abgeschnitten hatte, hatte durch einen Blick auf die Tests der anderen erkannt, dass diese Leute deutlich schlechter

sonen abgeschnitten hatten. Erstaunlicherweise lagen die meisten deutlich daneben: Selbst jene Versuchspersonen, die bei den Tests nur ein ziemlich schlechtes Ergebnis erzielt hatten, hielten sich für eher gut. Die erfolgreicheren Versuchspersonen hielten sich ebenfalls für überdurchschnittlich, waren aber in Wahrheit sogar noch deutlich besser als sie dachten.



waren. Die besonders guten Testpersonen korrigierten daher ihre Selbsteinschätzung nach oben – und damit lagen sie richtig. Wer allerdings beim Test schon schlecht gewesen war, lernte durch das Analysieren der Leistung anderer nichts Neues dazu. Diese untalentierte Versuchspersonen hielten sich danach immer noch für eher gut.

Diese Tatsache wurde als „Dunning-Kruger-Effekt“ berühmt. Die Fähigkeiten, die man braucht, um seine eigene Leistung einzuschätzen, sind genau die Fähigkeiten, die man auch braucht, um diese Leistung zu erbringen. Wer etwas nicht gut kann, ist auch nicht gut darin, zu beurteilen, ob er es kann. Daher ist klar: Gerade den ahnungslosesten Leuten fällt es am schwersten, die eigene Ahnungslosigkeit zu erkennen.

Ahnungslos durch die Pandemie

Auf dieses Problem stoßen wir häufig – und während der Corona-Pandemie noch häufiger als sonst. Die ganze Welt scheint plötz-

lich voll zu sein von Leuten, die felsenfest davon überzeugt sind, die Wahrheit zu kennen – über Coronaviren, über die Dynamik der Pandemie, über die nötigen Gegenmaßnahmen. Die meisten davon verfügen zwar kaum über echtes wissenschaftliches Wissen, aber genau deshalb ist ihr Selbstvertrauen so hoch: Weil ihnen sogar das nötige Wissen fehlt, um zu erkennen, dass ihnen das nötige Wissen fehlt.

Und so reichern sich Fake News und Verschwörungstheorien an, auf Querdenker-Deimos, in Internetforen, in Handy-Nachrichten, die an die ganze Familie verschickt werden. Eine merkwürdige Impfgegner-Subkultur hat sich entwickelt. Impfungen seien schädlich, heißt es dort. „Viel zu gefährlich, viel zu wenig getestet!“ sagen die moderateren Querdenker. „Mit Mikrochips, um uns zu töten oder fernzusteuern!“ sagen die radikaleren.

Dann gibt es die strahlenden Retter, die genau wissen, wie man COVID-19 besiegen kann. Etwa mit Chlorbleiche! Selbst der ehemalige US-Präsident spekulierte vor laufender Kamera, ob nicht eine Injektion mit Des-

infektionsmitteln das Virus zerstören könnte. Ärzte schlagen bei diesem Gedanken die Hände über dem Kopf zusammen. Aber wer von Medizin so wenig versteht, dass er nicht versteht, wie wenig er versteht, kann Chlorbleiche schon mal für ein hochwirksames Medikament halten.

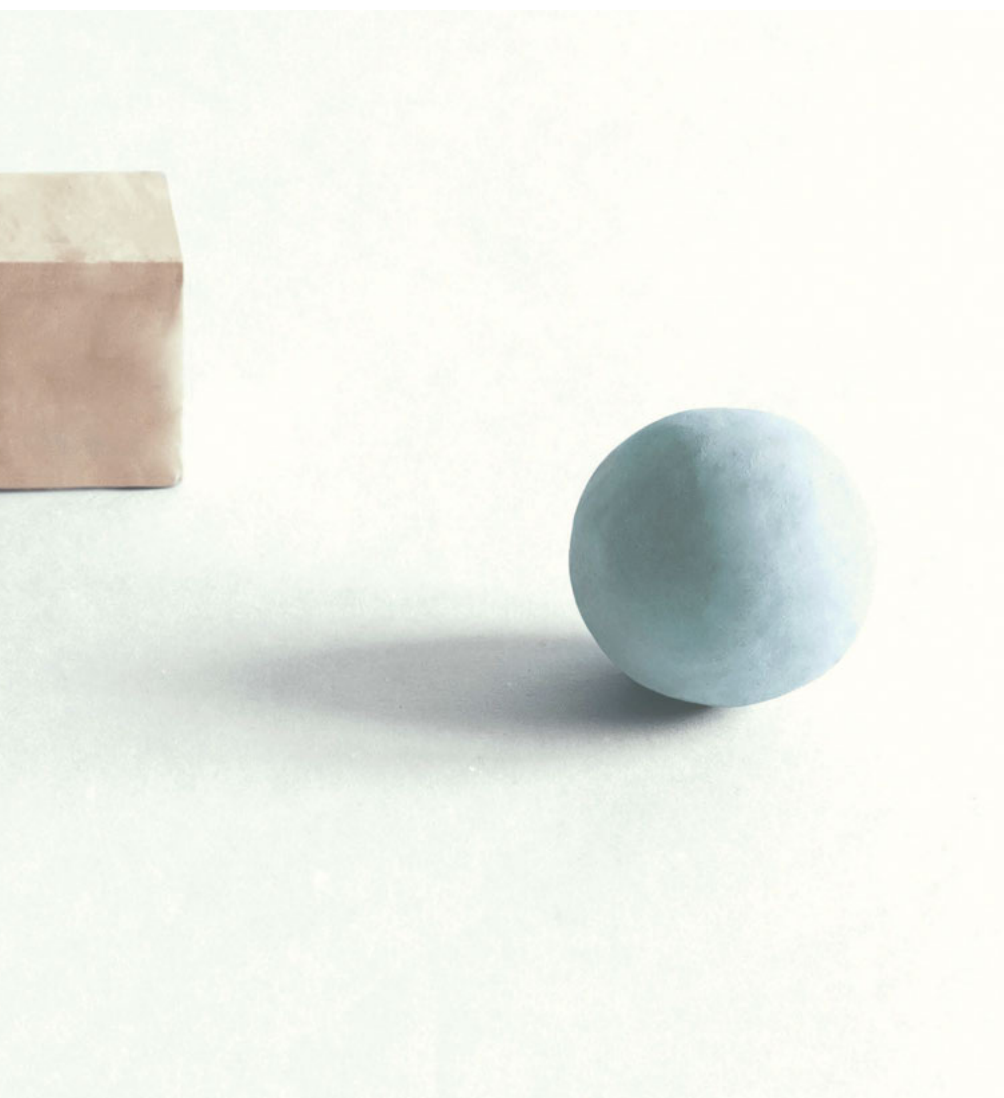
Sind wir eine Dunning-Kruger-Gesellschaft?

Niemand soll glauben, dass diese Dunning-Kruger-Fälle nur andere Leute betrifft. Jeder von uns überschätzt sich manchmal selbst und ist von eindeutig falschen Dingen überzeugt. Vielleicht ist das aber auch gar nicht unser allergrößtes Problem. Vielleicht ist die viel ernstere Gefahr, dass der Dunning-Kruger-Effekt auch auf einer höheren Ebene sichtbar wird: Nicht nur einzelne Menschen, sondern auch wir gemeinsam, als Gesellschaft, können in die Dunning-Kruger-Falle tappen. Wir haben uns bisher immer für eine intellektuell hochentwickelte, rationale, wissenschaftsbasierte Gesellschaft gehalten. Vielleicht haben wir uns da einfach schrecklich überschätzt.

Wir waren davon überzeugt: Bei uns verlässt man sich auf die Wissenschaft, nicht auf das Bauchgefühl! Zumindest war das unser Bauchgefühl – und darauf haben wir uns verlassen. Wir waren ganz sicher, eine aufgeklärte, rationale Wissensgesellschaft zu sein, in der die Politik nach rationalen Argumenten handelt und die Bevölkerung grundsätzlich kooperationsbereit ist. Aber vielleicht waren wir bloß nicht rational genug, um zu erkennen, wie irrational unsere Gesellschaft in Wahrheit ist?

»Wir wachsen mit der Überzeugung westlicher Überlegenheit auf. Wir sind doch immer weltweit führend!«

Angenommen, man würde sämtliche Länder nach ihrer Pandemiebewältigung reihen. Wo würden wir uns selbst einordnen? Der Vergleich zeigt: Andere waren deutlich besser. Dummerweise passt das nicht zu unserer Selbsteinschätzung. Wir sind daran gewöhnt, die Besten zu sein. Wir wachsen mit der Überzeugung westlicher Überlegenheit auf: Europa und die USA! Wir sind doch immer weltweit führend! In der Nobelpreisstatistik! Im Herrentennis! Im Pro-Kopf-Verbrauch von Leberkäse! Wir sehen erstaunlich niedrige Infektionszahlen ferner Länder, und reflexartig durchzuckt uns der Gedanke: Das kann nicht



mit rechten Dingen zugehen! Vermutlich wurde dort nicht ordentlich getestet! Wenn nicht einmal wir die Sache in den Griff bekommen, dann kann das doch dort logischerweise erst recht nicht gelingen!

Das ist vorurteilsbeladener Unfug. Selbstverständlich gibt es einzelne Länder, aus denen wir keine zuverlässigen COVID-19-Zahlen kennen. Aber einfach zu sagen, „Wer bessere Zahlen hat als ich, der muss geschummelt haben“, ist unfair und irrational.

»Wenn wir in einer Demokratie unklug entscheiden, dann ist das nicht die Schuld des demokratischen Systems, sondern die Schuld von uns allen.«

Ziemlich gut durch die Pandemie gekommen ist China, das Ursprungsland des neuen Coronavirus. Allerdings ist das ein Land mit ziemlich autoritärer Regierung, in dem Maßnahmen ergriffen wurden, die wir in Europa aus guten Gründen nicht ergreifen wollten. Sehen wir uns also andere Beispiele an: Vietnam etwa – ein direkter Nachbar von China, ein großes Land, mit über 100 Millionen Einwohnern, aber kein besonders reiches Land. Während der gesamten Corona-Pandemie verzeichnete man in Vietnam insgesamt weniger Tote als in den USA am Höhepunkt der Krise innerhalb einer einzigen Stunde. Und das hat gute Gründe: In Vietnam war man vorbereitet, man hat rasch reagiert, das Land entwickelte bereits Anfang 2020 eigene Tests, man organisierte ein effizientes *Contact Tracing*, und es gab strenge Quarantänebestimmungen. Ein Popsong wurde geschrieben, der Werbung für das Händewaschen machen sollte – er wurde zum nationalen Hit.

Nun ist aber Vietnam auch keine Demokratie. Das mag sein – aber welche dieser Maßnahmen hätte man in einer Demokratie nicht genauso ergreifen können? Das Argument hört man oft: „Diktaturen haben es ja leichter! Bei uns geht das nicht!“ Das ist ein merkwürdiger Gedanke – ist das nicht eine Beleidigung der Demokratie? Eine Demokratie kann grundsätzlich alles, was das Volk will. Wenn wir

in einer Demokratie unklug entscheiden, dann ist das nicht die Schuld des demokratischen Systems, sondern die Schuld von uns allen.

Abgesehen davon gibt es natürlich auch demokratische Staaten, die sehr gut durch die Pandemie gekommen sind – Australien und Neuseeland etwa. Dort gab es strenge Lockdowns und Quarantänevorschriften. Und dadurch konnte man die Einschränkungen bereits wieder aufheben, als Europa noch mitten in der größten Corona-Welle war. Wir saßen alleine zu Hause, in Neuseeland tanzten die Massen fröhlich beim Rockkonzert.

„Aber das sind doch Inseln!“, heißt es dann. Auch das ist ein seltsames Argument, denn es lässt sich kaum argumentieren, dass in Staaten wie Deutschland, Österreich oder der Schweiz die Einschleppung von Viren aus dem Ausland der große Treiber der Pandemie gewesen wäre. Dass sich das Virus ausbreitet, ergibt sich durch die Reproduktionszahl im Inland – und die hängt von unserem kollektiven Verhalten ab.

Natürlich kann man einen Staat nach dem anderen als nicht vergleichbar wegargumentieren. Aber wenn auf der Weltrangliste am Ende nur noch drei Staaten übrig sind, ist ein Platz unter den Top drei am Ende kein echter Grund für Jubel. Wir haben viel diskutiert, ob der deutsche oder der schwedische Weg der bessere war. Vielleicht hätten wir den Blick auch ein bisschen weiter in die Ferne richten müssen – nach Asien, Afrika und Ozeanien.

Schwächen erkennen und dazulernen

Besser werden kann man nur, wenn man zunächst mal einsieht, dass Verbesserungsbedarf besteht. Aber wie erreicht man das? Auch das wurde von Dunning und Kruger untersucht – und die Antwort ist ganz einfach: durch Lernen. Dunning und Kruger gaben ihren Versuchspersonen Nachhilfestunden in Logik. Dadurch wurden ihre Ergebnisse beim Lösen von Logikaufgaben immer besser. Sie lernten dabei aber auch, dass sie anfangs eigentlich ziemlich schlecht gewesen waren. Die Leistungskurve ging nach oben, die Einschätzung der eigenen Leistung aber nach unten.

Auch dieses Phänomen kennt wohl jeder: Man kauft sich eine Gitarre, der man dann noch am selben Tag mit zittrig-verkrampften Fingern die ersten zwei bis drei Akkorde entlockt. Man ist begeistert vom eigenen Gitarrentalent und ist überzeugt: Der Aufstieg zum international gefeierten Gitarrenstar ist nur eine Frage der Zeit! Doch dann übt man weiter, nimmt vielleicht ein paar Gitarrenstunden und befasst sich näher damit, was die echten Profis aus diesem Instrument herausho-

len. Und irgendwann erkennt man, mit der internationalen Karriere wird es wohl doch eher nichts. Die Leistung wird besser, aber das Vertrauen in die eigene Leistung sinkt.

Das ist ein schmerzhafter Prozess, aber er ist nötig. Nur wenn man anerkennt, dass man nicht perfekt ist, kann man besser werden. Und besser werden müssen wir – denn die nächste Pandemie ist nur eine Frage der Zeit. Die Corona-Pandemie wird gerne mit der Spanischen Grippe vor etwas mehr als hundert Jahren verglichen. Das bedeutet aber nicht, dass es nach der Überwindung der Corona-Krise bis zur nächsten globalen Pandemie wieder hundert Jahre dauern wird. Und natürlich ist es auch möglich, dass die nächste Pandemie sogar noch deutlich schlimmer wird.

Was passiert, wenn ein zukünftiges Virus hundertmal ansteckender ist? Oder zehnmal

»Experten zuzuhören ist wichtig. Aber eine Expertenmeinung ist keine Wahrheitsgarantie.«

tödlicher? Oder beides? Bei COVID-19 ging man noch zur Arbeit, wenn man sie nicht von zu Hause aus erledigen konnte. Aber was ist, wenn fünf Prozent der Arbeiter sterben? Oder zwanzig? Gibt es dann noch Leute, die bereit sind, Supermarktregale zu befüllen, Müll abzutransportieren oder in unseren Kraftwerken dafür zu sorgen, dass der Strom nicht ausfällt? Oder bunkern sich dann alle daheim ein und lösen damit eine Krise aus, gegen die unsere Corona-Krise harmlos wirkt?

Das müssen wir verhindern. Wie gelingt uns das? Die ehrliche Antwort ist: Wir wissen es nicht. Wir müssen uns an anderen ein Beispiel nehmen und gemeinsam versuchen, dazulernen. Aber es gibt ein paar Grundsätze, die uns dabei helfen könnten.

Drei Regeln für wissenschaftliches Denken

Erstens: Alle Menschen sind gleich viel wert, aber nicht alle Meinungen sind gleich viel wert. Es gibt Fakten, und ihr Gegenteil ist einfach Unsinn. Das klingt banal – wird aber oft übersehen. In Fernsehshows lädt man einerseits die Virologin ein, die interessante Fakten über COVID-19 erzählt. Und auf der anderen Seite sitzt ein seltsamer Querdenker und behauptet völligen Unsinn. Und auf dem Bildschirm sehen beide irgendwie gleich groß aus. Die Zuseher zu Hause denken: Ach! Hier herrscht offensichtlich keine Einigkeit! Vermutlich liegt die Wahrheit in der Mitte!

Zum Autor

Florian Aigner ist Physiker, Wissenschaftspublizist und Redakteur an der Technischen Universität Wien.

Nein, die Wahrheit liegt nicht immer in der Mitte. Wenn jemand behauptet, dass es Viren gar nicht gibt, dass Corona nur eine riesen-große Verschwörung ist, oder dass COVID-19 von 5G-Handymasten ausgelöst wird, dann hat er nicht recht. Er hat auch kein bisschen recht, sondern er hat überhaupt nicht recht. Da darf es auch keinen Kompromiss geben, zwischen Wahrheit und Unsinn. Ein Kompromiss zwischen wissenschaftlicher Wahrheit und schrecklichem Unsinn ist immer noch schrecklicher Unsinn.

Das heißt andererseits aber natürlich nicht, dass wir die Aussagen von Fachexperten als heilige Wahrheit verehren müssen. Ganz im Gegenteil: Zur Wissenschaft gehört es dazu, dass Expertenmeinungen immer wieder hinterfragt, zerpfückt und auseinandergenommen werden.

Zweitens: Die Wissenschaft weiß auch nicht alles, aber sie weiß zumindest, was sie alles nicht weiß. Es gibt Fragen, auf die man eine klare Antwort kennt: Wird COVID-19 von Coronaviren verursacht? Die Antwort ist ja, darüber muss man nicht mehr diskutieren. Ist eine bestimmte neuentdeckte Mutante ansteckender als eine andere? Anfangs ist das noch nicht klar. Man hat vielleicht Hinweise, erste Zahlen aus kleinen Studien, aber ein eindeutiges Bild ergibt sich erst im Lauf der Zeit.

»Ähnlich wie sich Viren durch die ganze Menschheit ausbreiten können, passiert das auch mit Ideen – sowohl mit guten als auch mit schlechten.«

Wenn solche vorläufigen Ergebnisse später widerlegt werden, ist das ganz normal. Das sollte niemanden überraschen – und ganz sicher sollte man es nicht mit erobertem Zeigefinger als Beweis sehen, dass die Wissenschaft insgesamt unglaubwürdig ist. Wenn wir über Wissenschaft reden, dann müssen wir dazusagen, ob es sich um eine gesicherte Erkenntnis handelt, um etwas Vorläufiges oder um eine bloße Vermutung. Wissenschaftliche Vermutungen ändern sich jeden Tag. Der Kern der gesicherten Wissenschaft ändert sich praktisch nie.

Drittens: Auch kluge Leute reden Unsinn. Experten zuzuhören ist wichtig. Aber eine Expertenmeinung ist keine Wahrheitsgarantie. Es gibt viele Beispiele für kluge, gebildete Leute, die in ihren Einschätzungen schrecklich danebenlagen. Wissenschaft wird nicht durch Autorität verlässlich, sondern durch Evidenz – durch ein sauber geknüpftes Netz aus zahlreichen

Fakten, Argumenten und Beweisen. Eine Theorie, auf die wir uns verlassen können, besteht nie bloß aus einem einzelnen Argumentationsstrang, sondern aus vielen – aus logischen Verbindungen, die einander gegenseitig festhalten, verknüpfen und stärken. Erst wenn ein solches Netz entstanden ist, haben wir es mit einem verlässlichen Ergebnis zu tun, das garantiert auch in Zukunft tragfähig sein wird.

Wissenschaft ist ein Gesellschaftsspiel

Das Problem daran ist: Kein Mensch kann ein solches Netz alleine knüpfen. Wissenschaft ist immer Gemeinschaftsarbeit. Es ist ähnlich wie beim Bau eines Ameisenhaufens. Scheinbar wirr und planlos laufen die Ameisen herum, jede leistet einen kleinen Beitrag, doch am Ende entsteht daraus etwas Großes, von dem alle profitieren. Keine Ameise hat einen Plan des gesamten Baus im Kopf. Aber das Ameisenvolk als Ganzes hat ihn geschaffen. Es gibt auch keinen Menschen, der die gesamte Wissenschaft verstanden hat. Aber wir als Menschheit, gemeinsam, haben sie verstanden.

Alle großen Leistungen entstehen nur durch Gemeinschaft und Zusammenarbeit. Kaum jemand von uns würde völlig alleine lange überleben. Eine kleine Gruppe von Menschen kann vielleicht eine Höhle besiedeln und sich einigermaßen ernähren – aber wenn wir Städte haben wollen, mit fließendem Wasser, Elektrizität und Kultur, mit Weißwein, Fernsehprogramm und Ziegenkäse, dann brauchen wir auch den Rest der Menschheit. Wir sind eine globale Spezies. Wir sind genau deshalb so erfolgreich, weil wir besser als jede andere Tierart gelernt haben, bei komplexen Aufgaben zu kooperieren. Dazu gehört jede Art von Wissenschaft – und auch die Pandemiebekämpfung.

Jeder Gedanke entsteht irgendwo in einem menschlichen Kopf. Aber er entsteht dort nur deshalb, weil dieser Kopf vorher schon viele Gedanken anderer Menschen kennengelernt hat. Ähnlich wie sich Viren durch die ganze Menschheit ausbreiten können, passiert das auch mit Ideen – sowohl mit guten als auch mit schlechten. Niemand von uns kann dieses globale Gedankengewitter kontrollieren, das uns als Menschheit ausmacht. Niemand von uns kann verhindern, dass ab und zu ziemlich dumme Gedanken in unser Hirn gewirbelt werden. Wenn wir die Menschheit ein kleines bisschen besser machen wollen, müssen wir einfach nur versuchen, kluge Gedanken weiterzuerweitern und dumme Gedanken erlöschen zu lassen. Dann werden wir klüger. Als Mensch und als Gesellschaft. Und beides werden wir brauchen.

Alles für
Mikrobiologie
Molekularbiologie
Zellkultur

HIMEDIA®

For Life is Precious

**FAIRE
PREISE**

**HOHE
QUALITÄT**

**INNOVATIVE
PRODUKTE**



Die neue Größe am europäischen Markt.

Telefon +49 6251 989 24 26
infoeu@himedialabs.com

himedialabs.com



Schädlicher Trugschluss

VON LARS G. HEMKENS, BASEL, UND GERD ANTES, FREIBURG

Obwohl es dafür hergenommen wird, eignet sich das Präventionsparadox nicht zur Bewertung des Nutzens einzelner Corona-Maßnahmen.

Mit drastischen Maßnahmen wurde versucht, die COVID-19-Pandemie einzudämmen. Das wirft natürlich die Frage auf, welche Interventionen tatsächlich den größten Nutzen und den geringsten Schaden hatten – und weiterhin haben.

In diesem Zusammenhang wurde im deutschen Sprachraum häufig der Begriff des „Präventionsparadoxes“ verwendet – an sich ein relativ alter Begriff aus der Präventionsepidemiologie. Er wurde vor dreißig Jahren von Geoffrey Rose geprägt – in der Diskussion von Präventionsstrategien, deren Ziel entweder Individuen mit hohem Risiko oder Populationen als Ganzes sind. Rose bezeichnete damit das

»Nur weil die Annahme zur Beobachtung passt, heißt das noch lange nicht, dass die Annahme stimmt.«

Phänomen, dass eine Maßnahme, die der Bevölkerung viel Nutzen bringt, dem einzelnen Individuum wenig bietet [1].

In der hiesigen öffentlichen Diskussion im Rahmen der COVID-19-Pandemie wurde dieser Begriff hingegen oft anders verwendet: nämlich um den Nutzen von Interventionen auf Bevölkerungsebene zu bewerten – und dies meist mit dem Ziel, eventuelle Zweifel an ebendiesem Nutzen zu zerstreuen.

Zu den Autoren

Lars Hemkens ist stellvertretender Direktor des Basel Instituts für klinische Epidemiologie und Biostatistik.

Gerd Antes war als Mathematiker und Biometriker von 1997 bis 2018 Direktor des Deutschen Cochrane Zentrums und gilt als ein Wegbereiter der evidenzbasierten Medizin in Deutschland.

Dabei wurde vorweg angenommen, bestimmte Interventionen würden sich als erfolgreich erweisen und die Pandemie eindämmen (ob diese Annahme berechtigt ist oder nicht, ist für diesen Beitrag nicht relevant). Wenn dann gewisse Kennzahlen zum Pandemieverlauf – wie etwa die SARS-CoV-2-Meldeinzidenzen – tatsächlich sanken und kritische Fragen zum Nutzen der Interventionen aufkamen, so bemühte man das Präventionsparadoxon. Man behauptete, dass ein Erfolg nicht sichtbar sei, eben weil die Prävention gewirkt habe. Ohne die Interventionen wäre die Pandemie stärker vorangeschritten. Auf diese Weise konnte folglich Schlimmeres verhindert werden, was sich jedoch – paradoxerweise – nicht zeigen ließe.

Diese Argumentation hat vielfältigen Eingang gefunden in die Kommunikation – hier einige Beispiele:

„Und doch fragten viele: War das alles nötig? Die Kontaktsperrungen, die Schließung von Geschäften und Restaurants, die Grenzkontrollen, das Herunterfahren eines Landes? War das nicht übertrieben, angesichts der niedrigen Zahlen? Es ist die Tragik vorausschauender Politik: Weil sie sehr früh verhindert, was als Schlimmstes befürchtet wurde, wird ihr die Legitimation abgesprochen, da am Ende gar nichts Schlimmes geschehen ist.“ [2]

„Die Maßnahmen haben ja gut gewirkt, so gut, dass Menschen vielleicht aus dem Blick verlieren, dass es wegen der Maßnahmen so gut gekommen ist. Also das, was Präventionsparadox genannt wird.“ [3]

„Haben sich diese Anstrengungen gelohnt? Sind die Opfer gerechtfertigt, die wir Tag für Tag vielen Menschen wegen des Infektionsschutzes abverlangen? Vielleicht kennen Sie das Präventionsparadox: Die Erfolge der Vorbeugung sehen wir eben gerade nicht und so ist es auch mit dem Kampf gegen die Pandemie.“ [4]

So vermeintlich einleuchtend diese Erklärung vielleicht anmuten mag, so sehr täuscht sie über das Eigentliche hinweg und führt in die Irre: Das Präventionsparadoxon ist als Argument völlig ungeeignet, Aussagen zu kausalen Effekten von jeglichen Interventionen zu stützen.

Das Ziel präventiver Interventionen ist es, dass bestimmte Ereignisse nicht eintreten. Das gilt für Maßnahmen, um Pandemien einzudämmen, gleichermaßen wie für die Einnah-



me von Vitaminen, um Krebserkrankungen vorzubeugen. Werden nach einer Intervention dann solche Ereignisse nicht beobachtet, dann ist das Ziel erreicht.

Natürlich ist diese Beobachtung durchaus damit vereinbar, dass die Interventionen wirken. Irreführend ist es aber, deswegen nun zu behaupten, dass die Intervention der Grund für das Nichteintreten ist – dass sich also das Nichteintreten des Ereignisses kausal auf die Intervention zurückführen lässt. Denn nur weil die Annahme zur Beobachtung passt, heißt das noch lange nicht, dass die Annahme stimmt. Nur weil man gesund ist, heißt das nicht, dass die Vitamine gewirkt haben.

Ein Gedankenexperiment: Nach einer Intervention bleiben bestimmte Kennzahlen unverändert. Die Einen argumentieren jetzt, die Intervention habe geschadet – und ohne sie wäre alles viel besser. Die Anderen widersprechen und behaupten, die Intervention habe genutzt – und ohne sie wäre alles schlechter. Beide argumentieren folglich gleich. Bei-

**Kleine Preise,
perfekter Service,
nachhaltiges Handeln.**



„Chemie und Umweltschutz auf einen Nenner zu bringen ist eine Herausforderung. Aber mit kreativen Ideen, Teamgeist und Überzeugung lässt sich viel erreichen!“

Dr. Markus Frasch,
Geschäftsführer von neoFroxx,
hat Lust es anders zu machen



www.neofroxx.com

den kann im Rahmen dieser Logik nicht ohne weiteres widersprochen werden. Was zeigt, dass diese Logik uns nicht weiterbringt.

Im Zentrum der Kausaltheorie steht die Frage nach dem Kontrafaktischen, nach dem „Was wäre, wenn?“. Was wäre passiert, hätte man anders gehandelt [5]? Im Zentrum steht also ein Vergleich mit einer Kontrolle, die eben diesen Zustand widerspiegelt, der eingetreten wäre, wenn man anders gehandelt hätte [5]. Die Beschaffenheit einer Kontrollgruppe inklusive dem daraus resultierenden Risiko für Bias ist das fundamentale Kriterium, um die Vertrauenswürdigkeit von Evidenz für die Nutzenbewertung medizinischer Interventionen einzuschätzen.

Die Aussagekraft epidemiologischer Untersuchungen basiert maßgeblich auf der Bildung sinnvoller Kontrollgruppen. Es braucht grundsätzlich einen Vergleich für eine Ursache-Wirkungsbeziehung, und dieser Vergleich gehört ins Zentrum der Diskussion [6]. Von diesem elementaren Aspekt, von der angemessenen Kontrolle, darf nicht abgelenkt werden, wenn zielführend diskutiert werden soll.

Das oben beschriebene Argumentationskonzept basiert jedoch bereits auf der Annahme, dass der Nutzen oder Schaden einer Intervention klar vorhanden ist – sowie weiterhin auf der Annahme, dass der Lauf der Dinge ohne die Intervention klar ist. Statt die Frage des „Was wäre, wenn?“ angemessen zu adressieren, wird darüber hinweggegangen und die Antwort einfach derart festgelegt, dass sie zum postulierten Effekt der Intervention passt.

»Unbelegte, trügerische oder sogar falsche Kausalbegründungen verwirren und können daher sehr schaden.«

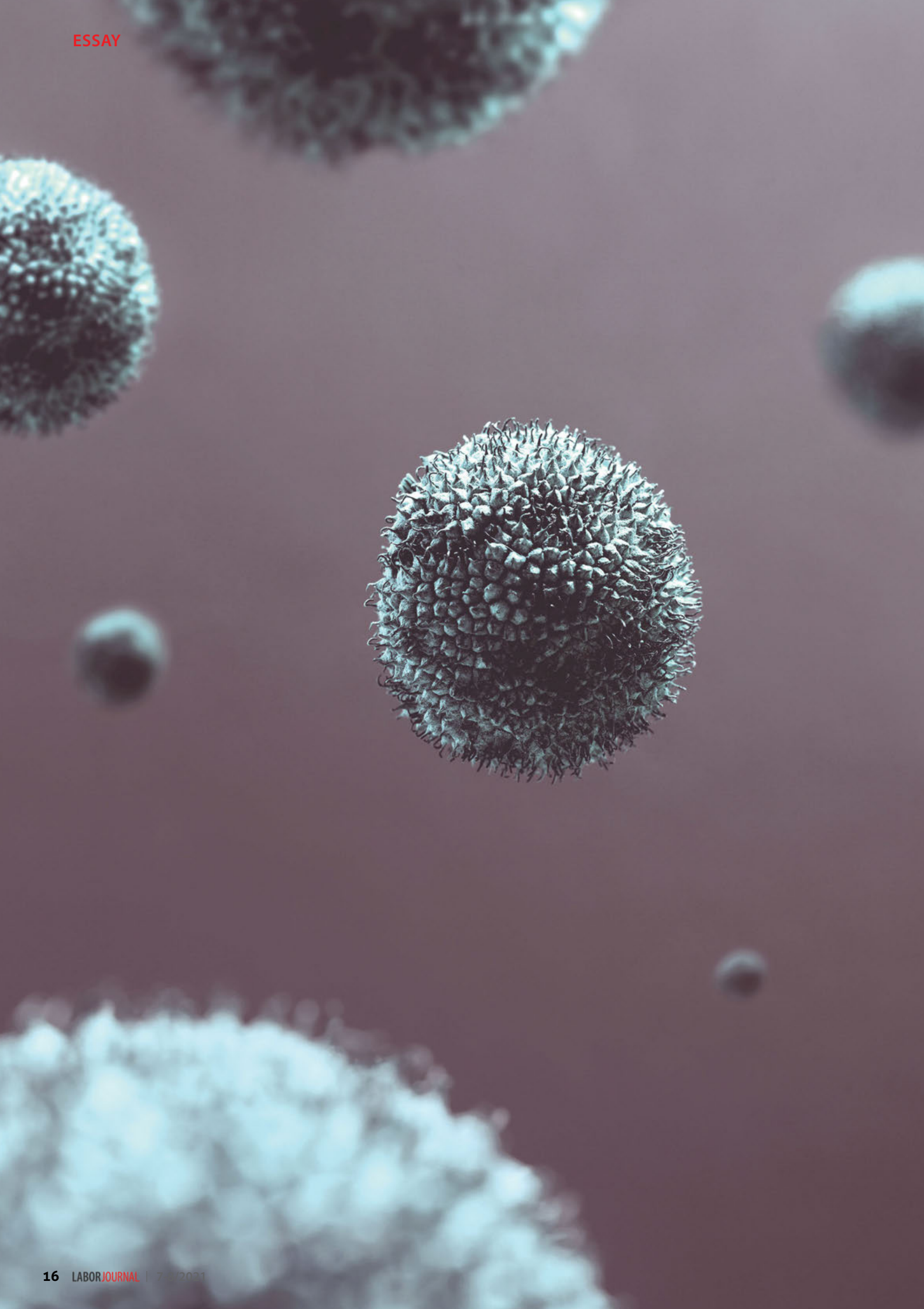
Mit exakt der gleichen Logik wurden in der Menschheitsgeschichte unzählige Behandlungen und Maßnahmen begründet. Antike Ho-

hepriester haben so den Nutzen angemessener Götzenverehrung zur Vermeidung prognostizierter apokalyptischer Ereignisse ebenso bewertet wie Quacksalber die vermeintlich heilbringenden Effekte ihrer Taten. Traten unheilvolle Ereignisse nicht ein, so waren die „präventiven“ Maßnahmen erfolgreich – traten sie dennoch ein, so waren die Maßnahmen entweder nicht hinreichend oder es wäre ohne sie noch schlimmer gekommen.

Dass diese eigentlich trivialen Erkenntnisse oft keine Berücksichtigung im öffentlichen Dialog und der Wissenschaftskommunikation gefunden haben, ist bedenklich. Und so gewinnen diese eher theoretischen Überlegungen massive praktische Relevanz. Unbelegte, trügerische oder sogar falsche Kausalbegründungen verwirren und können daher sehr schaden. Eine Argumentation mit dem Präventionsparadox zur Nutzenbewertung von Interventionen ignoriert fundamentale Erkenntnisse zur Bestimmung kausaler Zusammenhänge. Sie führt in die Irre, lenkt von entscheidenden Fragen ab – und behindert letztlich einen konstruktiven Dialog, in dem angemessen über Evidenz diskutiert wird und Unsicherheiten mit bewährten Mitteln der Wissenschaftskommunikation vermittelt werden. Dieser Trugschluss sollte keinen weiteren Einzug erhalten in eine Diskussion über Nutzen oder Schaden von Interventionen – ganz egal, ob sie nun der Pandemie-Bekämpfung dienen sollen oder völlig anderen Zwecken.

Referenzen

- [1] Rose G. *Strategy of prevention: lessons from cardiovascular disease*. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1981;282(6279):1847-1851
- [2] Knobbe K. *Ministerpräsidentenkonferenz: Die Unerklärenden (Der Spiegel) vom 19 Januar 2021*. <https://tinyurl.com/2xu9mahj>; Zugriff am 12. Juni 2021
- [3] Hennig K & Drost C. *Das Coronavirus-Update von NDR Info. (NDR Podcast) Folge 45 vom 2. Juni 2020*. <https://tinyurl.com/2ejxyfr7>; Zugriff am 12. Juni 2021
- [4] Weil, S.: *Trauer, Dank, Zuversicht – Grußwort zur Ökumenischen Lichtfeier im Dom zu Hildesheim am 22. November 2020*. <https://tinyurl.com/y574dxz4>; Zugriff am 14. Mai 2021
- [5] Hernán MA, Robins JM. *Causal Inference: What If*. <https://tinyurl.com/vdyh5dj4>; Zugriff am 14. Mai 2021
- [6] *The James Lind Library 1.2. Why treatment comparisons are essential*. <https://tinyurl.com/9rsse65m>; Zugriff am 14. Mai 2021



Wie unpolitisch ist Wissenschaft?

VON EMANUEL WYLER, BERLIN

Nicht zuletzt die Corona-Pandemie hat gezeigt, dass die wissenschaftliche Beratung von Entscheidungsträgern äußerst wichtig ist. Aus Sicht vieler Wissenschaftler behindert „Politik“ allerdings ihr Kerngeschäft. Wie politisch sollten Wissenschaftler also sein?

Oft hört man in der Wissenschaft den Spruch: „Das hat politische Gründe“ oder „Das ist eben Politik!“. Gemeint ist dann meist: X hat die Fördergelder erhalten, obwohl der Antrag von Y wissenschaftlich fundierter war. Oder Z wird ohne eigenes Zutun ebenfalls noch Co-Autor einer Studie. Oder die einen publizieren ständig in Prestige-Journals und -Verlagen, während andere oder die gerade nicht so heißen Themen nur „Low Impact“ sind.

Was in der Wissenschaft gern als „Politik“ bezeichnet wird, ist quasi das unwillkommene menschliche Element in dieser schönen Welt aus Evidenzen, neutralen *Peer Reviews* und objektiven Überlegungen. Oder anders gesagt: Wenn Machtstrukturen, die selbstverständlich auch in der Wissenschaft wirken, zum Zuge kommen, wird es „politisch“. Es sind genau die gleichen Machtstrukturen, die unsere gesamte Gesellschaft formen. Wer Einfluss hat und die richtigen Leute kennt, kommt eher voran. Wer das „falsche“

Geschlecht oder die „falsche“ Herkunft hat, muss mehr leisten, um als gleichwertig wahrgenommen zu werden.

Sowas hat im gegenwärtigen Selbstverständnis der Wissenschaft eigentlich keinen Platz. Wissenschaft ist auf der Suche danach,

»Was macht das mit der Wissenschaft, wenn sie plötzlich zur Akteurin der Politik wird?«

was wahr ist. Mit empirischen und normativen Methoden nähern sich die Wissenschaftler immer mehr der Wahrheit an, in einem sich beständig selbst korrigierenden Prozess. Das geschieht im Rahmen einer „guten wissenschaftlichen Praxis“, ein Regelwerk, das beispielsweise korrekte Zitierungen, Algorithmen zum Prüfen von Signifikanz, kritische

Diskussion der eigenen Arbeit sowie Einbettung in den Kanon oder Bereitstellung aller Informationen zur Nachvollziehbarkeit der eigenen Arbeit vorschreibt. Darauf basierend wird der Wissenschaft die Autorität zugesprochen, nicht nur deren Produkte in die Bevölkerung einzubringen, sondern auch gesellschaftliche Prozesse durch Beeinflussung der öffentlichen Meinung oder Beratung der Politik zu verändern.

In seltener Intensität und Direktheit können wir diesen Wissenstransfer in der Corona-Pandemie beobachten. Das sich so schnell ausbreitende Virus mit den gesundheitlichen, sozialen und wirtschaftlich extrem weitreichenden Konsequenzen verlangte nach einer sofortigen Reaktion. Von der empirischen Sozialforschung bis zur Impfstoffentwicklung haben Dutzende Disziplinen beständig neue Ergebnisse und daraus herleitbare Handlungsempfehlungen geliefert – ohne dass diese aber durch den Jahre dauern-

den Prozess der wissenschaftlichen Konsensherstellung gegangen sind. Dadurch ergab sich nicht nur eine Unmittelbarkeit der Übertragung von Forschungsergebnissen, sondern auch gewissermaßen ein Einbezug der gesamten Gesellschaft in Vorgänge, die üblicherweise innerhalb der Wissenschaft ablaufen: kontroverse Diskussionen, allmähliche Präzisierung von großer Spannweite zu genauem und verlässlichem Wissen oder natürlich auch die Korrektur beziehungsweise Falsifizierung früherer Ergebnisse.

Die daraus entstandenen und entstehenden Reibungen sind eine gute Gelegenheit, über das Verhältnis zwischen Politik und Wissenschaft nachzudenken. Insbesondere zu Beginn der Pandemie haben Wissenschaftler in ihrer Beratungstätigkeit für die politischen Entscheidungsgremien etwas gemacht – inwieweit dies auf eigene Initiative und inwieweit auf Nachfrage von Politik oder Öffentlichkeit geschah, ist ein Forschungsfeld in sich –, was ihnen eigentlich fremd ist: Aufgrund schmaler Evidenzen Entscheidungswege aufzeigen und empfehlen, und sich damit auch gleichzeitig in die öffentliche, mediale Diskussion zu begeben, die unmittelbarer Resonanzraum der Politik ist. Und je

»Wesentlich ist, dass die Wissenschaft sich bewusst wird, dass und wie politisch sie ist.«

schmäler die Evidenz, desto breiter der Ermessens- und Interpretationsspielraum – womit die Wissenschaft dann quasi politisch mitagt: Angesichts einer unbestimmten Zukunft und wenig gesichertem Wissen bekommen Werte und Interpretationen mehr Gewicht. Zudem überlagerten Faktoren die Debatte, die mit Evidenz nichts zu tun haben. Welcher Wissenschaftler wird von welchen Medien wie stark präsentiert? Welche Professorinnen beraten welche Gremien? Wer

hat Reichweite auf Social Media? Wer kann gut auftreten?

Was macht das mit der Wissenschaft, wenn sie plötzlich zur Akteurin der Politik wird? Zwei Zitate zur Illustration: Erstens betritt sie damit für sie offensichtlich weitgehend unbekanntes Terrain. Christian Drosen, von der Berliner Charité und Coronavirus-Experte seit fast zwanzig Jahren, nahm in einem Interview mit dem digitalen Magazin *Republik* im Juni 2021 Bezug auf das Problem der *False Balance* – dass Medien darauf getrimmt sind, beide Seiten zu Wort kommen zu lassen, auch wenn die überwiegende Zahl der Experten eine Richtung vertritt [1]. Er folgerte daraus: „Wie die Medien funktionieren, das wusste ich damals [im Frühling 2020] nicht.“ Politische Entscheidungswege, der Resonanzraum Medien und Öffentlichkeit sind alles Orte, die die allermeisten Wissenschaftler nicht kennen.

Zweitens wurde klar, dass Wissenschaftler nicht irgendwie abseits der Gesellschaft stehen, sondern als Bürger mittendrin. Wie die Professorin Melanie Brinkmann vom Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung in Braunschweig im März 2021 meinte, als es um die ungenügende Pandemiebekämpfung in Deutschland ging: „Schließlich bin ich Wissenschaftlerin. Aber ich bin auch Bürgerin“ [2]. Die wissenschaftliche Beratung erfolgt also auch durch Menschen in einer Rolle als politische Subjekte.

Die Schlüsselfrage ist nun: Wie gelingt es einerseits der Wissenschaft, sich Machtstrukturen so weit zu entziehen, dass sie „unpolitisch“ arbeiten kann, also aufgrund von wissenschaftlichen Kriterien? Und noch schwieriger, wie gelingt es der Wissenschaft, in die Gesellschaft hinein zu kommunizieren, um sie entlang der wissenschaftlichen Evidenz zu gestalten?

Wesentlich für das Gelingen dieses Unterfangens ist, dass die Wissenschaft sich bewusst wird, dass und wie politisch sie ist. Nehmen wir ein polarisierendes Thema, die „grüne Gentechnik“, also die Veränderung des Erbgutes von Pflanzen. In der Politik gibt es ein breites Spektrum von Meinungen dazu, von euphorischer Zustimmung über zurückhaltende Vorsicht bis hin zu kategorischer Ablehnung. Die Forschung in der Pflanzengenetik kommt zur klaren Schlussfolgerung, dass aus wissenschaftlicher Sicht (Ethik und Religion mögen zu anderen Konklusionen kommen) die Vorteile gezielt genetisch veränderter Pflanzen die Risiken bei Weitem überwiegen. Das ist aber nicht nur eine wissenschaftliche Aussage. Es ist gleichzeitig ein Positionsbezug in einem politischen Diskurs, mit dem sie in einem

reflexiven Bezug steht: In eine Richtung beeinflusst wissenschaftliche Evidenz die politischen Meinungen. Insbesondere wenn schon großes Vertrauen in und Offenheit gegenüber technologischen Neuerungen besteht, wird dies durch wissenschaftliche Erkenntnisse bestärkt. In unserem Beispiel würde so die breite Verwendung genetisch veränderter Nutzpflanzen gestützt.

Aber es gibt auch die andere Richtung: Der Positionsbezug bedeutet für Wissenschaftler als politisches Subjekt eine Festlegung in ei-

»Es entstand eine Situation, in der Wissenschaftler auf Augenhöhe mit Politikern und Publizisten stritten.«

nem politischen Meinungsspektrum. Ihr Denken ist dann nicht mehr nur durch wissenschaftliche Erkenntnisse geprägt, sondern, insbesondere wenn dies zu wenig reflektiert wird, durch politische Faktoren wie Werte, Abgrenzungen und so weiter. Insgesamt wird dadurch wiederum auch das eigene wissenschaftliche Agieren beeinflusst.

Quasi im Schnelldurchlauf ließ sich das während der Corona-Pandemie erleben. In den verschiedenen damit befassten Disziplinen der Naturwissenschaften gab es bald die deutlich mehrheitliche Position, dass, vor einer weitgehenden Durchimpfung der Bevölkerung beziehungsweise bis zum Greifen von Maßnahmen wie *Contact Tracing*, die Ausbreitung des Virus mit starken Kontaktbeschränkungen begegnet werden muss. Diese Position teilte sich im politischen Spektrum auf, nach Parteien gesehen deutlich zustimmend bei Grünen und SPD, mehrheitlich bei den Unionsparteien, kritisch gesehen bei FDP und Linkspartei, ablehnend bei der AfD. Die Entsprechung fand sich auch in den deutschen Medien – *ZEIT* und *Spiegel* auf der einen Seite, *WELT* oder *BILD* auf der anderen, wobei in der Medienwelt zusätzliche, schlussendlich monetär getriebene Mechanismen wie die Suche nach Klicks beziehungsweise Aufmerksamkeit durch starke und prägnante Aussagen dazu beitrugen. Hinzu kamen all die Mechanismen der Medienkommunikation und des öffentlichen Diskurses, die wissenschaftliche Evidenzen und entsprechende Schlussfolgerungen überdeckten. Es entstand eine Situation, in der Wissenschaftler auf Augenhöhe mit Politikern und Publizisten stritten, wobei sich die Argumente gelegentlich eher

Zum Autor

Emanuel Wyler ist Wissenschaftler am Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in der Helmholtz-Gemeinschaft in Berlin

durch die politische Positionierung als durch den Beruf unterschieden.

Um in diesem Getümmel faktenorientiert als Wissenschaft bestehen zu können, Thesen immer wieder neu überprüfend und revidierend, und gleichzeitig die Erkenntnisse der Forschung in praktische Politik umzusetzen, braucht es vor allem eines: die Reflexion darüber, inwieweit das Handeln der Wissenschaftler politisch ist oder zumindest politisch werden kann. Um nochmals Christian Drosten zu erwähnen – eine Stärke seines Podcasts war ja insbesondere, wie er immer wieder transparent gemacht hat, wie der Stand des aktuellen Wissens ist und dass es jenseits davon noch zahlreiche andere für politische Entscheidungen wichtige Kriterien gibt.

Was kann nun eine vorläufige Schlussfolgerung sein? Aus Sicht vieler Wissenschaftler ist „Politik“ (auch wenn dabei eigentlich Machtstrukturen gemeint sind, die nichts mit Politik an sich zu tun haben) negativ besetzt,

und behindert die wissenschaftliche Arbeit. Für die Interaktion von Wissenschaft und Gesellschaft ist sie aber unumgänglich. „Politisch

»Aus Sicht vieler Wissenschaftler ist ‚Politik‘ negativ besetzt, und behindert die wissenschaftliche Arbeit.«

sein“ sollte also – da, wo es angebracht ist! – ein ganz normaler Aspekt wissenschaftlicher Tätigkeit sein, und nichts, worüber man die Nase rümpft. Wissenschaft kann sich der Prägnanzen der Machtstrukturen und Wertungen nicht entziehen, insbesondere da sie selbst davon geprägt ist. Gleichwohl muss sie einen Raum bieten, in dem tatsächlich nur wissenschaftliche Kriterien und Arbeitsweisen wirken. Um diesen Raum schaffen zu können,

müssen sich die Wissenschaftler (und da hat die Corona-Pandemie ja reichlich Lernstoff geboten) bewusst werden, wie sehr die Wissenschaft in der Gesellschaft auch eine politische Rolle spielt. Um die Ausgangsfrage, scheinbar paradox, zu beantworten: Um unpolitisch sein zu können, muss die Wissenschaft politischer werden.

Der Autor dankt Jutta Kramm und Nils Markwardt für ihre so kritischen wie hilfreichen Kommentare.

Referenzen

[1] <https://www.republik.ch/2021/06/05/herr-drosten-woher-kam-dieses-virus>

[2] *Kölnischer Stadtanzeiger*, <https://www.presseportal.de/pm/66749/4858567>

Antibodies raised against the Coronavirus, and SARS-CoV-2 recombinant Antigens.



MP Biomedicals is stepping in to support scientists worldwide in understanding SARS-CoV-2 and to develop new vaccine or therapeutic strategies.

We now offer three monoclonal antibodies from mouse with high affinity to the SARS-CoV-2 spike proteins for use in various applications, including western blot, immunoprecipitation, ELISA tests, etc. We have also added to our portfolio five recombinant antigens for SARS-CoV-2 diagnostics and research applications.

CONTACT US TO LEARN MORE

custserv.de@mpbio.com

| 0800 426 67337



Über die Notwendigkeit der Entfesselung der Wissenschaft

VON KARL-JOSEF DIETZ, BIELEFELD

Die biowissenschaftliche Grundlagenforschung ist in einem Korsett aus regulatorischen, administrativen und bürokratischen Zwängen gefangen, das die Forschenden hemmt und beschränkt.

Die Befreiung von diesen Fesseln gelingt nur, wenn alle Forscher mitmachen.



Ist es Staunen oder Entsetzen des Gesprächspartners? Auf dem Sofa im Büro eines Bundestagsabgeordneten sitzend hatte ich eben die Notwendigkeit betont, die Wissenschaft in Deutschland und Europa zu entfesseln, um die Zukunft erfolgreich zu gestalten. Es scheint, als vermute mein Gegenüber eine unmoralische oder gesetzwidrige Forderung. Nein, das war nicht gemeint. Der Biologenverband VBIO hatte eben ein Positionspapier zur Bedeutung der Grundlagenforschung veröffentlicht. Meine Forderung bezog sich auf die notwendige Anerkennung und Wertschätzung der Grundlagenforschung als wesentliche Basis zur Lösung unserer Zukunftsaufgaben.

Das Gespräch liegt zwei Jahre zurück. Seitdem treiben mich Gedanken um, wie die notwendige Unbeschwertheit und stimulierende Forschungsatmosphäre wiedergewonnen werden kann – und damit auch die vielbeschworene Freiheit der Forschung hierzulande. Gemäß Artikel 5 Absatz 3 des Grundgesetzes gilt: „Kunst und Wissenschaft, Forschung und Lehre sind frei“ – aber wie sieht die Realität aus? Einerseits beschränken zunehmend regulatorische, administrative und bürokratische Zwänge den wissenschaftlichen Handlungsraum. Andererseits gibt es einen gesellschaftlich akzeptierten oder zumindest nicht vehement dementierten Argwohn gegenüber wis-

senschaftlichen Erkenntnissen und Akteuren bis hin zu offener Fortschrittsfeindlichkeit. Da gewinnt der Titel des *Spiegel*-Leitartikels „Bloß keine Experimente“ ein zweites Gesicht [1].

Methodisch-konzeptionell erleben wir heute nahezu paradiesische Zustände. Die Vielfalt und Multiparallelität von Messverfahren sowie deren Empfindlichkeit sind phänomenal – gleichzeitig erleichtern *Computational Biology* und künstliche Intelligenz das Betreten neuen wissenschaftlichen Terrains. Niemand wünscht sich Bedingungen zurück, wie sie vor dreißig oder vierzig Jahren zu finden waren. Pipettenspitzen waren ein Goldschatz, den man spülte und wiederverwendete, Lösun-

gen wurden mit dem Mund pipettiert, Radioaktivität in zwei Meter Entfernung vom Minischreibtisch mit Kaffeetasse eingesetzt und der erste Computer des Instituts durfte nur von zwei Personen genutzt werden. Der milde Vorwand des schon damals existenten Sicherheitsbeauftragten, die Sammlung der leeren, vormals alkoholhaltige Getränke beinhaltenen Flaschen auf der obersten Ebene des Laborregals solle doch bitte verkleinert werden, wurde fröhlich ignoriert. Papers wurden an der Schreibmaschine geschrieben, in Papierform eingereicht, per Brief vom Editor zu den Gutachtern verschickt, und die *Proofs* hatten den Charme der alkoholischen Matrizenabzüge, auf denen in der Schule Schulaufgaben, altdeutsch für Klausuren, ausgeteilt wurden. Nein, diese Zeiten sind glücklicherweise vorbei und überall Laborstandards etabliert.

Problematisch und wissenschaftsschädlich sind andere Zwänge, die den Forschenden hemmen, beschränken und schaden. Sie sind der Anlass, nach Entfesselung zu rufen. Und sie tangieren die meisten von uns, und allemal unsere Disziplinen. Es gibt allgemeine Fesseln und Biologie-spezifische. Der Umfang einer spontanen Stoffsammlung und Mindmap explodiert und vermengt scheinbare Kleinigkeiten mit Fundamentalem. Die Punkte betreffen beispielsweise die Karriereplanung und den wissenschaftlichen Nachwuchs, den Laboralltag, die Nutzbarkeit des biologischen

»Dann allerdings kamen unterfinanzierte „Wanka“-Professuren, dürftige Ausstattung, späte Berufung und erstaunliche Zielvereinbarungen.«

Versuchsmaterials, die internationale Zusammenarbeit sowie freie Experimentgestaltung. Jeder Punkt verdiente eine ausführliche Erörterung, was in diesem Artikel nicht zu erreichen ist. Stattdessen sollen Schlaglichter als Fallbeispiele die Gesamtproblematik verdeutlichen.

Die Umstellung auf W-Besoldung im Jahr 2002 sollte Leistung fördern und den wissenschaftlichen Nachwuchs frühzeitig zu eigenständigen Gruppenleitern auf Juniorprofessuren befördern. Dann allerdings kamen unterfinanzierte „Wanka“-Professuren, dürftige Ausstattung, späte Berufung und erstaunliche Zielvereinbarungen. In der Berufungskonkurrenz setzen sich meist eher fortgeschrittene Bewerbungen nahe an der Berufbarkeits-Grenze durch. Da die Juniorprofessuren eher schlank ausgestattet werden, konterkariert dies das Lippenbekenntnis, dem wissenschaftlichen Nachwuchs tolle Bedingun-

gen für den Aufbau eigener Arbeitsgruppen zu geben. Zielvereinbarungen legen die im Erfolgsfall zu erwartenden Leistungen fest, beispielsweise einzuwerbende Drittmittel, Publikationszahl und andere teils bedenkliche Desiderate. Anforderungen außerhalb der eigenen Leistungsbefähigung dürfen nicht Teil solcher Zielvereinbarungen sein, beispielsweise die erfolgreiche Einwerbung von thematisch teils fremdbestimmten Projekten unter Beteiligung anderer oder sogar die Koordination großer Initiativen. Das Scheitern liegt gegebenenfalls in anderen Händen. Wer prüft die ethisch-moralische Angemessenheit der Zielvereinbarungen und schützt die zu Berufenden vor der Phantasie der Rektorate und Dekanate?

Und hinsichtlich der Ausstattung experimenteller ausgerichteter Juniorprofessuren müsste eine Wissenschaftler- und eine technische Stelle sowie Zugang zur personellen Unterstützung bei Verwaltungsvorgängen Standard sein. Goldstandard sind die Emmy-Noether- und ERC-Starting-Grants-Projekte, die den wissenschaftlichen Nachwuchs maximal „entfesseln“ und beflügeln.

Hier sei nochmals gut zwanzig Jahre zurückgeblückt. Damals durften Bleistifte nur über die kleinteilige Kostenstelle „Büromaterialien“ und bloß nicht über Verbrauchsmittel, Kleingeräte, Dienstreisen *et cetera* abgerechnet werden. Was für ein Fortschritt war die Einführung der sehr weit gefassten Kostenstellen. Hier ist größter Dank an die Politik und Verwaltung zu richten. Allerdings nehmen die Sondertöpfe zu Qualitätsverbesserung, Masterstudienplätzen, Hochschulpakt und soweiler gerade wieder überhand. Sie sind verknüpft mit jeweils spezifischen Anforderungen an kleinteiliger Berichterstattung. Dies lähmt die Bereichsleitung und die Verwaltung. Die Unterfinanzierung der Hochschulen ruft nach einfachen Lösungen, weil selbst die Sondertöpfe nur der evidenten Unterfinanzierung entgegenwirken.

Leistungsorientierte Mittelzuweisungen (LOMs) sollen heutzutage die Hochschullehrenden motivieren, Leistung zu erbringen. Abgesehen von der unzulässigen Annahme, ohne LOMs lohne sich Leistung nicht und die Motivation sei gering, ist die grundsätzliche Herausforderung, die besten Parameter zur Charakterisierung von Leistung festzulegen und zu erfassen. Vielfach werden Drittmittelwerbungen als einfach anzuwendendes Hauptkriterium herangezogen, insbesondere in den zuständigen Ministerien. Damit übertragen diese und die Universitäten die Verantwortung zur Festlegung von Leistung auf Dritte und bewerten Input. Wie korreliert die Entscheidung eines Bewilligungsgremiums mit der Leistung der Forschenden, der Qualität

des Outputs und mit anderen Verfahren? Wissenschaftlich korrekt wäre die Bewertung des Outputs in Form von Erkenntnissen, Publikationen und Patenten.

Man ist verblüfft, wenn argumentiert wird, die Veröffentlichungspraktiken seien zwischen den Disziplinen zu unterschiedlich. Dabei ist

»Die Entfesselung der Wissenschaft ruft nach einer Verbesserung der Grundausrüstung der Arbeitsgruppen.«

die interne Standardisierung längst erprobt. Der Eindruck ist zudem, dass sich die Publikationspraktiken zwischen den Disziplinen im Zuge von *Open Access* und *Open Science* momentan eher angleichen. Wieso ist ein Drittmittel-Euro immer gut und aussagekräftig, Publikationen aber nicht nutzbar? LOM-Vergabe ohne wesentliche Berücksichtigung von Outputs erscheint fragwürdig. Zu erwähnen ist, dass es LOM-Modelle gibt, die den Output berücksichtigen. Die Entfesselung der Wissenschaft ruft nach einer Verbesserung der Grundausrüstung der Arbeitsgruppen. Denn vielfach handelt es sich bei Drittmittelprojekten auch nur um öffentliche Gelder. Der einzige Unterschied ist der nicht unerhebliche zusätzliche Aufwand, um an Drittmittel heranzukommen. Ihre Akquise nimmt wertvolle Arbeitszeit der Wissenschaftler in Anspruch, in der sie keinen Output generieren können. Demgegenüber steht auf der Positivseite allerdings die tiefere konzeptionelle Befassung mit dem Projekt, für das der Antrag gestellt werden soll.

Zwei weitere Gedanken zum Output erscheinen mir wichtig zu sein. Meine Erfahrung aus etwa 25 Berufungsverfahren zeigt mir, dass normalerweise Berufungskommissionen den Ausgleich zwischen Bewertung der Erfahrung in erfolgreicher Drittmittelwerbungen und Output in Form von Publikationen

Zum Autor

Karl-Josef Dietz ist seit 1997 Lehrstuhlinhaber für Biochemie und Physiologie der Pflanzen an der Universität Bielefeld. Im Oktober 2020 wurde er zum Präsidenten des Verbandes Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBIO e. V.) gewählt.

gut herbeiführen. Man könnte demnach auch in Richtung LOMs rufen „Es geht doch“ und „Nehmt Euch ein Beispiel“. Gäbe es da nicht die Bedeutung der Publikationen in *High-Impact-Factor-Journals* und damit die Macht der professionellen Editoren und Wissenschaftsverlage. Ihre Entscheidung, eine Einreichung zur Begutachtung herauszuschicken und gegebenenfalls anzunehmen oder eben nicht, beeinflusst maßgeblich die Chancen der Bewerber. Sie fußt aber zu einem wesentlichen Teil auf Zeitgeist, Abschätzung von genereller Innovationstiefe und zu erwartendem *Impact* – und damit überwiegend auf der individuellen Meinungsbildung eines kleinen Kreises. Diese Fesseln, die aus der Macht der professionellen und praxisertrückten Editoren und Wissenschaftsverlage gestrickt sind, müssten zerschnitten werden. Dies wäre wichtig für den wissenschaftlichen Nachwuchs, aber auch für eine faire offene Wissenschaft. Der Umbruch

im Publikationswesen hin zu *Open Access* und *Open Science* eröffnet hier große Chancen.

Das Ausmaß des weltweiten Biodiversitätsverlusts ist uns Biologen bewusst. Arten gehen verloren, bevor wir ihre genetischen, metabolischen und ökophysiologischen Fähigkeiten auch nur ansatzweise verstanden haben. Müsste man also nicht alles in die We-

»Eine entfesselte Grundlagenforschung wäre nötig, um das für den Erhalt der Biodiversität nötige Wissen möglichst rasch zu generieren.«

ge leiten, um diese Kenntnisse ohne Fesseln möglichst umfassend zu gewinnen? Der bürokratische und ideologisch überfrachtete Umgang mit der *Convention on Biological Diversity*

(CBD) und der Missbrauch des Nagoya-Protokolls durch nationale und kommerzielle Interessen frustriert den Grundlagenforscher, der durch immense, teils unüberwindliche regulatorische und bürokratische Hindernisse *de facto* an der Ausübung seines Berufes gehindert wird. Die in millionen- oder milliardnjähriger Evolution gewachsene Biodiversität sollte Weltnaturerbe sein. Eine entfesselte Grundlagenforschung wäre nötig, um das für den Erhalt der Biodiversität nötige Wissen möglichst rasch zu generieren und Lösungsansätze für die drängenden Nachhaltigkeitsprobleme abzuleiten. Die bürokratischen Fesseln des *Access and Benefit Sharing* sollten auf die Bereiche echter ökonomischer Nutzung beschränkt werden. Niemand ist gegen einen gerechten finanziellen Ausgleich für patentrechtlich abgesicherte kommerzielle Exklusivrechte. Grundlagenforscher ohne kommerzielle Absichten sollten vom Korsett des Nagoya-Protokolls weitgehend befreit werden. Teils monatelang müssen Promovierende und andere Wissenschaftler in ihren Heimatländern den Genehmigungen nachjagen. Der Wissenschaftleraustausch wird erschwert und Kooperationsprojekte unmöglich gemacht. Wohlgermerkt handelt es sich vielfach um Projekte, die in den Heimatländern initiiert wurden. Wer profitiert von diesen Regeln? Auf keinen Fall die Biodiversität. Ohne ausländische Zeugen lassen sich Biotope ungehemmter ausbeuten.

Währenddessen nimmt die Arbeit der FG I 1.5 „Vollzug Nagoya-Protokoll“ im Bundesamt für Naturschutz Fahrt auf. Oberste Aufgabe nach eigener Internetseite sind „Risikobasierte und anlassbezogene Kontrollen von Nutzern im Sinne des Nagoya-Protokolls und der Verordnung (EU) Nr. 511/2014“. Erst an vierter Stelle wird die Beratung genannt. Das ist schade, weil das Schaffen von Vertrauen, die Hilfe im Einzelfall, die Suche nach gesetzeskonformen Lösungen und deren Umsetzung Vorrang haben müssten. Eigentlich gilt im deutschen Recht die Unschuldsvermutung. Es entsteht der Eindruck, den Forschenden würden kriminelle Motive oder zumindest strafbare Fahrlässigkeit unterstellt. Schreiben von der FG I 1.5 enthalten Standardformulierungen wie „Bitte geben Sie an, wann das betreffende Material (...) gesammelt wurde und weshalb Zugangsgenehmigungen im Sinne des Nagoya-Protokolls offensichtlich nicht eingeholt wurden“. In einem konkreten Fall basierte dieses Schreiben auf extrem dünner Evidenz einer gemeinsamen Publikation mit Erst- und Letztautor aus dem Heimatland. Das Material war nie in Deutschland. Selbst nach Mitteilung dieser Zusammenhänge erfolgten Nachforderungen, bis die Kontrolle nach Artikel 9 für abgeschlossen erklärt wurde. Ju-



ristisch mag alles korrekt gewesen sein. Was Verfahren und Duktus sowie den expliziten Hinweis auf die Strafbewehrtheit betrifft, waren die Schreiben aber schlichtweg unmöglich – und alles andere als geeignet, Vertrauen zu schaffen. Glücklicherweise wird gerade ein Leitfaden zum Umgang mit dem Nagoya-Protokoll unter Federführung der Deutschen Forschungsgemeinschaft verfasst – wir Forschenden sind gespannt.

Die derzeitige Diskussion zu den Digitalen Sequenzinformationen (DSI) und die anstehende Integration der DSI ins Nagoya-Protokoll lassen weitere Fesseln für die Forschenden erwarten. Internationale Zusammenarbeit von Grundlagenforschern wird somit systematisch erschwert. Diese Randbedingungen gefährden die breite Biodiversitätsforschung, die für die Herausforderungen aus Klimawandel und fehlender Nachhaltigkeit dringend geboten ist.

Das dickste Brett der Entfesselung ist aber bei der gesellschaftlichen und politischen Akzeptanz zu bohren. Davon sind biotechnologische und biomedizinische Entwicklungen ebenso betroffen wie neue Züchtungsmethoden. Forschende, Lehrende und Interessierte müssten in zweierlei Hinsicht aktiv werden und

mit mehreren Strategien für wissenschaftliche Erkenntnis werben. An erster Stelle steht, den Menschen *Science Literacy*, also eine naturwissenschaftliche Grundbildung, zu vermitteln. Dadurch wird jedem Bürger der Wert eines ausgewogenen, wissensbasierten und demokratischen Prozesses des Erkenntnisgewinns nahegebracht. Der VBIO hat eben ein Positi-

»Ohne ein grundlegendes Verständnis der Bevölkerung für die Bedürfnisse der Wissenschaft werden wir deren Entfesselung nicht anstoßen.«

onspapier zur nicht-formalen Bildung verfasst, das die Vielfalt der Wege zu diesem Ziel beschreibt. Die Spannweite der Akteure in diesem weiten und wichtigen Feld reicht von professionellen Museen bis hin zu Bürgerlaboratorien. Aufbauend auf diesem Interesse und der *Science Literacy* wird es uns besser gelingen, den Wert von Grundlagenforschung, von Wissen und Erkenntnis und deren Bedeutung

für unser Leben zu kommunizieren. Wichtig wäre es, den bereits vor einigen Jahrzehnten gestarteten Dialog mit der Bevölkerung wieder verstärkt aufzugreifen. Ohne ein grundlegendes Verständnis der Bevölkerung für die Bedürfnisse der Wissenschaft werden wir deren Entfesselung nicht anstoßen.

Der biowissenschaftliche Dachverband VBIO hat sich seit seiner Gründung als Dachgesellschaft im Jahr 2007 hohe Anerkennung als kompetenter Ansprechpartner und Interessensvertreter auf Bundes- und Landesebene erarbeitet. Wer, wenn nicht der VBIO in Zusammenarbeit mit seinen Fachgesellschaften, den in Landesverbänden organisierten Einzelmitgliedern und anderen *Stakeholdern* wie der Konferenz Biologischer Fachbereiche, sollte diese Aufgabe anpacken? Dazu brauchen wir aber die Unterstützung aller Kolleginnen und Kollegen. Machen Sie mit: Gemeinsam für die Entfesselung der Biowissenschaften!

Referenzen

[1] Spiegel Nr. 24, 2021

INTEGRA

HOLEN SIE SICH DIE PREISWERTESTE 96-KANAL-PIPETTE IN IHR LABOR



MINI 96 Tragbare elektronische 96-Kanal-Pipette

Befüllt 96- und 384-Well-Platten (ganz oder partiell) schneller und präziser als herkömmliche Handpipetten. Wegen ihrer geringen Größe lässt sie sich problemlos überall im Labor einsetzen und dies zum weltweit günstigsten Preis!



0.5–12.5 µl

5–125 µl

10–300 µl

50–1250 µl

www.integra-biosciences.com

Kaum noch Lust auf EU

VON ANTONIA WEBERLING, CAMBRIDGE

Nicht nur bei der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses während der Corona-Krise, auch bei der Budgetierung ihrer künftigen Forschungsausgaben zeigt die Europäische Union, was sie von ihren Forscherinnen und Forschern hält: Offenbar weniger, als man meinen sollte.

„Europa glaubt an Wissenschaft, und wir glauben an unsere Wissenschaftler“ – mit diesen Worten beendete Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen ihre Rede anlässlich der Feierlichkeiten zur Verleihung des zehntausendsten Grants durch den Europäischen Forschungsrat (ERC). Sie pries die harte Arbeit und die Ausdauer ihrer Forscherinnen und Forscher, die jeden Tag daransetzten, die Grenzen der Wissenschaft zu verschieben, und natürlich die Institution des ERC, durch den die EU ihren Wissenschaftlern solche Durchbrüche möglich machte.

Was ihr indes entgangen zu sein schien:

Allein in den letzten sieben Jahren sind 40 Prozent der als exzellent und damit eigentlich als förderungswürdig bewerteten Fördergeldanträge aufgrund mangelnden Geldes abgelehnt worden. Das macht allein 3.600 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die ihre Ideen nicht entwickeln konnten, ganz zu schweigen von den von ihnen abhängigen Doktoranden und Postdocs. Da tatsächlich etwa 80 Prozent der ERC-Projekte in wissenschaftliche Durchbrüche münden, sind der EU knapp 2.900 davon entgangen. Wie viele davon wären später womöglich mit dem Nobelpreis ausgezeichnet worden? Und wie viele hätten uns in der derzeitigen Pandemie helfen können?

»Im Sommer 2020, mitten in der Corona-Krise, wurde das Budget plötzlich um weitere 40 Milliarden Euro gekürzt.«

Themenoffene Grundlagenforschung, die ja gerade der ERC fördert, dient nicht dem Selbstzweck. Ihr Ziel ist es, das Fundament für angewandte Forschung zu bereiten. Die Herstellung nicht nur eines, sondern gleich mehrerer Impfstoffe gegen COVID-19 wäre trotz der immensen, weltweiten Kraftanstrengung aller beteiligten Forschungsgruppen vollkommen unmöglich gewesen, hätten sie sich nicht auf Jahrzehnte vorangegangener Grundlagenforschung stützen können.

Dass exzellente Grundlagenforschung für Europa essenziell ist, war schon vor der Corona-Krise bekannt: Bereits im Jahr 2002 haben sich die Staats- und Regierungschefs der EU-Mitgliedsstaaten zu Prioritäten bekannt, unter anderem verpflichteten sie sich zu dem sogenannten Drei-Prozent-Ziel bis 2020: Drei Prozent des Bruttoinlandsproduktes der EU sollten bis dahin in die Wissenschaftsförderung fließen. Ein ehrgeiziges Ziel, das Europa als einen der weltweit führenden Wissenschaftsstandorte festigen sollte. Doch bis heute, 19 Jahre nach der Festlegung und ein Jahr nach der selbstgesetzten *Deadline* dieses Ziels, fehlt ein kohärenter Plan, wie es erreicht werden soll.

Stattdessen wurde die massive Diskrepanz zwischen den allgemein anerkannten Prioritäten der EU und dem politischen Willen, diese durchzusetzen, im vergangenen Jahr offensichtlich, als es galt, das Budget für den Haushalt der nächsten sieben Jahre festzulegen: Im März 2018 schlug die Lamy-Gruppe, die von Kommissar Moedas beauftragt worden war, die Architektur des nächsten Forschungs-Rahmenprogrammes zu berechnen, ehrgeizige 160 Milliarden Euro als Budget für „*Horizon Europe*“ vor. Damit sollte es „*Horizon 2020*“ nachfolgen, über das in den letzten sieben Jahren Forschung und Innovation in Europa finanziert wurden. Die EU-Kommission warf stattdessen kurzfristige 100 Milliarden Euro in den Ring. Im Mai 2018 reduzierte das EU-Parlament den Betrag auf immer noch nie dagewesene 120 Milliarden Euro – ein Budget, das von Wissenschaftsorganisationen in ganz Europa begrüßt wurde.

Dann begann das Kürzen.

Im Sommer 2020, mitten in der Corona-Krise, in der die gesamte Welt in Schockstarre samt einer gewissen Erwartung verharrete, dass Wissenschaft die (Er-)Lösung bringen würde, und alle Politiker die Wichtigkeit „ihrer“ Forscher beschworen, wurde das Budget plötzlich um weitere 40 Milliarden Euro gekürzt.

Die Politiker schienen sich der ungewollten Komik im Lichte der Situation nicht bewusst zu sein: Eine weltweite Pandemie fordert hunderttausende Todesopfer, die Forschung soll die Rettung bringen – also kürzen wir ihnen jetzt das Geld um ein sattes Drittel. Das

war leider kein Witz und auch nicht der Plot eines Horrorfilms, sondern traurige Tatsache.

Im Juni 2020 zog die EU-Kommission mir persönlich den wirtschaftlichen Boden unter den Füßen weg. Mit einem Mal sah ich mich als Promotionsstipendiatin eines internationalen Trainingsnetzwerkes der *Marie Skłodowska-Curie Actions* (MSCA) gezwungen, mich politisch zu engagieren: Der Lockdown führte zur Schließung der Labore und die damit verbun-

»Wegen der Verringerung der Kapazitäten aufgrund des Lockdowns mussten wir unsere Mauslinien töten.«

dene Verringerung der Kapazitäten in den Tierhäusern machte es unausweichlich, dass wir unsere Mauslinien töten mussten. Meine Forschungskameraden und ich waren in Tränen aufgelöst. Wir machen keine Tierversuche aus Spaß, jeder Mausversuch wird sorgfältig geplant und dokumentiert. Von der Mauslinie, auf die meine Promotion aufbaut, blieb nur ein Deckmäuserich übrig, um die Linie nach Ende des Lockdowns wieder hochzuzüchten, was letztlich bis Anfang dieses Jahres dauerte.

Doch eine Stipendienverlängerung sah die EU-Kommission nicht vor. Stattdessen boten uns die Verantwortlichen eine unbezahlte, sechsmonatige Verlängerung oder unbezahlten Urlaub während des Lockdowns an. Wie und wovon wir während dieser beiden Phasen unseren Lebensunterhalt bestreiten sollten, interessierte die Kommission nicht mehr. Finanziell unterstützte sie nur ausgewählte Stipendiaten, von denen sie sich direkte Beiträge zur Lösung der Pandemie erhoffte, und berief sich ansonsten darauf, dass sie niemanden bezahlt verlängern könnte, da sie alle gleich zu behandeln habe. Wir standen vor dem Nichts, während nationale Stipendien verlängert und den einfachen Studenten die Pandemie-Semester nicht angerechnet wurden.

Aus einem entsprechenden Brandbrief an Ursula von der Leyen entwickelte sich schließlich eine internationale Kampagne, die ich mit

Unterstützung mehrerer EU-Abgeordneter zusammen mit einer *MSCA PostDoc Fellow* der KU Leuven, Dr. Nathalie Conrad, organisiere. Zeitgleich liefen die Trilog-Verhandlungen zwischen der Europäischen Kommission, dem Rat der Europäischen Union und dem Europäischen Parlament über *Horizon Europe*.

Die Budget-Kürzungen waren damit natürlich Gesprächsthema Nummer eins zwischen allen jungen Forschern, die überlegten: Wohin mit der nächsten *Fellowship* – oder wohin, um den ersten *PI-Grant* einzuwerben? Die meisten sagten, dass sie in dieser Situation nicht in Europa bleiben würden – vor allem wenn Joe Biden die US-Wahl gewönne, da dann die Förderung in den USA wieder massiv zunehmen würde. China und andere Länder wie Singapur oder Japan steckten ohnehin mehr Geld in Forschung.

Als ich das nächste Mal mit dem Mitarbeiter eines der EU-Abgeordneten, mit dem ich mich im Laufe der Zeit gut angefreundet hatte, wegen der Stipendienverlängerungs-Initiative telefonierte, kam das Gespräch auf die Trilog-Verhandlungen. Ich fragte, ob den Mitgliedern des Parlaments eigentlich bewusst sei, dass sie mit den Budget-Kürzungen ein massives Ausbluten der Forschungslandschaft verursachen würden, da alle Forscher, die ich kenne, sich überlegen würden, aus Europa ab-

»Die meisten jungen Forscher sagten, dass sie in dieser Situation nicht in Europa bleiben würden.«

zuwandern. Seine Antwort war: Kannst Du mir das schriftlich besorgen?

In der Zwischenzeit hatten alle großen Forschungsorganisationen bereits eingehend gegen die Kürzungen protestiert, sie hatten die Fakten dargelegt, sie hatten die Zahlen genannt, doch weder die Kommission noch das Parlament noch der Rat stellten sich offensiv und von höchster Stelle auf die Seite der Forscher. Obwohl sie deren Wert natürlich mehr denn je priesen.

Wieso also nicht den Politikern und Beamten der Kommission klarmachen, dass hinter diesen Zahlen Menschen stehen? Nathalie und ich begannen also, Forscherinnen und Forscher anzuschreiben und sie zu bitten, für uns ein Statement darüber zu verfassen, wie diese Budget-Kürzungen ihre Forschungsarbeit beeinflussen würden. Zuerst sollten es zehn werden – Doktoranden und Postdocs, vielleicht auch der ein oder andere Professor schwebten uns vor. Doch dann wurde uns klar, dass das nicht reichen würde. „No-Names“ würden bei der EU-Kommission und dem Europäischen Rat keinen Eindruck machen. Wir beschlossen daher, alles zu wagen: Wir schrieben Nobelpreisträger an.

Dutzende E-Mails später hatten wir den ersten, dann zwei – und schließlich traten Nathalie und ich mit den persönlichen Statements von knapp sechzig Forscherinnen und Forschern an die EU-Kommission und die Regierungschefs aller Mitgliedsstaaten heran – von der einfachen Doktorandin bis zum etablierten Professor, einschließlich sechs Nobelpreisträgern und einer Nobelpreisträgerin. Alle malten eindringlich aus, was geschehen würde, wenn die EU ihre Forschungsgemeinde aufgäbe.

Diesem Appell schlossen sich in einem offenen Brief 49 Europaabgeordnete aus allen Fraktionen außer den Rechtsextremen an. Die Abgeordneten schrieben überdies auch persönlich an Angela Merkel, um sie angesichts der damaligen deutschen Ratspräsidentschaft um Unterstützung im Europäischen Rat zu bitten. Denn um auf die Trilog-Verhandlungen Einfluss zu nehmen, mussten wir die Regierungschefs oder die Kommission überzeugen. Zeitgleich schalteten wir eine Webseite frei, die es Forscherinnen und Forschern sowie Europaabgeordneten erlaubte, uns ihre Unterstützung auszudrücken: www.rescue-horizon-europe.org/.

Über hundert Abgeordnete aus fast allen Mitgliedsstaaten unterstützten die Initiative „RescueHorizonEurope“. 2.500 Forscherinnen und Forscher haben sich in dieser noch nie dagewesenen Graswurzelbewegung zusammengeschlossen, darunter acht Nobelpreisträger und eine Nobelpreisträgerin. Dutzende Universitäten, darunter renommierte Ins-



titutionen wie das Karolinska-Institut, die ETH Zürich, die TU München, die TU Delft, die Universität Leiden, die KU Leuven, die Universität Wien, die Karls-Universität Prag und die Pariser Sorbonne-Universität, haben uns bereits ihre Unterstützung ausgesprochen – dazu Universitätsnetzwerke und wissenschaftliche Dachverbände, die über 800 Universitäten zusammenfassen.

Doch weder von Angela Merkel noch von der Kommission kam je eine Antwort. Kommission, Rat und Parlament beschlossen, die Initiative zu ignorieren. Dabei sind wir nicht gekommen, um zu protestieren. Wir werden

»Wir versuchten, mit der Kommission ins Gespräch zu kommen, doch leider maß man uns nicht genug Bedeutung bei.«

uns nicht streikend vor das EU-Parlament stellen – dazu fehlt uns die Zeit. Proteste ändern die Weltprobleme nicht. Wissenschaftler haben die Möglichkeit, die derzeitigen und zukünftigen Krisen anzugehen und wissenschaftliche Lösungen bereitzustellen. Wird der Forschung aber das Geld gestrichen, ist dies nicht mehr möglich.

Die Trilog-Verhandlungen wurden abgeschlossen, ohne dass die Forscher zu Wort kamen. Das Budget für *Horizon Europe* wurde auf 95 Milliarden Euro festgelegt – was mehr ist, als zunächst zurechtgekürzt, allerdings doch viel weniger als benötigt. Zumal die Politiker beschlossen, das Geld ungleich zu verteilen: Statt Grundlagenforschung – also freie, ergebnisoffene und damit zu wissenschaftlichen Durchbrüchen und unvorhergesehenen Erkenntnissen führende Forschung – und die angewandte Forschung gleich zu dotieren, fließen 69 Prozent des Budgets in die ergebnisorientierte Forschung, während nur 27 Prozent auf die Säule „Exzellenz“ fallen, zu der die Förderung der Grundlagenforschung gehört. Die übrigen vier Prozent sollen den Wissenschaftsstandort Europa stärken und dazu unterrepräsentierte Mitgliedsstaaten aufwerten.

Das ist historisch wenig: Im Vorgängerprogramm *Horizon 2020* lag der Anteil der „Exzellenz“-Säule I am Gesamtbudget noch bei 32 Prozent.

Damit betreibt die EU Raubbau an den Fundamenten der ergebnisorientierten Forschung – eine solche kann nur ab einer gewissen kritischen Datenmenge stattfinden. Diese Datensätze, die ersten Ergebnisse, die in die richtige Richtung deuten, werden von der Grundlagenforschung bereitgestellt. Gräbt

man nun Letzterer das Wasser ab, sitzt man irgendwann auf dem Trockenen, weil einem die neuen Ansätze ausgehen, die eben nicht planbar sind, sondern allzu häufig auf unerwarteten Ergebnissen beruhen, die einem Projekt eine vollkommen neue Richtung geben.

Wir versuchten, mit der Kommission ins Gespräch zu kommen, um gemeinsam nach einer Lösung zu suchen, doch leider maß man uns – obgleich unterstützt von Forscherinnen und Forschern sowie Universitäten und Wissenschaftsverbänden aus ganz Europa und zudem noch von einem Siebtel des EU-Parlaments – nicht genug Bedeutung bei, um mit uns zu sprechen.

Im Dezember kam dann auf einmal die Anfrage, ob ich am nächsten Tag für ein Telefongespräch mit einem sehr hochrangigen Beamten der EU-Kommission bereitstünde. Am nächsten Tag wurde das Gespräch zunächst um eine Stunde verschoben und dann für ein nachfolgendes Zeitfenster von einer Stunde angekündigt. Eine Stunde, nachdem dieses verstrichen war, wurde mir per E-Mail mitgeteilt, dass leider etwas dazwischen gekommen sei, was Vorrang habe. Ein weiteres Gesprächsangebot kam auf mein Drängen erst Anfang Februar.

Zu diesem Zeitpunkt war mein Stipendium bereits ausgelaufen und der einzige Grund, warum ich meine Promotion und mein Projekt, für das bereits etliche Tiere geopfert worden waren, nicht ohne abschließende Ergebnisse hatte abbrechen müssen, bestand in der Förderung einer Privatstiftung, die das Verhalten der EU-Kommission nicht fassen konnte und mich deshalb fördert.

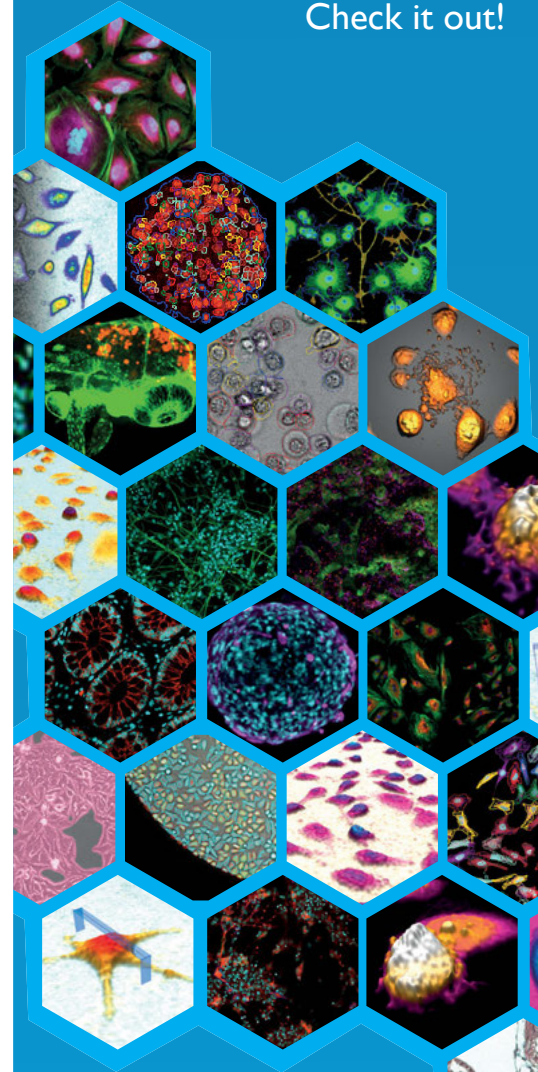
Auf das erste Gespräch mit dem besagten Beamten sollte ein weiteres innerhalb einer Woche folgen – nicht nur, um mögliche Lösungen für die Marie-Curie-Stipendiaten zu diskutieren, sondern auch, um im Detail zu besprechen, wie wir Europa als Exzellenzstand-

Zur Autorin

Antonia Weberling ist Biochemikerin und promoviert als Marie-Sklodowska-Curie-Stipendiatin des europäischen Trainingsnetzwerks „Image-In-Life“, welches aus dem EU-Forschungsprogramm Horizon 2020 finanziert wird, an der University of Cambridge. Konkret geht es in ihrem Projekt um die Steuerung der Einnistung des Mausembryos in die Gebärmutter.

LOOKING AT CELLS
- we mean it!

Dedicated imaging cytometry
solutions for a broad
spectrum of applications.
Check it out!



FIND OUT
MORE ON
[lac.cenibra.de!](http://lac.cenibra.de)

CENiBRA
life science solutions

Cenibra GmbH
Münsterstraße 2
D-49565 Bramsche

Tel: +49 5461 7089089
info@cenibra.de
www.cenibra.de

ort erhalten und ausbauen könnten. Da das Budget von *Horizon Europe* bereits beschlossen und verteilt war, hatten Nathalie und ich die Idee, eine Pflichtquote beim Ausgeben des Rettungsfonds, die Fachleute nennen ihn *Next-Generation-EU* (NGEU), einzuführen. Wir warben dafür, dass die EU-Kommission die Anträge der einzelnen Mitgliedsstaaten auf Gelder aus dem NGEU nur dann absegnet, wenn fünf Prozent davon für Forschungsförderung ausgegeben werden – zum Beispiel für den Bau neuer Forschungsinstitute, die exzellente Forschung in bisher unterrepräsentierte Mitgliedsstaaten bringen sollte.

»Wir laufen Gefahr, dass Europa durch das Verschulden der EU in die wissenschaftliche Kreisklasse absteigt.«

Bis heute warte ich auf dieses Gespräch. In der Zwischenzeit wurde die „Konferenz zur Zukunft Europas“ eröffnet, die sich Bürgernähe und -mitbestimmung zum Ziel gemacht hat: Den europäischen Bürgerinnen und Bürgern soll hier die Möglichkeit gegeben werden, gehört zu werden, mitzudiskutieren und ihre Ideen einzubringen. Bemerkenswerterweise interessieren die profunden Vorschläge von 2.500 Bürgerinnen und Bürgern der EU die Kommission offenbar bis heute nicht. Auch die Gelder des Rettungsfonds sind mittlerweile verteilt – und die Marie-Curie-Stipendiaten sitzen an Supermarktkassen, um sich ihren Lebensunterhalt zu verdienen, anstatt ihre exzellente Forschung abzuschließen, für die sie in einem hochkompetitiven Verfahren ausgewählt und gefördert wurden.

Dabei würde exzellente Forschung so dringend gebraucht: Die Welt taumelt von der Corona-Krise in die vielen Gesichter der Klimakrise; Krebs ist nicht besiegt; nur dreißig Prozent aller Schwangeren gebären Kinder; Herz-Kreislauf-Krankheiten gehören zur führenden Todesursache weltweit, ohne dass die passenden Medikamente bisher ansatzweise ausreichend erforscht wären; im Jahr 2019 starben 1,4 Millionen Menschen an Tuberkulose;...

Die erste ERC-Grant-Ausschreibung dieses Jahr hatte die erschreckend niedrige Erfolgsquote von acht Prozent. Bei vielen Forscherinnen und Forschern wirft das die Frage auf, ob man sich überhaupt innerhalb der EU ins Rennen um Fördermittel begeben sollte – oder ob man stattdessen lieber direkt in ein Land gehen sollte, das der Wissenschaft nicht nur auf dem Papier die angemessene Bedeutung zumisst, sondern ihr auch die entspre-

chenden Ressourcen bereitstellt, um in der nächsten Krise ebenfalls Lösungen zu finden.

Forschungsförderung in Europa darf nicht nur Thema von Sonntagsreden sein. Die europäischen Politiker und ihr Beamtenapparat müssen begreifen, dass mit der bisherigen Finanzausstattung die von ihnen gesetzten Ziele nicht erreichbar sind. Ohne massive Investitionen wird Europa seine wertvollste Ressource verlieren: das Potenzial seiner Forscher, die Welt neu zu denken. Diese Investitionen müssten zum einen wissenschaftliche Exzellenz in jeden einzelnen Mitgliedsstaat tragen, indem dort die Infrastrukturen für Spitzenforschung geschaffen werden – zum anderen müssten die Gelder rein aufgrund von wissenschaftlichem Können und nicht von politischen Animositäten vergeben werden. Die besten Wissenschaftler müssen gefördert werden, nicht diejenigen mit den wichtigsten Freunden.

Die bisherigen Anstrengungen zur Verbreitung von Exzellenz, in die auch mit diesem Budget sehr viel Geld fließt, haben bisher keine Früchte getragen. Die Gründe dafür müssen analysiert und ein neuer ordentlicher Plan formuliert werden. In diese Analysen sollten nicht nur Politiker und Bürokraten eingebunden werden, sondern auch die Forscherinnen und Forscher selbst. Denn diese können am besten erklären, was nicht funktioniert. Und sie sind in ihren Aussagen nicht darauf bedacht, Wähler für die nächste Wahl zu gewinnen.

Europa hat ein riesiges ungenutztes Potenzial. Unsere Politiker haben die Wahl: Entweder sie beginnen, es auszuschöpfen, oder wir werden zu Zuschauern der Abwanderung unserer besten Köpfe, weil deren Forschung nicht mehr gewürdigt wird. Wir laufen Gefahr, dass Europa durch das Verschulden von EU-Kommission und -Rat in die wissenschaftliche Kreisklasse absteigt.

Wir brauchen eine Task Force, die nach 19 Jahren Zielformulierung endlich einen Plan ausarbeitet, wie das Drei-Prozent-Ziel tatsächlich erreicht werden soll. Diese Task Force sollte nicht nur mit Politikern bestückt werden, sondern auch mit Forscherinnen und Forschern. Damit endlich Bewegung in die Sache kommt, Projektplanung ist in der Forschung normalerweise der erste Schritt. Dieser Plan muss von den Mitgliedsstaaten als verbindlich vereinbart werden.

Wir könnten auf dem Sprung in großartige Jahrzehnte voller wissenschaftlicher Durchbrüche sein, wenn die EU sich politisch dafür entscheiden würde. Europa verfügt über die Kapazitäten – wir brauchen nur die Freiheit, sie zu entwickeln. Die Wissenschaft ist der einzig wirkliche Bodenschatz, den Europa hat. Es sollte ihn heben.

Ein Goldstandard für die Wissenschaft

VON CHRISTOPH H. EMMERICH UND BJÖRN GERLACH, HEIDELBERG

Schon lange stehen der Journal Impact Factor und Publikationszahlen als „Währungen“ der Wissenschaft in der Kritik. Das kostenlose Qualitätssystem EQIPD könnte Abhilfe schaffen.

Wie viele Werkzeuge, Initiativen und Organisationen kennen Sie, die sich mit der Qualität wissenschaftlicher Forschung auseinandersetzen – mit dem Ziel, diese zu erhalten beziehungsweise zu verbessern?

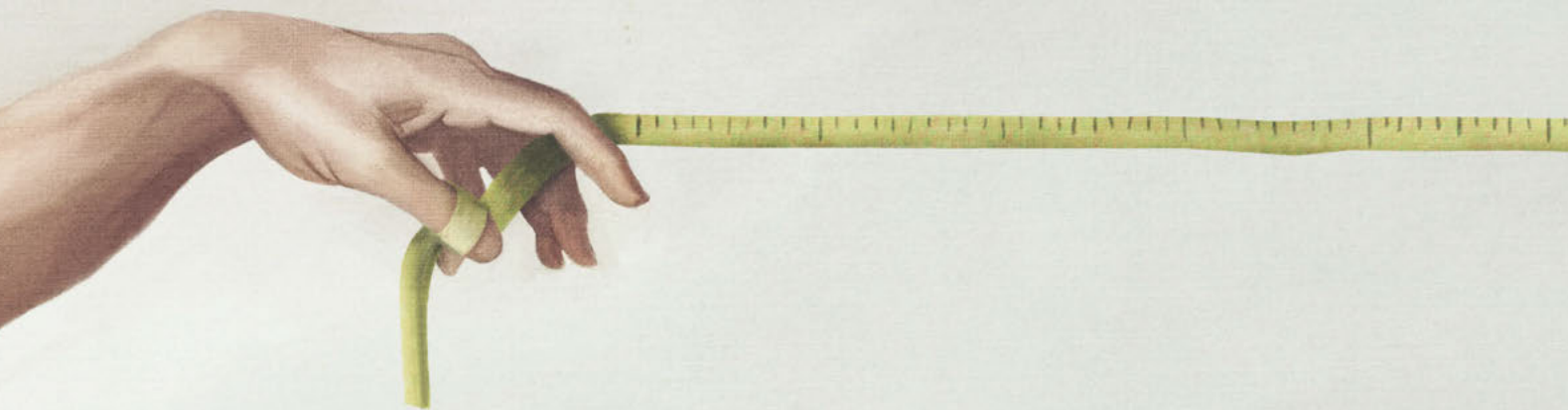
Gemeint sind hier zum Beispiel ...

- ... die ALCOA- und FAIR-Prinzipien für Datenintegrität und -management [1, 2],
- ... die *Embassy-of-Good-Science*-Plattform [3],

Phase der Medikamentenentwicklung. Obwohl wir daher den „Luxus“ genießen, einen signifikanten Anteil unserer Zeit investieren zu können, um einen aktuellen Überblick über laufende Entwicklungen zu bekommen, müssen wir gestehen, dass für uns die Situation zunehmend unübersichtlicher wird. So erfordert es einen hohen Zeitaufwand, erfolgversprechende Ideen von weniger zielorientier-

robuste, reproduzierbare Forschung betreiben, auf die wir stolz sind und die qualitativ hochwertige Daten generiert? Wie können wir dies den unterschiedlichen Partnern, mit denen wir zukünftig zusammenarbeiten möchten, vermitteln, sodass sie vertrauen in unsere Arbeit bekommen?

Oder etwas allgemeiner formuliert: Wie können wir den aktuellen Verwirrungen und



... die *ARRIVE*- und *PREPARE*-Richtlinien für *In-vivo*-Forschung [4, 5],

... die *SOPs4RI* (*Standard Operating Procedures for Research Integrity*)-Initiative [6],

... der DFG-Kodex „Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ [7],

... die *Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International* (AAALAC) [8]

... oder der *NCR3s Experimental Design Assistant* [9] – um nur einige wenige zu nennen.

Angesichts der wachsenden Zahl an neuen Ideen und Initiativen, wie sortieren Sie die für Sie nützlichsten und wichtigsten Aktivitäten aus? Wie stellen Sie sicher, dass Sie keine Informationen verpassen, die für Ihre Forschung, Projekte und Ziele relevant sein könnten?

Die Autoren dieses Essays beschäftigen sich aus beruflichen Gründen seit mehreren Jahren mit der Robustheit und Reproduzierbarkeit von Forschungsergebnissen sowie Qualitätsanforderungen in der biomedizinischen Forschung – genauer der präklinischen

ten Initiativen zu trennen und aus dem täglichen Informationsfluss herauszufiltern.

Wenn es um die „Gute Forschungspraxis“ in der biomedizinischen Forschung geht, müssen wir zudem berücksichtigen, dass unterschiedliche *Stakeholder* unter Umständen unterschiedliche Anforderungen an uns stellen: Sind die Forderungen von Förderer X die gleichen wie von Förderer Y? Welche Erwartungen haben potenzielle Industriepartner? Wie sollten Datensätze dokumentiert und archiviert sein, wenn diese im Rahmen von klinischen Studienanträgen regulatorischen Behörden in unterschiedlichen Ländern zur Verfügung gestellt werden sollen? Welche Richtlinien und Checklisten wurden von welchen wissenschaftlichen Fachzeitschriften etabliert?

Die hier erwähnten Fragen beziehen sich in erster Linie auf Forderungen, die von außen an uns herangetragen werden. Wie sieht es nun aber aus, wenn wir die Perspektive umkehren möchten: Wie können wir auf eine einfache, strukturierte Weise aufzeigen, dass wir

Herausforderungen hinsichtlich der Bewertung wissenschaftlicher Produktivität und Qualität unserer Arbeit begegnen? Welche Alternativen zu den „etablierten“ (aber zu recht kritisierten) bibliometrischen Bewertungskriterien wie *Journal Impact Factor* (JIF) und Anzahl unserer Publikationen gibt es, um auch den Faktor „Datenqualität“ in das inhaltliche „Vermessen“ von Forschungsleistungen einfließen zu lassen?

Wie der „Wissenschaftsnarr“ kürzlich richtigerweise herausgestellt hat, hat das Verb „vermessen“ im Deutschen auch eine negative Konnotation und kann ebenfalls „falsch messen“ (beziehungsweise „überheblich, anmaßend“) bedeuten [10]. Um den Prozess des Vermessens daher fair, vergleichbar und transparent zu gestalten, bedarf es eines geordneten Systems, auf das wir uns beziehen können und das als Bewertungsgrundlage dienen kann: Wenn wir nun in diesem Zusammenhang den JIF und die Anzahl an Publikationen als „Währungen“ definieren, um unsere Forschungsleistungen zu quantifizieren, kann

dann Datenqualität beziehungsweise -integrität der entsprechende „Goldstandard“ werden?

Historisch gesehen stammt der Begriff „Goldstandard“ aus der Finanzwelt und beschreibt die Hinterlegung einer Währung mit Gold – um so eine Absicherung und einen Schutz vor zum Beispiel zu starker Bargeldinflation durch die Einführung von Papiergeld zu gewährleisten. Eine Währung war daher immer direkt mit dem Wert des Goldes verknüpft, da es jedem Bürger freigestellt war, zu jeder Zeit sein Bargeld gegen die entsprechende Menge Gold umzutauschen („Verpflichtung zur Konvertibilität“). Mit anderen Worten: Ist der direkte Bezug zum Gold nicht mehr gegeben, besteht die unmittelbare Gefahr, dass eine Währung deutlich an Wert verliert (und sogar nutzlos werden kann).

Solange es nicht in ausreichendem Maße möglich ist, eine nötige inhaltliche Bewer-

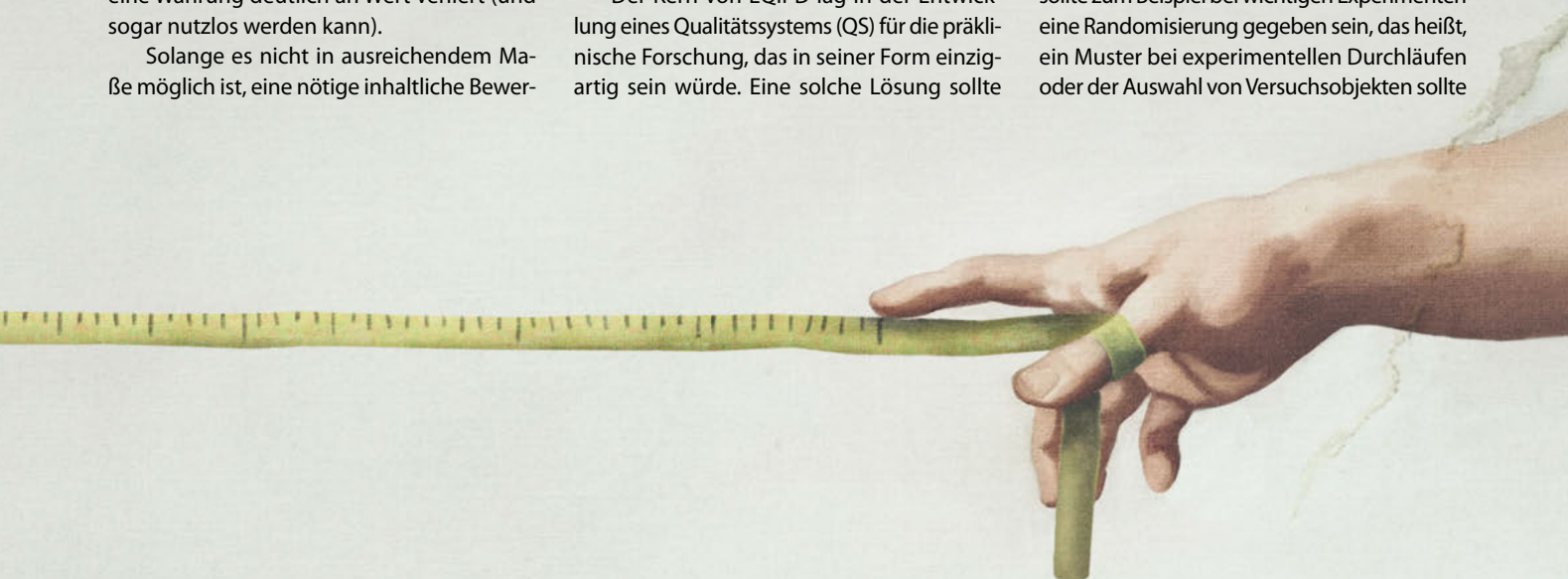
und Auftragsforschungs-Unternehmen sowie Pharmafirmen zusammen (wie zum Beispiel AbbVie, Janssen, Roche, Novartis, Boehringer Ingelheim, Pfizer, Sanofi) und wird zudem von Fachzeitschriften (unter anderem PLoS, F1000), Förderern (*Alzheimer's Research UK*) und privaten Organisationen (unter anderem AAALAC, ICLAS [Anm. d. Red.: *International Council for Laboratory Animal Science*], CIOMS [Anm. d. Red.: *Council for International Organizations of Medical Sciences*]) unterstützt. Finanziell gefördert wurde das EQIPD-Projekt in den ersten drei Jahren durch die *Innovative Medicines Initiative (IMI)*, einem Förderprogramm der Europäischen Union, und der *European Federation of Pharmaceutical Industry and Associations (EFPIA)*.

Der Kern von EQIPD lag in der Entwicklung eines Qualitätssystems (QS) für die präklinische Forschung, das in seiner Form einzigartig sein würde. Eine solche Lösung sollte

sierung, *Power-Analyse*), die entscheidend sind, um kritische Studien so unvoreingenommen („*unbiased*“) wie möglich durchzuführen und um robuste und belastbare Daten zu gewinnen.

Der Kern des EQIPD-QS besteht aus fünf Grundprinzipien, die dafür sorgen, dass das EQIPD-System auch für die nicht-regulierte Forschung (für welche viele Elemente der GLP- oder ISO-Standards unverhältnismäßig, schwer umsetzbar oder nicht relevant sind) attraktiv, zweckmäßig und flexibel an benutzerspezifische Gegebenheiten anzupassen ist:

1) Das Ziel zählt: Für EQIPD ist das Endergebnis eines Prozesses entscheidend und nicht der Weg, wie dieses erreicht wird. So sollte zum Beispiel bei wichtigen Experimenten eine Randomisierung gegeben sein, das heißt, ein Muster bei experimentellen Durchläufen oder der Auswahl von Versuchsobjekten sollte



tung von Forschungsleistungen zu gewähren, ergibt sich im übertragenen Sinne, dass JIF und Publikationszahlen als „Währungen“ zumindest durch eine ausreichende Qualität und Integrität der publizierten Daten „geschützt“ und abgesichert sein sollten.

Wie aber kann eine Lösung zur Sicherung der Datenqualität und -integrität aussehen, die sowohl unsere Bedürfnisse (nach einer Optimierung laborinterner Prozesse und der Anerkennung der Datenqualität als Leistungskriterium) wie auch die diversen Erwartungen unterschiedlicher Interessensgruppen berücksichtigt?

Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir vier Jahre zurückgehen: Im Jahre 2017 wurde das *Enhancing Quality in Preclinical Data (EQIPD)*-Konsortium gegründet (ursprünglich: *European Quality in Preclinical Data*), um die oben skizzierten Herausforderungen in der präklinischen biomedizinischen Forschung gemeinschaftlich anzugehen [11].

Das EQIPD-Konsortium setzt sich aus dreißig akademischen Einrichtungen, Biotech-

auf der einen Seite Innovationen fördern, indem es die Generierung robuster und zuverlässiger präklinischer Daten sicherstellt, und auf der anderen Seite flexibel genug sein, um nicht zu einer Belastung für den Laboralltag zu werden und um akademischen Forschern weiterhin ihre wissenschaftlichen Freiheiten zu ermöglichen.

Nun, vier Jahre später, wurde aus dieser Vision Wirklichkeit und das EQIPD-Konsortium hat ein Qualitätssystem entwickelt, das von jedem Wissenschaftler und jeder Forschungseinrichtung weltweit kostenlos genutzt und eingerichtet werden kann [11].

EQIPD konzentriert sich auf die nicht-regulierten Phasen der frühen präklinischen Forschung und kann/soll daher bestehende Qualitätssysteme wie *Good Laboratory Practice (GLP)* für die regulierten Bereiche der Arzneimittelforschung nicht ersetzen. So liegt zum Beispiel ein wichtiger Fokus von EQIPD auf Aspekten des Studiendesigns, der Durchführung, Analyse und Berichterstattung von Experimenten (wie Verblindung, Randomi-

nicht mehr zu erkennen sein. In diesem Fall stellt es EQIPD nun jedem Wissenschaftler frei, ein bestimmtes Werkzeug auszuwählen, um das Ziel der Randomisierung zu erreichen.

2) Autonomie der Wissenschaftler: Auch wenn normalerweise Prozesse wie zum Beispiel Randomisierung und Verblindung von EQIPD als entscheidend erachtet werden, kann es für spezifische Situationen möglich oder auch nötig sein, darauf zu verzichten (zum Beispiel bei vollautomatisierten Arbeitsabläufen oder wenn die Fehlerrate beim Experimentieren durch Randomisierungsprozesse potenziell stark erhöht werden würde). Das EQIPD-System erlaubt diese Form der Flexibilität und Freiheit, solange dies transparent dargestellt wird.

3) „Fit for intended use“: EQIPD definiert die Qualität von Forschungsdaten in Abhängigkeit von der beabsichtigten Verwendung und im Kontext des wissenschaftlichen Umfeldes eines Forschers. Ob die Datenqualität nach Durchführung entsprechender Experimente als ausreichend oder hoch eingestuft

wird, kann sich daher von Situation zu Situation unterscheiden.

4) Transparenz und Rückverfolgbarkeit: Die transparente Dokumentation und Berichterstattung ist ein wesentlicher Aspekt des EQIPD-QS, da so für die eigene Arbeit, aber auch für Mitarbeiter oder externe Wissenschaftler nachvollzogen werden kann, welche experimentellen Prozesse durchgeführt und welche Entscheidungen in Bezug auf Studiendesign, -durchführung oder -analyse getroffen wurden (zum Beispiel welche Datenpunkte für eine abschließende Analyse ein- beziehungsweise ausgeschlossen wurden). Zudem sollten sämtliche Informationen verfügbar sein, die für eine vollständige Rekonstruktion eines Forschungsprozesses notwendig sind.

»Wie können wir zeigen, dass wir robuste, reproduzierbare Forschung betreiben?«

5) Benutzerfreundlichkeit: Ein wichtiges Grundprinzip von EQIPD ist es, die Arbeit und Implementierung benutzerfreundlich und ressourcenschonend zu gestalten, um auch wissenschaftlichen Einrichtungen oder Biotech-Firmen ohne große finanzielle Rücklagen eine Umsetzung zu ermöglichen. Die Einrichtung des QS kann daher ohne zeitliche Vorgaben und schrittweise erfolgen.

Basierend auf diesen Prinzipien wurden als operativer Rahmen 18 *Core Requirements* (CRs) definiert, die sicherstellen, dass ein funktionelles QS etabliert werden kann und die (interne) Validität der gewonnenen Daten gewährleistet wird.

Viele Organisationen und Labore werden die meisten der 18 CRs ohne großen Zeit- und Ressourcenaufwand erfüllen können, sofern Laborprozesse bereits im Ansatz strukturiert sind [11]. Es wird daher erwartet, dass das QS in der Regel nicht als Belastung für beteiligte Wissenschaftler empfunden wird. Nach der ersten Implementierungsphase liegt dann der weitere Schwerpunkt auf den Mechanismen, die eine stetige Feinabstimmung und Entwicklung ermöglichen – mit EQIPD in der Rolle eines Part-

ners, der eine kontinuierliche Verbesserung der Forschungsqualität anregt und anleitet.

Als Teil des EQIPD-Projektes wurden außerdem eine Reihe von Applikationen entwickelt, wie ein Online-Trainingsprogramm und das *Planning Tool*, die Wissenschaftlern und Forschungsinstituten frei zur Verfügung stehen und dabei unterstützen, EQIPD-QS vorzubereiten und zu implementieren.

Insbesondere die EQIPD-*Toolbox* [12] bietet relevante Informationen zu EQIPD, aber auch umfangreiche Informationen zu Themen der Datenintegrität und -qualität im Allgemeinen. Hier schließt sich der Kreis zu den Fragen, die wir uns zu Beginn des Essays gestellt haben, da die *Toolbox* als *One-Stop-Shop* für die „Gute Forschungspraxis“ konzipiert wurde: In der *Toolbox* werden relevante Informationen gesammelt, gefiltert und gebündelt an einem Ort präsentiert. Dies ermöglicht es Wissenschaftlern – auch EQIPD-unabhängig – einen schnellen Überblick über die neuesten Entwicklungen, Anregungen und Richtlinien, die für ihre Forschung wichtig und nützlich sein könnten, zu bekommen.

Um nun die Akzeptanz eines Qualitätssystems innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft im großen Maßstab zu gewährleisten beziehungsweise zu erhöhen, müssen wir der Frage nachgehen: „Warum ist Qualität für uns als Wissenschaftler, für unsere Organisation, für unsere Mitarbeiter oder Kollaborationspartner wichtig?“ Antworten auf diese Frage helfen dabei, die Qualitätsziele einer Organisation zu definieren und bilden das Leitbild, anhand dessen wir Kollegen, Mitarbeiter und sogar unseren Familien und Freunden erklären können, warum wir Ressourcen in die Einrichtung eines solchen Systems investieren. Folgende Punkte und Aspekte können in diesem Zusammenhang zum Beispiel für Doktoranden, Postdocs, Gruppenleiter oder wissenschaftliche Verlage zusammengefasst werden:

Doktoranden und Postdocs

Das EQIPD-QS unterstützt Doktoranden und Postdocs während aller Phasen eines Experimentes – von der Versuchsplanung und Durchführung bis zur Auswertung, Dokumentation und Speicherung der Daten. Es hilft Risiken zu identifizieren, die zu einem experimentellen *Bias* führen können. Somit bietet das EQIPD-QS grundlegendes Wissen und Ressourcen, um jungen Wissenschaftlern zu helfen, ihre Forschungskarrieren auf eine solide Basis zu stellen und die Qualität ihrer Ergebnisse zu maximieren (diese Orientierungshilfen können natürlich nicht nur für Doktoranden und Postdocs, sondern für sämtliche Wissenschaftler relevant sein).

Studenten und Postdocs, die während ihrer Labortätigkeit aktiv an der Etablierung

des EQIPD-Systems beteiligt waren oder in einem Forschungslabor mit implementiertem QS gearbeitet haben, können dies in ihrem Lebenslauf aufnehmen und so ihre Kenntnisse über Qualitätsanforderungen in der Forschung aufzeigen.

Principal Investigators (PIs)

PIs in Forschungslaboren investieren in der Regel einen Großteil ihrer Zeit darin, die Finanzierung ihrer Arbeitsgruppe zu sichern, Manuskripte zu schreiben, zu reisen und Vorträge zu halten, um ihre Forschung zu präsentieren. Dadurch bleibt oft wenig Zeit für die Ausbildung der Studierenden und Postdocs, die jedes Jahr neu in ein Labor kommen. Außerdem kann es oft schwierig sein, einen Überblick über sämtliche Prozesse und Datensätze zu behalten, die im Laboralltag ablaufen beziehungsweise generiert werden. Lücken in der Dokumentation von Arbeitsabläufen oder Ergebnissen werden jedoch spätestens dann augenscheinlich, wenn entsprechende Mitarbeiter das Labor verlassen und plötzlich relevante Protokolle oder Daten nicht mehr gefunden werden und etablierte Methoden nicht mehr funktionieren.

Das EQIPD-QS adressiert diese Herausforderungen, indem zentralisierte Prozesse zum

»Principal Investigators bleibt oft wenig Zeit für die Ausbildung der Studierenden und Postdocs.«

Umgang mit Protokollen oder detaillierten Dokumentationspraktiken etabliert werden, die für sämtliche Labormitglieder einfach nachvollziehbar und umsetzbar sind.

Speziell in der biomedizinischen Forschung kann EQIPD helfen, die Attraktivität akademischer Projekte für zum Beispiel Pharmaunternehmen zu erhöhen und das Interesse an einer Partnerschaft oder Lizenzierung von Medikamenten-Entwicklungsprogrammen zu steigern. Auch kann dies die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass gegründete Spin-off-Unternehmen eine erfolgreiche Zukunft haben, da die Forschungsprojekte auf einer robusten Datengrundlage aufgebaut sind.

Wissenschaftliche Verlage

Ein Qualitätssystem hat selbstredend keine Auswirkungen darauf, ob im Labor generierte Ergebnisse eine wissenschaftliche Hypothese bestätigen oder nicht. Es erhöht aber die Wahrscheinlichkeit, dass publizierte Ergebnisse *unbiased* und aussagekräftig sind. Als Konsequenz gibt dies den Lesern wissenschaftli-

Zu den Autoren

Christoph H. Emmerich und Björn Gerlach sind Mitarbeiter des *Beratungs- und Prüfungsunternehmens Partnership for Assessment and Accreditation of Scientific Practice (PAASP)*.

cher Publikationen eine gewisse Sicherheit, die veröffentlichten Daten für ihre eigene Arbeit berücksichtigen zu können, wenn diese in einem Labor mit implementiertem EQIPD-QS entstanden sind. Zudem sollte es Verlagen helfen, die Anzahl an Publikationen zu reduzieren, die aufgrund unzureichender Datenqualität und einer Missachtung der Guten Forschungspraxis zurückgezogen oder korrigiert werden müssen [13].

Zusammengefasst bietet daher das EQIPD-QS zum einen die Möglichkeit, interne Prozesse besser zu strukturieren und zu optimieren, um die Qualität gewonnener Daten sicherzustellen. Zum anderen können Wissenschaftler, die qualitativ hochwertige Forschung betreiben, dies nun auch direkt ihren Kollaborationspartnern, Förderern, Berufungskommissionen oder Editoren aufzeigen: EQIPD bietet in diesem Zusammenhang ein Evaluierungs- und Zertifizierungsprogramm an, in dem die erfolgreiche Implementierung und die Einhaltung der EQIPD-CRs überprüft und anschließend ein EQIPD-Qualitätssiegel verliehen wird.

Ausblick

Die geringe Reproduzierbarkeit und Robustheit biomedizinischer Forschungsdaten [14] sowie die niedrigen Erfolgsraten bei der Entwicklung neuer Arzneimittel haben mehrere Ursachen [15]. Gründe können zum Beispiel ein unzureichendes Verständnis für die zugrunde liegende Biologie hoch-komplexer Krankheiten wie Alzheimer und Parkinson sein. Hier sind wir gefordert, diese Wissenslücken nach und nach zu schließen.

Scheitern teure und zeitaufwendige translationale Projekte jedoch aufgrund unzureichender interner Validität, statistischer Fehler und mangelnder Qualität der zugrunde liegenden Daten, ist dies nur schwer zu akzeptieren – da vermeidbar – und kann unseren Mitbürgern außerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft nicht wirklich überzeugend erklärt werden.

Es ist daher erfreulich zu beobachten, dass das Interesse an EQIPD zunehmend größer wird. So haben sich im Laufe der letzten Monate über 100 Wissenschaftler und Experten aus diversen Forschungseinrichtungen, Verlagen, Fachgesellschaften sowie von öffentlichen Förderern in Europa und den USA als Partner mit dem EQIPD-Projekt assoziiert. Wir sehen dies als einen ersten Schritt auf dem Weg, eine Forschungslandschaft zu etablieren, in der zukünftig Zahlenmetriken wie die Anzahl an Veröffentlichungen und der IF durch „Datenqualität“ als Goldstandard ergänzt werden können und in der die Integrität unserer Forschung eine stärkere Rolle bei der Bewertung von Wissenschaftlern einnimmt.

Um EQIPD auch langfristig so aufzustellen, dass es nachhaltig und zukunftsfähig ist

(was heißt, dass es fortlaufend weiterentwickelt werden kann), wird im Sommer 2021 der Verein „*Guarantors of EQIPD*“ gegründet. Dieser Verein hat die wissenschaftliche Aufsicht über EQIPD und ist unabhängig von operativen Tätigkeiten wie der Begutachtung implementierter EQIPD-Qualitätssysteme.

Die Implementierung mit anschließender Zertifizierung wurde gerade mit Erfolg bei den ersten Laboren in Deutschland, Großbritannien und den Niederlanden durchgeführt. Dieser wichtige *Proof-of-Concept* zeigt, dass das EQIPD-System tatsächlich kleine und große Veränderungen induzieren kann, die insgesamt das Vertrauen in die gewonnenen Daten und die internen Arbeitsabläufe sowie die Qualität präklinischer Daten erhöhen.

Es ist ein gutes Gefühl zu sehen, dass wir zusammen Lösungen kreieren und Entwicklungen anstoßen können, die für die wissenschaftliche Gemeinschaft interessante neue

Optionen für die Sicherung der Datenqualität, der Zusammenarbeit untereinander und die Bewertung von Forschungsleistungen bietet und welche die Art und Weise, wie wir anwendungsbezogene Forschung betreiben, transformieren können.

Das EQIPD-Projekt wurde von der Innovative Medicines Initiative 2 (Joint Undertaking) unter der Fördernummer 777364 finanziert. Dieses Joint Undertaking erhielt Unterstützung von dem Horizont-2020-Programm der Europäischen Union sowie der European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations (EFPIA).

Unser Dank gilt dem gesamten EQIPD-Team, insbesondere René Bernard, Anton Bespalov, Sandrine Bongiovanni, Vincent Castagné, Ulrich Dirnagl, Fiona Ducrey, Anja Gilis, Javier Guillén, Isabel A. Lefevre, Malcolm Macleod und Thomas Steckler.

Referenzen

- [1] Rattan AK. *Data Integrity: History, Issues, and Remediation of Issues*. *PDA J. Pharm. Sci. Technol.* 72: 105-16.
- [2] Wilkinson MD, Dumontier M, Aalbersberg IJJ, Appleton G, Axton M, Baak A, et al. *The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship*. *Scientific Data* 3: 1–9.
- [3] *The embassy of good science*. https://embassy.science/wiki/Main_Page
- [4] Sert NP du, Hurst V, Ahluwalia A, Alam S, Avey MT, Baker M, et al. *The ARRIVE guidelines 2.0: Updated guidelines for reporting animal research*. *PLOS Biol.* 18: e3000410.
- [5] *PREPARE: Guidelines for planning animal research and testing* - Adrian J Smith, R Ed-die Clutton, Elliot Lilley, Kristine E Aa Hansen, Trond Brattelid, 2018 [Abgerufen: 30.5.21]. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0023677217724823>
- [6] *Standard Operating Procedures for Research Integrity*. <https://sops4ri.eu/>
- [7] *Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis*. https://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/rechtliche_rahmenbedingungen/gute_wissenschaftliche_praxis/kodex_gwp.pdf
- [8] *AAALAC International*. <https://www.aaalac.org>
- [9] du Sert NP, Bamsey I, Bate ST, Berdoy M, Clark RA, Cuthill IC, et al. *The Experimental Design Assistant*. *Nat. Meth.* 14: 1024-5.
- [10] *Boost your Score! – Freiwillige Selbstinszenierung im Wettbewerb der Wissenschaftler*. https://www.laborjournal.de/rubric/narr/narr/n_21_04.php
- [11] Bespalov A, Bernard R, Gilis A, Gerlach B, Guillen J, Castagne V, et al. *Introduction to the EQIPD quality system*. Zaidi M, editor. *eLife*. 10: e63294.
- [12] *EQIPD Toolbox*. https://eqipd-toolbox.paasp.net/wiki/EQIPD_Quality_System
- [13] Casadevall A, Steen RG, Fang FC. *Sources of error in the retracted scientific literature*. *FASEB J.* 28: 3847-55.
- [14] Freedman LP, Cockburn IM, Simcoe TS. *The Economics of Reproducibility in Preclinical Research*. *PLOS Biol.* 13: e1002165.
- [15] Scannell JW, Blanckley A, Boldon H, Warrington B. *Diagnosing the decline in pharmaceutical R&D efficiency*. *Nat. Rev. Drug Discov.* 11: 191-200.

Entschlossen handeln gegen systematische Forschungsfälschung durch Paper Mills

VON ROLAND SEIFERT, HANNOVER

Wenn ein Journal mit Manuskripten zu einem angesagten Forschungsthema überhäuft wird, ist Vorsicht geboten. Ein Teil der eingereichten Paper könnte von professionellen „Papiermühlen“ stammen, die für ihre Kunden gefälschte Publikationen erstellen. Das Handwerk wird man den Paper Mills nur legen können, wenn man alle manipulierbaren Elemente des wissenschaftlichen Belohnungssystems konsequent abschafft.

Paper Mills (Papiermühlen) sind professionelle Fälschungswerkstätten, bei denen „Autoren“ (Kunden) gegen Bezahlung maßgeschneiderte pseudo-wissenschaftliche Arbeiten bestellen können. Durch die Publikation dieser gefälschten Produkte wollen die Kunden einzig und allein persönliche Vorteile erlangen, zum Beispiel mehr Gehalt, mehr Platz im Labor, mehr Personal, mehr Macht oder einen Karrieresprung.

Entscheidend für den geschäftlichen Erfolg der *Paper Mills* sind wissenschaftspolitisch gewollte Belohnungs- beziehungsweise *Incentive*-Systeme, die nicht durch wirksame Sanktionsmaßnahmen geschützt werden. Diese Voraussetzungen minimieren für *Paper Mills* und Kunden gleichermaßen das Risiko der Betrugsüberführung. Grundvoraussetzung für den großen geschäftlichen Erfolg der *Paper Mills* sind letztlich korruptierte Wertvorstellungen. Autokratische Gesellschaftssysteme sind nach dem derzeitigen Erkenntnisstand besonders anfällig für das Gedeihen von *Paper Mills*. Für weitergehende Informationen zum Thema *Paper Mills* sei auf einige aktuelle Publikationen verwiesen [1-4].

Die Zeiten, in denen wir Wissenschaft ohne *Incentive*-Systeme durchführen konnten, sind

lange vorbei: Ohne Publikationen in Journals mit hohem *Impact*-Faktor (IF) bekommt man keine Drittmittel mehr, ohne *High-Impact*-Publikationen und ohne Drittmittel kann man keine wissenschaftliche Karriere mehr machen. So einfach ist es. Zahlen-getriebene *Incentive*-Systeme betreffen nicht nur die Medizin und Naturwissenschaften, sie haben sich bis in die Geisteswissenschaften hineingefressen. Wer sich an einer Universität auf eine Professur bewirbt, muss inzwischen in aller Regel standardisierte Bögen ausfüllen, mit denen man die

»Der Kandidat mit dem höchsten Zahlenwert bekommt den Job; ein vermeintlich objektives Incentive-System.«

Zahlenwerte der einzelnen Bewerber vergleichen kann. Der Kandidat mit dem höchsten Zahlenwert bekommt den Job; ein vermeintlich objektives *Incentive*-System.

Was bedeutet dies für den *Editor-in-Chief* einer wissenschaftlichen Zeitschrift? Im Grunde ist es *Incentive*-System-konform, den IF seiner Zeitschrift so hoch wie möglich zu pushen, um dann möglichst viele „gute“ Einreichungen zu erhalten. Dafür gibt es etliche zweifelhafte und manchmal geradezu betrügerische Strategien, die hier aus Platzgründen nicht dargestellt werden können. Oft enden diese *IF-Pushing*-Versuche jedoch mit einer Diskreditierung des entsprechenden Journals und des Editors.

Als ich im Jahr 2016 die Position des *Editor-in-Chiefs* bei *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology* (NSAP) übernahm, der ältesten existierenden pharmakologischen Fachzeitschrift, war für mich klar, dass ich nichts unternehmen würde, um den IF von NSAP künstlich zu pushen. Auch Negativergebnisse oder nicht ganz vollständige Studien sind in der Zeitschrift willkommen, vorausgesetzt die Daten werden kritisch diskutiert. Außerdem entschied ich, keine Arbeit abzulehnen,

von der vermutet werden könnte, dass sie in der für die Berechnung der nächsten IF-relevanten Zeitperiode nur wenige Zitationen generieren würde (sogenannte *low-priority-papers*). Damit sollte auch Forschern auf „kleinen“ oder „randständigen“ Forschungsfeldern die Chance gegeben werden, ihre Ergebnisse zu publizieren. Wer weiß heute schon, welche Forschungsergebnisse in zehn oder zwanzig Jahren, weit jenseits der Berechnung des IF, wissenschaftlich und gesellschaftlich relevant sein werden? Solche Arbeiten werden auch als *Sleeping Beauties* bezeichnet [5].

NSAP genießt den Ruf einer sehr soliden, Autoren-freundlichen, fairen und konstruktiven Zeitschrift mit einem sehr qualifizierten *Editorial Board*. Unser IF lag in den letzten Jahren zwischen 2,0 und 2,5. Schon häufiger habe ich gehört: „Ja, wenn der IF vom *Naunyn* bei 4 läge, dann würde ich dem Journal auch mal wieder etwas schicken...“ Das Journal erfreut sich aber trotz solcher Äußerungen einer breiten internationalen Autorenschaft aus über 60 Ländern und wird weltweit gelesen. Insgesamt sind alle *Stakeholder* des Journals (Autoren, Editoren, Gutachter, Verlag und Leser) mit dem Journal rundum zufrieden.

Seit 2016, ein Jahr nach Vergabe des Nobelpreises für Medizin für die Entdeckung des Naturstoffs Artemisinin als Medikament gegen Malaria, bemerkten wir beim NSAP einen deutlichen Anstieg eingereicherter Arbeiten über Naturstoffe – vor allem aus der Volksrepublik (VR) China, in der Artemisinin entwickelt wurde. In einem entsprechenden Editorial definierten wir, welche stringenteren wissenschaftlichen Kriterien für Naturstoffarbeiten erfüllt sein müssen [6]. Zudem reagierten wir durch Expansion des *Editorial Boards* mit entsprechender Expertise auf die veränderten Einreichungen.

Der sorgfältig kontrollierte Begutachtungsprozess des NSAP sieht vor, dass jede Arbeit an einen Editor mit Fachexpertise gegeben wird, der sie dann von zwei Experten begutachten lässt – dennoch fiel nichts auf. Auch die Plagiatdetektions-Software *iThenticate* schlug nur in wenigen Fällen an. Letzt-

Zum Autor

Roland Seifert ist Direktor des Instituts für Pharmakologie der Medizinischen Hochschule Hannover. Seit 2016 ist er Editor-In-Chief von *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, dem offiziellen Journal der Deutschen Gesellschaft für experimentelle und klinische Pharmakologie und Toxikologie e.V. (DGPT).



lich lief der auf Vertrauen aufbauende Begutachtungsprozess beim *NSAP* unauffällig, und wir freuten uns, dass das Journal hinsichtlich der Einreichungszahlen stark im „natürlichen“ Wachsen begriffen war.

Parallel zur SARS-CoV-2-Pandemie platzte dann die Bombe. Im Februar 2020 wurde ich völlig überraschend durch Wissenschafts-Blogger darauf aufmerksam gemacht, dass in etlichen Arbeiten von Autoren aus der VR China Unregelmäßigkeiten bei Abbildungen aufgefallen seien: Offenbar wurden willkürlich Abbildungen collagiert und für ganz unterschiedliche „wissenschaftliche Inhalte“ verwendet [7]. Nach sorgfältiger Analyse der Abbildungen war klar, dass der Verdacht leider richtig war.

Ich war alles andere als *amused*: *On top* zu den vielfältigen Herausforderungen als Hochschullehrer in der SARS-CoV-2-Pandemie (vor allem der Realisierung von Online-Lehrangeboten innerhalb kürzester Zeit) jetzt auch noch Forschungsfälschungen aufklären? Wie sollte das gehen? Aber für mich war sofort klar, dass Nichtstun und Ignorieren der sehr substantziellen Fälschungsverdachtsmomente keine Alternative war. Langfristig stand die Existenz von *NSAP* auf dem Spiel. Also untersuchte ich jeden einzelnen Betrugsvorwurf und konnte dabei dankenswerterweise auf die Unterstützung des *Editorial Boards* und des Verlags Springer-Nature zurückgreifen.

Es gab aber auch Querschüsse. So wurde ich mit dem Vorwurf konfrontiert, rassis-

tisch zu sein, weil mein Fokus der Untersuchungen auf Arbeiten aus der VR China lag. Tatsache ist jedoch, dass alle bisher detektierten Fälschungen im *NSAP* aus der VR China stammen. Insgesamt wurden von mir bislang zehn bereits publizierte Arbeiten aus der VR China zurückgezogen, und dreißig weitere kurz vor der Online-Publikation gestoppt: Ich erbat von den Autoren die Einreichung der Originaldaten von Abbildungen und Tabellen. Arbeiten von Autoren, die dieser Bitte nicht nachkommen konnten oder wollten, wurden nicht publiziert, obwohl sie eigentlich

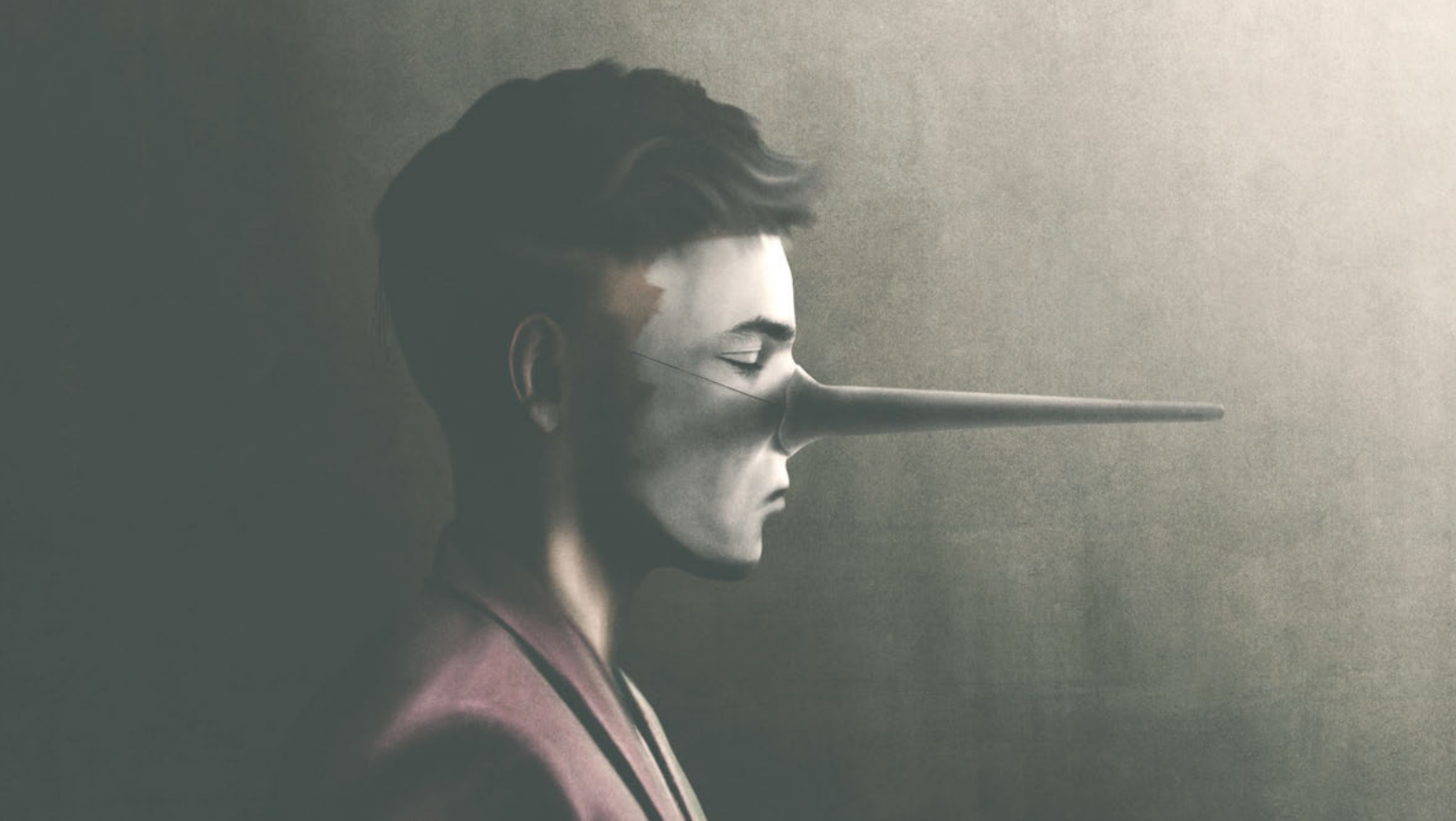
»In gewisser Weise kann man die gefälschten Arbeiten mit einer Virusinfektion vergleichen.«

bereits akzeptiert waren. Interessanterweise gab es in keinem dieser dreißig Fälle irgendwelche Proteste der Autoren – nur beredtes Schweigen ohne Originaldaten.

Auf den ersten Blick war der gleichzeitige Beginn der Pandemie und der *Paper Mill Crisis* im *NSAP* zunächst nur eine zeitliche Koinzidenz. Aber 15 Monate später stellen sich auch inhaltliche Gemeinsamkeiten heraus: In gewisser Weise kann man die gefälschten Arbeiten mit einer Virusinfektion vergleichen. Wir sehen bis zum heutigen Tag, dass halbherzige

Kontaktbeschränkungs-Maßnahmen und fehlende transparente Kommunikation unangenehmer wissenschaftlicher Tatsachen nur dazu führen, dass die Pandemie länger dauert und die Unzufriedenheit in der Bevölkerung wächst. Der *Paper Mill Crisis* bei *NSAP* wurde hingegen sofort mit großer Entschlossenheit begegnet. Auch mit unkonventionellen Maßnahmen wie der *Last-second*-Verhinderung der Veröffentlichung bereits akzeptierter Arbeiten – sowie ab April 2020 mit dem rigorosen Unterbrechen des *Peer-Review*-Prozesses aller Einreichungen durch die Bitte, Originaldaten vorzulegen sowie der raschen Verschärfung der *Instructions for Authors*. Die Konsequenzen dieser Maßnahmen waren sehr deutlich zu spüren: Insgesamt wurden weitere 320 (!) noch nicht veröffentlichte und im *Peer-Review*-Prozess befindliche Arbeiten von Autoren, wiederum zumeist aus der VR China, „zurückgezogen“ – stets ohne Angabe von Gründen. In aller Regel war es so, dass sich die Autoren nie mehr bei mir meldeten, und die Arbeiten nach bis zu zehn erfolglosen Kontaktversuchen administrativ von mir zurückgezogen wurden. Inzwischen ist die Anzahl der Einreichungen aus der VR China bei *NSAP* sehr stark rückläufig; der prozentuale Anteil publizierter Arbeiten aus der VR China geht ebenfalls zurück.

Es ist festzustellen, dass die rigorose Implementierung der Bereitstellung aller Originaldaten und vollständiger Immunoblots bereits bei der initialen Einreichung einen



sehr guten Filter gegen die Publikation weiterer gefälschter Arbeiten darstellt. Hier bietet sich der Vergleich mit der Effektivität konsequenter Einhaltung der Kontaktbeschränkungs-Maßnahmen gegen die Ausbreitung der SARS-CoV-2-Infektion an.

Wie funktionieren *Paper Mills*? Ein essenzieller Teil ihres Geschäftsmodells besteht darin, möglichst wenig von sich preiszugeben, um effizient und erfolgreich arbeiten zu können. Aus der Tatsache, dass bei keinem der *Paper-Mill*-Fälle im regulären *Peer-Review*-Prozess Auffälligkeiten aufgetreten waren, kann man sicher schlussfolgern, dass *Paper Mills* gut ausgebildete Wissenschaftler (genauer gesagt, fehlgeleitete Ex-Wissenschaftler) beschäftigen, um ihre Produkte erfolgreich auf den Markt zu bringen. Da auch hinsichtlich der Qualität des Englisch in den *Paper-Mill*-Publikationen keine fundamentalen Probleme aufgefallen waren, darf man ferner davon ausgehen, dass viele *Paper-Mill*-Akteure Auslandserfahrung haben. Sie müssen sich gut mit der üblichen Plagiat-Software auskennen, da diesbezüglich keine Auffälligkeiten registriert wurden. Ebenso unauffällig verlief die Korrespondenz mit den Autoren im *Peer-Review*-Prozess. All dies spricht für hohe „Professionalität“ der Akteure. Es ist offensichtlich, dass sie die Interna des *Peer-Review*- und Publikationsprozesses in Zeitschriften sehr gut kennen und dieses System effizient für ihre Zwecke ausnutzen.

Die Grundannahme des Publizierens ist, dass die einer Arbeit zu Grunde liegenden Daten korrekt sind und nicht prinzipiell in Frage gestellt werden müssen. Das nutzen *Paper Mills* schamlos aus. *Paper-Mill*-Akteure wissen auch sehr gut, dass Gutachter und Editoren

ihrer Journal-Arbeit parallel zu vielen anderen Verpflichtungen nachgehen (oft abends oder am Wochenende) und nicht die Zeit haben, weitergehende Recherchen, etwa zu weiteren Publikationen der Autorengruppe, anzustellen. Ihnen ist auch bewusst, wie schwierig es häufig für Editoren ist, Gutachter zu finden. Diese Systemschwäche nutzen *Paper-Mill*-Autoren aus, indem sie *Fake*-Gutachter vorschlagen, die sehr positive Gutachten schreiben. Schließlich überfluten die *Paper Mills* Journale (wie bei *NSAP* geschehen) mit vielen Einreichungen, um so die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass ein *Paper-Mill*-Produkt zur Publi-

»Es fällt zudem auf, dass besonders viele *Paper-Mill*-Fälle in Zeitschriften mit einem IF von zwei bis fünf auftauchen.«

kation angenommen wird. Hier bietet sich der Vergleich mit einem *Virus-Superspreader*-Ereignis an.

Warum ist *NSAP* ein so attraktives *Target* für Forschungsfälscher? Letztlich kann man hier nur Vermutungen anstellen, da keiner der Forschungsfälscher sein Motiv offen zugegeben hat. Es ist in der VR China jedoch politisch sehr erwünscht, dass Forscher Publikationen über die pharmakologischen Wirkungen von Naturstoffen in anerkannten westlichen Journalen publizieren. Da *NSAP* traditionell viele Arbeiten über definierte Naturstoffe publiziert, ist das Journal aus inhaltlicher Sicht ein „logisches“ *Target* der *Paper Mills*.

Es fällt zudem auf, dass besonders viele *Paper-Mill*-Fälle in Zeitschriften mit einem IF von zwei bis fünf auftauchen [1-4]. Es ist nicht klar, warum dies der Fall ist. Möglicherweise vermuten die Kunden von *Paper-Mill*-Produkten, dass die Akzeptanzwahrscheinlichkeit in dieser Zeitschriften-Kategorie höher ist als in *High-IF*-Journals. In jedem Fall geht es den Kunden nicht um wissenschaftliche Erkenntnis oder wissenschaftlichen Fortschritt, sondern lediglich darum, eine Publikation (egal welchen Inhalts) als karrierefördernde Trophäe in den Händen zu halten.

Leider sind auch viele andere Journale von *Paper Mills* betroffen [1, 4, 7]. Das genaue Ausmaß der Kontamination wissenschaftlicher Literatur durch *Paper Mills* ist nicht bekannt, weil nicht alle Journale gleich gut untersucht werden und zudem die Aufklärungskultur der einzelnen Journale über *Paper Mills* sehr unterschiedlich ist.

Warum sind *Paper Mills* so schwer zu fassen? Ein wichtiger Grund dürfte sein, dass die einschlägigen *Paper-Mill*-Werkstätten ihren „Service“ in chinesischer Schrift anbieten, die für westliche Wissenschaftler in aller Regel nicht dekodierbar ist.

Die COPE-Regeln wissenschaftlicher Zeitschriften sind so formuliert, dass man davon ausgeht, dass beide Seiten (das Journal und der unter Verdacht geratene Wissenschaftler) professionell handeln [8]. Aber gerade dies ist ja bei den *Paper Mills* überhaupt nicht der Fall. Nie gab es in der *Paper Mill Crisis* bei *NSAP* eine professionelle E-Mail-Signatur der Autoren, geschweige denn eine verwertbare Webseite.

Auffällig war außerdem, dass die *Paper-Mill*-Akteure bei der Aufklärung von

Fälschungsvorwürfen oft in einem extrem schlechten Englisch kommunizierten und die Kommunikation sehr schleppend lief. Es stellte sich die Frage: Können oder wollen die „Autoren“ nicht verstehen, worum es geht? Die Kommunikationsprobleme im Rahmen der Aufarbeitung von Betrugsfällen stehen in deutlichem Kontrast zur ordentlichen Kommunikationsqualität im eigentlichen *Peer-Review*-Prozess. Auch dies spricht dafür, dass die *Paper Mills* geltende Regeln bewusst verletzen, um eine rasche Aufklärung zu verhindern. In den meisten Fällen dauerte es durch die von den „Autoren“ bewusst verschleppte Kommunika-

»Die Möglichkeit künstliche Intelligenz für ihre Zwecke zu missbrauchen, wird eher dazu führen, dass Paper Mills immer raffinierter werden.«

tion Monate, ehe ein Betrugsfall abschließend aufgearbeitet werden konnte. Dies war sehr ärgerlich, weil die Arbeiten solange weiter als „sauber“ in der Literatur standen. Wir haben dem bei *NSAP* allerdings sofort entgegen gewirkt, indem wir vor der Retraktion eines Artikels so bald wie möglich „*Notes of Concern*“ publizierten, in denen wir unsere vorläufigen Zweifel an der Integrität der Daten äußerten.

Was muss sich ändern? Auch immer besser werdende Textplagiat- und Bildfälschungsdektektions-Software sowie der Zwang zur Einreichung von Originaldaten werden *Paper Mills* nicht verhindern können. Im Gegenteil. Die Möglichkeit, künstliche Intelligenz (KI) für ihre Zwecke zu missbrauchen, wird eher dazu führen, dass die Produkte der *Paper Mills* immer raffinierter werden. Solange *Incentive*-Systeme existieren, die einen „Erfolg“ in der Wissenschaft, etwa die Publikation in einem bestimmten Journal, finanziell und karrieretechnisch belohnen, wird es immer Menschen geben, die versuchen, dieses System zu ihrem persönlichen Vorteil auszunutzen. Wenn sich nichts Grundsätzliches ändert, wird es weiterhin ein Katz-und-Maus-Spiel mit den *Paper Mills* geben. Es mehrten sich leider die Hinweise, dass *Regular Paper Mills* durch die jetzt stattfindende Demaskierung zu *Advanced Paper Mills* mutieren, die auch „Originaldaten“ anbieten.

Letztlich kann man zukünftige Forschungsfälschungen (mit all ihren negativen Konsequenzen für die gesamte *Scientific Community*, das Vertrauen in die Wissenschaft allgemein und den gesellschaftlichen Fortschritt) nur verhindern, wenn man sämtliche manipulierbaren *Incentives* aus dem Wis-

senschaftssystem konsequent herausnimmt. Das mag für viele Forscher, Dekane, Universitätspräsidenten, Politiker, Geldgeber, *Ranking*-Agenturen, Verlage und Journal-Editoren eine erschreckende Vorstellung sein, weil dann die ganze schöne Zahlen-Objektivität der Wissenschaftsvermessung verlorengeht. Aber eines ist auch klar: Solange es *Incentive*-Systeme gibt, wird gefälscht werden, so oder so. Und der dadurch entstehende Kollateralschaden ist immens. Ich wünsche es keinem Kollegen, ein wissenschaftliches Journal von Fälschungen zu dekontaminieren. Der Zeitaufwand ist sehr groß, und es macht wirklich keinen Spaß. Die Zeit hätte ich viel lieber in innovative akademische Projekte gesteckt.

Zwar wird man Wissenschaftssysteme nicht von einem Tag auf den anderen ändern können, weil es sich um kulturell geprägte Entitäten mit großem Beharrungsvermögen handelt, aber man kann an der Basis beginnen: Der Autor dieses Beitrages behandelt jetzt explizit in einem Wissenschaftsethik-Modul für Doktoranden im Studiengang biomedizinische Datenwissenschaften (biomedas) an der MHH die Problematik der *Paper Mills* und sensibilisiert die nächste Generation von Wissenschaftlern für die Gefahr manipulierbarer *Incentive*-Systeme. Ethik-Lehrveranstaltungen, die sich mit Forschungsfälschung beschäftigen, gibt es inzwischen an etlichen Universitäten. Das ist schon ein großer Fortschritt, wenn man bedenkt, dass die jetzige Generation „etablierter“ Wissenschaftler im Alter von 50-Plus, einschließlich meiner Person, niemals eine Ausbildung in diesem Bereich erhalten hatte.

Ganz entscheidend wird es auch sein, dass alle seriösen wissenschaftlichen Zeitschriften bei der Aufklärung gefälschter Arbeiten mitmachen. Einige Journale gehen ebenso rigoros vor wie *NSAP*, andere jedoch nur sehr zö-

»Paper Mills entfalten ein immenses zerstörerisches Potenzial für die Integrität wissenschaftlicher Zeitschriften.«

gerlich. Durch meine eigene Tätigkeit als Gutachter für die verschiedensten internationalen Zeitschriften habe ich den Eindruck gewonnen, dass keine Zeitschrift davor gefeit ist, ein *Target* von *Paper Mills* zu werden. Manche *Advanced Paper Mills* sind nur geschickter (teurer) als andere.

Paper Mills entfalten ein immenses zerstörerisches Potenzial für die Integrität wissenschaftlicher Zeitschriften und die Glaubwürdigkeit der Wissenschaft insgesamt. Die Zahlen aus *NSAP* zeigen leider, dass sie ein ech-

tes Massenphänomen sind und keine *Petitesse*. Während man früher in aller Regel davon ausgehen konnte, dass die Daten in einer Arbeit korrekt sind, beschleichen viele Wissenschaftler jetzt Zweifel (offen oder hinter der Nasen-Mund-Maske geäußert), insbesondere bei Arbeiten aus der VR China. Die *Scientific Community* wartet daher dringend auf klare Signale aus der VR China, die *Paper Mills* konsequent zu bekämpfen. Ein erster Schritt zurück zur Glaubwürdigkeit wäre die Aufhebung der obligatorischen Verbindung von Publikationen in bestimmten Journalen mit Karrierevorteilen. Eigentlich ist dies kein schwerer Schritt und bestens mit den Prinzipien des Kommunismus vereinbar.

Last but not least: Zwar war *NSAP* bisher ausschließlich von chinesischen *Paper Mills* betroffen, aber ich gehe davon aus, dass es nur eine Frage der Zeit ist, bis *Paper Mills* aus anderen Ländern *NSAP* ins Visier nehmen werden. Wie in der SARS-CoV-2-Pandemie wird es auch bei den *Paper Mills* „Varianten“ geben.

Referenzen

- [1] Seifert R (2021) *How Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology deals with fraudulent papers from paper mills*. *Naunyn-Schmiedeberg's Arch Pharmacol* 394:431-436
- [2] Teixeira da Silva JA (2021) *Paper mills and on-demand publishing: Risks to the integrity of journal indexing and metrics*. *Med J Armed Forces India* 77:119-120
- [3] Else H, Van Noorden R (2021) *The battle against paper mills*. *Nature* 591:516-519
- [4] Heck S, Bianchini F, Souren NY, Wilhelm C, Ohi Y, Plass C (2021) *Fake data, paper mills and their authors: The International Journal of Cancer reacts to this threat to scientific integrity*. *Int J Cancer*. Doi 10.1002/ijc.33604
- [5] Hou J, Li H, Zhang Y (2020) *Identifying the princes base on Altmetrics: An awakening mechanism of sleeping beauties from the perspective of social media*. *PLoS One* 15:e0241772
- [6] Merfort I, Michel MC, Seifert R (2017) *Revised editorial guidelines for manuscripts on the pharmacology of plant extracts*. *Naunyn-Schmiedeberg's Arch Pharmacol* 390:765-766
- [7] <https://forbetterscience.com/2020/02/27/dark-satanic-paper-mills/> (abgerufen am 10. 5. 2021)



Die vier Prinzipien wissenschaftlicher Kreativität

VON ITAI YANAI, NEW YORK, UND MARTIN LERCHER, DÜSSELDORF

Im Schatten der allseits bekannten „Tageswissenschaft“ existiert eine komplementäre „Nachtwissenschaft“ – die Sphäre wissenschaftlicher Kreativität, in der neue Ideen und Hypothesen geboren werden.

Würde man Sie mitten in der Nacht aufwecken und auffordern zu erklären, wie Wissenschaft funktioniert, dann könnten Sie die Antwort vermutlich mühelos herunterleiern: Wir haben eine Hypothese, damit machen wir Vorhersagen – und die testen wir; wenn die Ergebnisse den Vorhersagen dann widersprechen, verwerfen wir die Hypothese oder passen sie an. So haben wir das in Schule und Studium gelernt. Und das ist natürlich auch nicht falsch – nur erschreckend unvollständig. Denn letztlich ist die offizielle „wissenschaftliche Methode“ nur die halbe Wahrheit, nur die eine Seite des Yin und Yang, die gemeinsam in jedem Labor den Prozess der Wissenschaft ausmachen.

Über die verborgene Seite, das Yin, wird von Forschenden kaum je geredet – außer vielleicht einmal auf einer halben Seite der Me-

moiren. Und dennoch ist sie ebenso wichtig wie die Falsifizierung von Hypothesen durch Experimente. Was in der Selbstdarstellung der Wissenschaft dagegen fehlt, ist so offensichtlich, dass man tatsächlich nur schwer darauf kommt: Denn woher stammen letztlich die Hypothesen, die die wissenschaftlichen Heerscharen täglich testen?

Eine beliebte Vorstellung ist, dass wissenschaftliche Hypothesen als unerklärlicher Geistesblitz schlicht vom Himmel fallen, ein Geschenk der Musen sozusagen – und in der Tat fällt in den Zuständigkeitsbereich der Muse Kalliope neben epischer Dichtung auch die Wissenschaft. Höhere Mächte für Unerklärbares verantwortlich zu machen, ist jedoch aus der Mode gekommen – und so bleibt die Frage nach der Herkunft neuer Ideen eine der fas-

zinierendsten und am wenigsten erforschten Fragen zur Wissenschaft.

François Jacob, der 1965 für die Entschlüsselung der Genregulation in Bakterien den Medizin-Nobelpreis erhielt, beschrieb dieses Spannungsfeld in seiner Autobiographie folgendermaßen: Es gibt die „Tageswissenschaft“ (das Yang), wo Forschende das tun, was die offizielle wissenschaftliche Methode von ihnen erwartet – sie machen gezielte Experimente, um Hypothesen zu überprüfen, sie schreiben Artikel und halten Vorträge. In ihrem Schatten existiert jedoch die komplementäre „Nachtwissenschaft“ (das Yin), die Sphäre wissenschaftlicher Kreativität, in der neue Ideen und Hypothesen geboren werden.

In der Tageswissenschaft folgen wir einem geradlinigen Weg, hier regieren Logik und Sys-

tem. Nicht so in der Nachtwissenschaft. Nach François Jacob: „Die Nachtwissenschaft ist ein blindes Irren. Sie zögert, stolpert, stößt an, kommt ins Schwitzen, schreckt auf. An allem zweifelnd, sucht sie sich, befragt sich, setzt unaufhörlich neu an. Sie ist eine Art Werkstätte des Möglichen, in welcher der künftige Baustoff der Wissenschaft ausgearbeitet wird. In der die Hypothesen bloße Ahnungen, dunkle Vorgefühle bleiben.“ [1]

»Wirklich neue Fragen sind „unknown Unknowns“ – Dinge, von denen wir nicht einmal wissen, dass wir sie nicht wissen.«

Was wissen wir – was können wir überhaupt wissen – über diese verborgene, kreative Seite der Wissenschaft? Gibt es, ähnlich wie für die Tageswissenschaft, auch einen klar definierten Prozess für die wissenschaftliche Kreativität? Zumindest lassen sich vier Prinzipien wissenschaftlicher Kreativität herausarbeiten, über die ein Nachdenken lohnt: Der Antrieb von Forschung durch oftmals vage Fragen; die Bedeutung von Gesprächen für die Gedankenentwicklung; die unterschiedlichen Sprachen von Tages- und Nachtwissenschaft; und letztlich die Wichtigkeit eines Blickes über den Tellerrand, möge er auch dilettantisch sein.

1. Fragen statt Hypothesen

Das vielleicht größte Missverständnis über Wissenschaft ist, dass Forschende die Antworten auf Fragen suchen. In Wirklichkeit sind sie weit mehr damit beschäftigt, die richtigen Fragen zu finden. Schuld an diesem Missverständnis sind die Forschenden selbst, denn fast jeder wissenschaftliche Artikel formuliert bereits in der Einleitung eine fertige Frage oder Hypothese (die dann im Ergebnisteil überprüft wird). Die Fragen als gegeben darzustellen, ist zwar zutiefst irreführend – aber wissenschaftliche Artikel sind ja auch keine Chroniken. Kaum jemand schreibt, was man eigentlich ursprünglich überprüfen wollte, bevor man unerwartet auf das im Artikel beschriebene Phänomen stieß, und welche Experimente man versuchte, die sich am Ende als nutzlos erwiesen. Wir schreiben Artikel so, wie Menschen seit Jahrtausenden kommunizieren: Wir erzählen Geschichten. Der wahre Ursprung der Frage, die durch die Geschichte beantwortet wird, bleibt jedoch im Dunkeln vor der Geschichte.

Wirklich neue Fragen sind „unknown Unknowns“ – Dinge, von denen wir nicht ein-

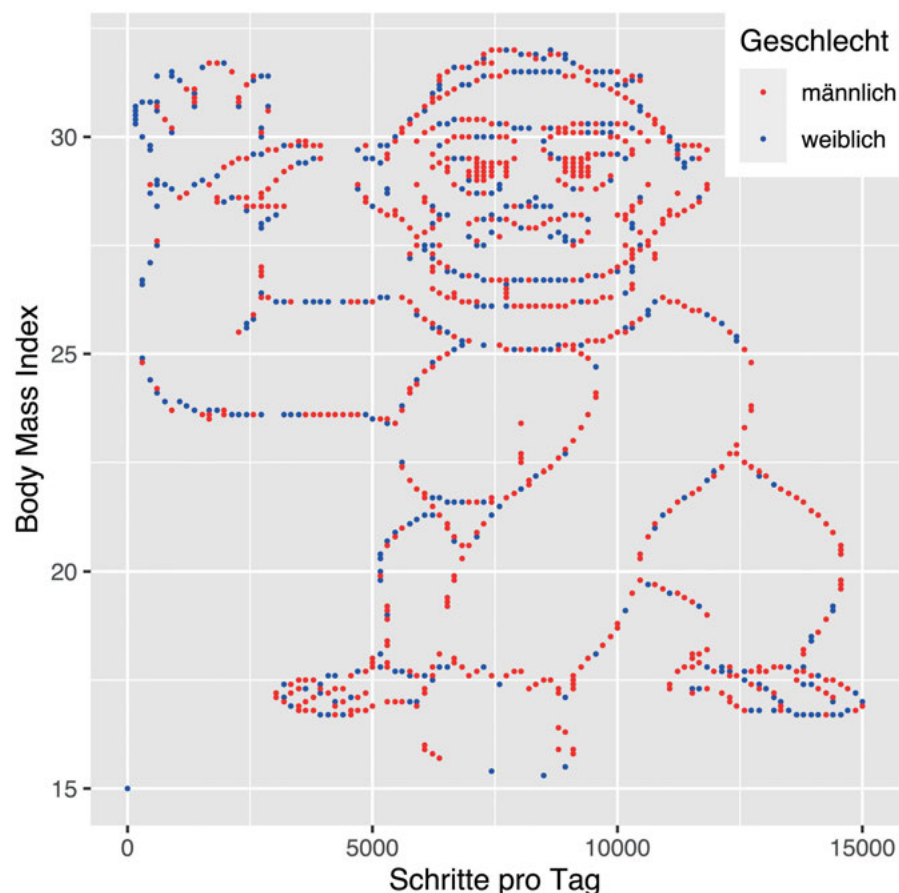
mal wissen, dass wir sie nicht wissen. Entsprechend ist es kaum möglich, systematisch nach ihnen zu suchen. Ein weiterer Grund, warum die Suche nach Fragen kaum je im Vordergrund steht, ist, dass eine neue Frage oftmals so mächtig ist, dass sie unsere Realität transformiert. Sie radiert ihre eigene Herkunft aus – denn ist die Frage einmal präsent, können wir uns kaum noch vorstellen, wie es ohne sie war. Die Frage erscheint uns auf einmal selbstverständlich.

Fragen entwickeln sich im Zwiegespräch mit Daten. Meist erzeugen wir unsere Daten jedoch im Hinblick auf eine bestehende Hypothese. Allerdings geben die Daten uns gleichzeitig auch Hinweise auf neue Entdeckungen, neue Fragen, neue Hypothesen – sofern wir denn offen für sie sind. Denn Hypothesen entfesseln zwar zum einen die Macht der Tageswissenschaft, sie führen zu Vorhersagen, die im Labor überprüft werden können – aber sie können andererseits zugleich auch unsere Kreativität hemmen. Wenn Forschende mental auf eine Hypothese fixiert sind, sind sie weniger empfänglich für die Entdeckung von Neuem – die Hypothese wird zur Belastung.

Um diesen Entdeckungshemmenden Effekt von Hypothesen aufzuzeigen, führten wir

selbst einmal ein kleines Experiment durch [2]. Studierende der Informatik bekamen als Hausaufgabe einen Datensatz, den sie analysieren sollten. Angeblich enthielt dieser für eine große Menge Personen Informationen zum Body-Mass-Index sowie zu der Zahl der Schritte, die dieselben Personen jeweils an einem bestimmten Tag gegangen waren. Ein Teil der Studierenden wurde lediglich gefragt, welche Schlussfolgerung sie aus den Daten ziehen könnten. Die übrigen Studierenden bekamen dieselbe Frage, dazu präsentierten wir ihnen allerdings auch drei konkrete Hypothesen. Als wichtigen Analyseschritt hätten beide Gruppen die Daten graphisch darstellen können. Das Ergebnis davon sieht man in der Abbildung: Die mutmaßlichen Daten zeigten einen winkenden Gorilla (siehe Abbildung unten). Studierende in der Hypothesen-freien Gruppe fanden diesen Gorilla mehr als doppelt so häufig wie Studierende, die durch die Beantwortung spezifischer Hypothesen anderweitig beschäftigt waren.

Nachtwissenschaft ist eine Geisteshaltung. Wir beleuchten Daten aus so vielen Winkeln wie möglich, wir spielen mit ihnen, werden zu Forschungsreisenden in unkartiertem Gelände. In der Regel ist das keine leichte Auf-



Ohne ablenkende Hypothesen kamen mehr als doppelt so viele Studierende darauf, dass die graphische Darstellung der Daten das Bild eines winkenden Gorillas lieferte. Graphik: M. Lercher

gabe: An jedem Aussichtspunkt müssen wir das, was vor uns liegt, mit Bekanntem kontrastieren, um das Neue vom Erwarteten zu unterscheiden. Dafür brauchen wir nicht nur einen offenen Geist, wir brauchen auch ein solides Wissen über den Stand unseres Forschungsgebiets.

Und am besten reisen wir nicht allein ...

2. Denken reicht nicht – man muss auch darüber reden

Denn eines der mächtigsten Werkzeuge der Nachtwissenschaft ist das Reden. Jemandem von unseren Ideen und Daten zu erzählen, zwingt uns, unsere teils inkohärenten und unscharf formulierten Gedanken in eine lineare, logische Abfolge zu bringen. Allein dieser Prozess hilft uns dabei, unsere Gedanken zu sortieren. Kreativität ist vor allem dann gefragt, wenn wir in unserer Forschung auf Widersprüche stoßen – wenn die Daten dem Erwarteten widersprechen. Jemandem zu erklären, worin genau der Widerspruch besteht, hilft uns, Lücken in unserem Verständnis aufzudecken.

Gesprächspartner in diesem Sinne helfen uns als Resonanzboden, als „Sounding Board“ – und nicht selten ist das Reden und Erklären an sich wichtiger als die Reaktionen des Gegenübers. Der US-Evolutionsforscher Harmit Malik etwa erzählt im *Night Science Podcast*, wie er dabei die Tafel in seinem Büro verwendet. Während solcher Gespräche skizziert er darauf immer wieder neu das wissenschaftliche Problem, das er lösen will. Und mit sei-

nem zunehmenden Verständnis evolviert die Skizze: „Oft stellt sich heraus, dass der Durchbruch dort liegt, wo ich Dinge für selbstverständlich hielt – an den Stellen der Skizze, die sich über Wochen und Monate am wenigsten verändert haben.“

Häufig sind Gespräche aber noch viel mehr als eine Gelegenheit, unsere eigenen Gedanken zu schärfen. Unser Gegenüber stellt vielleicht seinerseits unsere Annahmen in Frage, deckt Logikfehler auf oder hat Vorschläge für neue Denkrichtungen. Wenn wir Glück haben, finden wir sogar eine Person, die mit uns geistig-kreatives Pingpong spielt.

Auch wenn wissenschaftliche Diskussionen – etwa in Seminaren – oft in Gruppen stattfinden, entwickeln sich die kreativsten Gespräche typischerweise zwischen lediglich zwei Gesprächspartnern. Der Grund dafür mag in der Dynamik menschlicher Kommunikation liegen. Um kreativ zu sein, benö-

»Haben wir Glück, finden wir sogar eine Person, die mit uns geistig-kreatives Pingpong spielt.«

tigen wir großes Vertrauen, welches in einer Gruppe schwerer herzustellen ist. Außerdem verführt die Dynamik einer Gruppe ihre Mitglieder leicht dazu, den Redebeiträgen dominanter Gruppenmitglieder zu folgen, was die Gedankenentwicklung stark einengt. Und schließlich ist es bei nur zwei Diskussionspartnern viel wahrscheinlicher, dass beide sich voll in der Diskussion engagieren – niemand fühlt sich außen vor gelassen.

Ein kreativitätsförderndes Gespräch, bei dem es um mehr geht als um Resonanz und um den Zwang zur Strukturierung unserer eigenen Gedanken, ist eine Kunstform. Zentraler Faktor ist dabei ein offener Geist, denn im Augenblick ihrer Geburt ist eine Idee ein zerbrechliches Wesen, ein einziger kritischer Kommentar kann sie verstummen lassen. Auf der anderen Seite scheinen die meisten wirklich neuen Ideen auf den ersten Blick abwegig – weswegen eine positive und ermutigende Haltung des Gegenübers umso wichtiger ist.

Ein zentrales Grundthema des kreativen Gesprächs ist die Improvisation. Um produktiv zu sein, folgen wir daher den gleichen Regeln wie Jazzmusiker oder Darstellende eines Improvisationstheaters: Man unterstützt sich, statt einander auszubremsen. Eine gute Übung ist es, jede Entgegnung mit „Ja, und ...“ zu beginnen – statt mit dem gerade in der Wissenschaft so verbreiteten „Hmm, aber ...“ (um gar nicht vom „Nein, Unsinn ...“ zu reden). Wenn unsere Kreativität nicht weiterkommt, hilft

oft noch ein anderer Trick: Wir fordern unser Gegenüber ausdrücklich auf, ihre oder seine schlechteste Idee zum Thema zu formulieren. Es ist erstaunlich, wie befreiend das wirkt: Oft unterdrückt unsere unbewusste Selbstzensur die kreativsten und deshalb scheinbar absonderlichsten Ideen.

Befreiend kann aber auch eine bestimmte Sprechweise sein, die der Nachtwissenschaft vorbehalten ist ...

3. Die zwei Sprachen der Wissenschaft

Tatsächlich verfügt die Wissenschaft über eine zweite Sprache, die nicht unterrichtet und oft sogar unterdrückt wird. Die Sprache der Tageswissenschaft, in der wir Hypothesen testen und wissenschaftliche Artikel schreiben, ist präzise und schnörkellos – eine Sprechweise, die sich bereits Studierende aneignen müssen. Aber in der Nachtwissenschaft, wenn wir kreativ Probleme lösen und verborgenen Erkenntnissen auf der Spur sind, wird das Bestehen auf Präzision zu einem Hindernis. Die Sprache der Nachtwissenschaft ist vielmehr ein Raum für Metaphern und Analogien.

Eine zentrale Rolle spielen dabei Anthropomorphismen – das Reden über unsere Studienobjekte, als wären sie aktiv handelnde Persönlichkeiten mit Intentionen und Zielen. Ein Teil unseres Gehirns wurde in der menschlichen Evolution dafür optimiert, schnell und intuitiv die Handlungen anderer Menschen zu analysieren – etwa um in Sekundenbruchteilen abzuschätzen, ob unser Gegenüber finstere Absichten haben könnte. Indem wir das Objekt unserer Wissenschaft in derselben Sprache beschreiben, können wir auf diese mächtigen, intuitiven Denkpotentiale zugreifen.

Eine Frage, die sich einer von uns beiden etwa immer wieder nach diesem Schema stellt, wenn er über verwirrende biologische Phänomene nachdenkt, lautet: „Warum würde die Zelle etwas so Dämliches machen?“ Und das womöglich berüchtigtste Beispiel für solch einen Anthropomorphismus ist das „egoistische Gen“ aus Richard Dawkins' gleichnamigem Buch. Glaubt irgendwer ernsthaft, dass Gene egoistisch sein können? Kaum. Aber die anthropomorphische Sprechweise erzeugt ein mächtiges Bild, das uns hilft, die zentrale Rolle der Gene in der Evolution zu visualisieren.

Wichtig ist immer, dass wir in der Lage sind, unsere Gedanken in die Sprache der Tageswissenschaft zu übersetzen. Beim egoistischen Gen ist das deswegen schwierig, weil dieser Begriff ein ganzes Denkgebäude zusammenfasst. Jedes Gen kommt in verschiedenen Individuen in unterschiedlichen Varianten vor. Eine Variante verbreitet sich nicht unbedingt deswegen in einer Population, weil sie den In-

Zu den Autoren

Itai Yanai ist ein US-amerikanisch-israelischer Biochemiker und Gründungsdirektor des Institute for Computational Medicine an der Grossman School of Medicine der New York University, wo er überdies eine Professur im Department of Biochemistry and Molecular Pharmacology innehat.

Martin Lercher promovierte an der University of Cambridge in theoretischer Physik und ist heute Professor für Bioinformatik an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Beide zusammen veröffentlichten 2016 das Buch „Das geheime Leben im Menschen. Ein faszinierender Blick auf die Gesellschaft unserer Gene“ (Quadriga Verlag, Köln).



dividuen nützt, die sie tragen – sondern genau dann, wenn sie sich selbst schneller verbreitet als die Alternativen. Ein Gen ist zum Beispiel auch dann erfolgreich, wenn es bei der Produktion von Samenzellen dafür sorgt, dass alle Samen absterben, die eine alternative Genvariante enthalten. Ein solches Verhalten würde man bei Menschen in der Tat egoistisch nennen. Und so hilft uns dieser Begriff dabei, schneller und gründlicher über die Konsequenzen des Gen-Egoismus nachzudenken.

Eine weitere Befreiung von den Hemmungen, die die klare Struktur der Tageswissenschaft unserer Kreativität auferlegt, kann gelingen durch das Motto: ...

4. Keine Angst vorm dilettantischen Blick über den Tellerrand

Unsere wissenschaftliche Kreativität würde sicherlich gefördert, wenn wir uns stärker vergegenwärtigten, dass die Trennlinien zwischen Spezialgebieten keine natürlichen Grenzen sind. Disziplinen, Arbeitsfelder, Fachbereiche sind historisch gewachsene, willkürliche Cluster von Wissen und Methoden. Eine strikte Verhaftung in einem dieser Cluster beschränkt unsere Kreativität, genau wie dies für die Fixierung einer Musikerin auf ein bestimmtes Genre gilt. Gäbe es gar keine Schubladen, dann fiel es uns leicht, außerhalb von Schubladen zu denken.

In der modernen Naturwissenschaft wird Interdisziplinarität oft so interpretiert, dass Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen Seite an Seite arbeiten. Aber wirkliche, kreative Interdisziplinarität ist mehr: Wir müssen über Fächergrenzen hinweg denken und diskutieren. Dazu dürfen und müssen wir nicht nur kompetent in unserer Kerndisziplin sein, sondern es hilft enorm, wenn wir uns gleichzeitig als Dilettanten im besten Sinne in anderen Gebieten engagieren.

Auch in einer interdisziplinären Kooperation muss irgendwann irgendwer eine Idee haben – und das wird häufig diejenige Person sein, die den besten Zugang zu verschiedenen Feldern hat. Diese simple Tatsache mag erklä-

ren, warum so viele wichtige Forschungspersönlichkeiten der Biologie ursprünglich in einem anderen Arbeitsgebiet ausgebildet wurden: Beispiele sind Max Delbrück, Mary-Claire King, Francis Crick. Aber auch interdisziplinär gemischte Arbeitsumgebungen helfen: Je unterschiedlicher die Forschenden sind, die in der Teeküche zusammenkommen, umso fruchtbarer die Diskussionen – das moderne Äquivalent des Kaffeehauses, in dem sich in vergangenen Jahrhunderten die Intellektuellen trafen.

Interdisziplinäre Kreativität kann in beide Richtungen laufen: Wir können Erkenntnisse, Modelle und Methoden importieren, indem wir Ideen aus anderen Disziplinen bei unserer Problemlösung verwenden; oder wir können Ideen, die in unserem eigenen Gebiet bereits etabliert sind, exportieren, indem wir sie auf offene Fragen in anderen Disziplinen anwen-

»Der häufig zu hörende Ruf nach Interdisziplinarität ist damit oft nur ein Lippenbekenntnis.«

den. Klassische Beispiele für den Import von Ideen sind die von der Elektrotechnik inspirierte Identifikation von einfachen Mustern in Netzwerken der Genregulation oder die Anwendung der in den Wirtschaftswissenschaften entwickelten Spieltheorie auf Interaktionen zwischen Hefezellen. Exportbeispiele finden sich zudem etwa in der Verwendung vorzeitlicher DNA zur Erforschung der Menschheitsgeschichte – oder in der Anwendung von Darwins Evolutionstheorie, um die erfolgreiche Verbreitung von Ideen zu erklären (wofür Richard Dawkins den Begriff „Meme“ erfunden hat).

Natürlich gibt es ein Spannungsverhältnis zwischen dem Drang zur Interdisziplinarität und dem Verhaftetsein in der eigenen Disziplin. Für die meisten von uns ist der Erwerb von Wissen nicht unbegrenzt; je mehr wir über eine Nachbardisziplin wissen, umso weniger stecken wir in allen Details unseres „eigentli-

chen“ Arbeitsgebietes. Damit kann Interdisziplinarität bedauerlicherweise auch zu einem Karriererisiko werden: Wer zwischen den Disziplinen lebt, läuft Gefahr, von den Fachleuten jeder einzelnen Disziplin als Dilettant abgestempelt zu werden. Der häufig zu hörende Ruf nach Interdisziplinarität ist damit oft nur ein Lippenbekenntnis.

Holt Euch die Nacht zurück!

Kreativität benötigen wir nicht nur, um Entdeckungen zu machen und neue Hypothesen zu entwickeln. Regelmäßig stoßen wir in unserer Arbeit auf Hindernisse, Widersprüche und Fehlschläge, bei deren Bewältigung Kreativität vonnöten ist. Die Nacht ist überall eng mit dem Tag verwoben.

Die hier umrissenen vier Prinzipien der wissenschaftlichen Kreativität sind keine abschließende Umschreibung dessen, was die Nachtwissenschaft ausmacht. Womöglich ist eine solch abschließende Umschreibung sogar unmöglich – die kreative Seite der Wissenschaft ist schließlich weit individueller als ihre Kehrseite, die Tageswissenschaft. Allerdings können wir unsere Kreativität und vermutlich auch unsere Freude an der wissenschaftlichen Arbeit steigern, indem wir bewusst zwischen Tagesmodus und Nachtmodus hin und her wechseln, indem wir dazu die vier genannten Prinzipien anwenden – und indem wir überdies unsere eigenen Prinzipien entdecken und weiterentwickeln.

Referenzen

[1] François Jacob: *„Die innere Statue – Autobiographie des Genbiologen und Nobelpreisträgers“*, Ammann (1988)

[2] Itai Yanai & Martin Lercher: *A hypothesis is a liability. Genome Biology 21: 231 (2020)*

Die Unfähigkeit, sich zu freuen

VON ERNST PETER FISCHER, KONSTANZ

Nicht nur anlässlich der raschen Verfügbarkeit von Corona-Impfstoffen zeigt sich: Wir freuen uns nicht über neues Wissen, sondern fürchten lieber dessen Risiken.



„Die Unfähigkeit zu trauern“ – so lautet der Titel eines 1967 erschienenen Bestsellers, der viele Neuauflagen erlebt hat und immer noch im Druck ist. Das Psychoanalytiker-Paar Alexander und Margarete Mitscherlich wollte in diesem Buch die „Grundlagen kollektiven Verhaltens“ erkunden. Speziell ging es ihnen um die Bewältigung der nationalsozialistischen Vergangenheit, allgemein um den Umgang von Einzelnen oder einer Gemeinschaft mit der Schuld oder Mitschuld an Verbrechen gegen die Menschlichkeit. Die Mitscherlichs sahen in der bundesrepublikanischen Gesellschaft der 1960er-Jahre mehr Verdrängungs- und Verleugungsstrategien am Werk und nur wenig Bereitschaft, Trauer zu empfinden – inklusive der Fähigkeit, Schmerz über die beispiellosen Verbrechen der Hitlerjahre zu verspüren, die um 1965 zum Beispiel im Frankfurter Auschwitz-Prozess vor Gericht verhandelt wurden.

Der 1908 geborene Alexander Mitscherlich hatte 1947 an den Nürnberger Ärzteprozessen teilgenommen und darüber in einem Buch mit dem Titel „Medizin ohne Menschlichkeit“ berichtet, ohne auf irgendeine Resonanz zu treffen – was ihn bitter enttäuschte. Diese Erfahrung verarbeitete er mit seiner Frau in Essays über „Die Unfähigkeit zu trauern“, wobei der damals zwanzigjährige Autor dieses Beitrags das Buch der Mitscherlichs zwar in der Hand gehalten, aber weder gekauft noch gelesen hat. Ihn faszinierte der Titel, dessen Formulierung ihn unmittelbar an etwas anderes denken ließ: nämlich an die Unfähigkeit seiner Mitmenschen sich zu freuen – zum Beispiel über das Wissen, das ihnen zur Verfügung stand. Und dieses Unvermögen macht ihn bis heute traurig, anders als die Freudlosen selbst.

Ich hatte 1967 mit dem Studium der Physik begonnen und dabei unmittelbar spüren können, was ich bereits 1962 noch als Schü-

ler mit angehaltenem Atem bei Albert Einstein gelesen hatte, als der große Mann in seinem Buch „Mein Weltbild. Wie ich die Welt sehe“ erklärte: „Das Schönste, das Menschen erleben können, ist das Geheimnisvolle“. Und Schönes mache Freude – eigentlich klar!

Tatsächlich: In mir machte sich unter anderem beim Studium von Einsteins geheimnisvollen Theorien über einen mysteriösen Kosmos ein unheimliches Grundgefühl der Freude breit, das sich im Laufe des Studiums – trotz aller Prüfungstermine – immer weiter steigerte. Ich ersetzte für mich das philosophische Diktum „Ich weiß, dass ich nichts weiß“ durch das wissenschaftliche Bekenntnis „Ich weiß, dass die Welt geheimnisvoll und damit schön ist“. Was sich auch mit anderen Worten sagen lässt, nämlich: „Ich weiß, dass ich wissen will und Wissen lebenslang Freude macht“. Was denn sonst?

Allerdings vermisste ich diese Haltung in meiner Umgebung, in der man sogar anfing, die sokratische Skepsis um ihr Gegenteil zu erweitern, als die Frage gestellt wurde, ob die Menschen nicht inzwischen zu viel wüssten – etwa über Atome und Gene. Als ob diese Grundelemente sowohl des Denkens wie auch der materiellen beziehungsweise der lebenden Welt jemals ihre Geheimnisse preisgeben würden. Mit jedem Fortschritt der Wissenschaft nahm doch das Mysteriöse der Dinge zu. Es wurde immer besser möglich, das von Einstein beschworene Grundgefühl zu spüren, das mit dem Erleben des Schönen in Natur und Wissenschaft einhergeht.

Wer sich etwa in die Physik vertieft, kann zwar lernen: „Wissen ist Macht“ – doch er kann ebenfalls entzückt ausrufen: „Wissen macht Freude.“ Und das treibt die Menschen an.

Und plötzlich kam mir der Mitscherlich-Titel nicht mehr stimmig vor. Was die Deutschen auszeichnete, war nicht ihre „Unfähigkeit zu

»Die Menschen wandelten ihre alte Angst vor den Naturerscheinungen in eine neue Angst vor den Naturwissenschaften um.«

trauern“, sondern ihre „Unfähigkeit sich zu freuen“. Und daran halten sie bis in die Gegenwart verbissen fest, wenn sie sich etwa nicht über die rasche Verfügbarkeit von Impfstoffen freuen, sondern lieber deren Risiken fürchten. Leider hat bislang niemand ein Buch mit diesem Titel geschrieben, das weder von Jecken handelt noch am Ballermann spielt und auch kein Prosit der Gemütlichkeit verkündet. Freude durch Wissen zu verbreiten, wäre wichtig. Keine Angst vor dem Wissen erzeugen, wie es Ethikräte unternehmen, ohne selbst zu wissen, welches es zu erwerben gilt.

Natürlich galt es, die gesellschaftspolitische Mahnung der Mitscherlichs zu beherzigen und sich mit dem Holocaust zu beschäftigen, weshalb ich auch 1965 zum Auschwitz-Prozess gefahren war, um darüber unter der Überschrift „Hitler ist kein Alibi“ für eine Schulzeitung zu berichten. Aber ich wollte nicht nur trauern über die Politikgeschichte, sondern mich auch – und letztlich vor allem – freuen über die Wissenschaftsgeschichte und meine aus ihrer Kenntnis erwachsende Möglichkeit, von den Geheimnissen der Physik zu erfahren. Ich wollte über die in ihren Büchern versammelten Einsichten staunen, die sie auf der einen Seite immer weiter vertieften, während sie zugleich auf der anderen Seite den Ingenieuren weitere Möglichkeiten lieferten, durch technische Umsetzungen die Existenzbedingungen auf der Erde zu erleichtern wie auch der Medizin bessere Werkzeuge in die Hände zu geben, um mit ihrer Hilfe den Krankheiten der Patienten Paroli zu bieten.

Im Laufe des Studiums habe ich mich deshalb immer mehr über das eigene Leben und das der anderen freuen können, da die Wissenschaft über technische Entwicklungen oder chemische Anwendungen den Einzelnen vieles ermöglichte. Damals kam die Antibiotikapille auf, man konnte günstig in die Ferien fliegen, am Himmel ließen sich nachts Satelliten verfolgen, im Fernsehen konnte man mit Direktübertragungen bei der Mondlandung dabei sein, es gab bald erste Taschenrechner und immer bessere und billigere Transistorradios zu kaufen, die Transplantation eines Herzens gelang, die Bahn bot einen Trans-Europa-Express an und so weiter und so fort. In meinen Studententagen entwarfen kühne Futurologen „Die Zukunft des Menschen“ und „Wege in das Jahr 2000“, an deren Ende den Lebenden so etwas wie paradiesische Zustände versprochen wurden, und wenn das damals auch niemand wörtlich gemeint hat, so schien man doch allen Grund zu haben, optimistisch zu sein und sich auf die allein auf Fortschritte bedachte Entwicklung von Wissenschaft und Technik zu freuen. In der Biologie trumpfte die Molekulargenetik auf, die Informatik wurde begründet, die bald Mikroprozessoren lieferte, Laserlicht kam im Operationssaal und im CD-Player zum Einsatz, der Laptop wurde konzipiert und PCs tauchten in den Läden auf.

Man soll sich ruhig daran erinnern, was noch alles auf den Weg gebracht worden ist: Das Zeitalter der Kunststoffe begann, die heute auf immer umweltverträglichere Weise produziert werden, Viren wurden als Erreger von Tumoren erkannt und für den Prostatakrebs wurde eine Hormonbehandlung entwickelt, die Holographie kam auf, Supraleiter wurden verstanden und nutzbar gemacht, die Radioastronomie kam in Gang, mit der das Universum reichhaltiger und größer wurde – und das ist nur eine kleine Auswahl aus einer überbordenden Menge von wissenschaftlichen Fortschritten, über die ich mich sehr gefreut und gestaunt habe und von denen ich mein Leben lang nicht lassen wollte und immer noch begeistert erzählen möchte.


Aber die Menschen um mich herum haben anders reagiert – vor allem, als in den 1970er-Jahren die Gentechnik vorgestellt wur-

de und sich der Gedanke an den Umweltschutz meldete, der das Einhalten von „Limits to Growth“, also von „Grenzen beim Wachstum“ anmahnte. So lautete jedenfalls der Titel eines damals erschienenen Buches, dessen Titel in Deutschland falsch übersetzt wurde, um als „Grenzen des Wachstums“ mehr Angst zu schüren. Insgesamt wandelten die Menschen damals ihre alte Angst vor den Naturerscheinungen – wie Wirbelstürmen, Überschwemmungen, Missernten oder Plagen – in eine neue Angst vor den Naturwissenschaften um. Sie wollten nichts mehr von Fortschritten hören, die immer mit einer Zunahme an Einfluss auf die Natur verbunden sind, und verwiesen von nun an vor allem auf die Risiken, die mit

den wissenschaftlichen Entwicklungen in die Welt kommen. Sie waren und sind tatsächlich unfähig, sich über das erworbene Wissen zu freuen.

Wer das bezweifelt, der darf an den viel zitierten Sigmund Freud erinnert werden, der sowohl die Einsicht des Kopernikus über eine im Kosmos bewegte Erde als auch das Verständnis von Charles Darwin über die evolutionäre Geschichte des Menschen als Kränkung bezeichnet hat und dabei bis heute auf den Jubel des Feuilletons trifft. Zwar ist es Unsinn, was Freud da behauptet – Kopernikus hat die Menschen tatsächlich auf eine himmlische Umlaufbahn und damit näher zu den Göttern gebracht, und Darwin zufolge kann der Mensch seine Spitzenstellung in der Natur behalten, nur dass er sie nicht mehr einem Gott, sondern seinem eigenen Tun verdankt –,

»Es ist ein Trauerspiel, wie wenig Freude die kritische Intellektuellenschar am eigenen Wissen empfindet.«



PlasmidFactory
The Minicircle Company

Starting material for mRNA vaccines in large quantities!

High Quality Grade DNA for GMP production of viral vectors and RNA

Customized minicircle & plasmid production

Helper & Packaging Plasmids for AAV production In Stock

QC including CGE service for topology analysis

grateling gmbh | visuals: stock.adobe.com

PlasmidFactory.com
PlasmidFactory GmbH & Co. KG
Meisenstraße 96 | D-33607 Bielefeld | Fon +49 521 2997350



aber um sich nicht über die wissenschaftlichen Einsichten über Ort und Rolle des Menschen in der Welt freuen zu müssen, lässt man sie als Kränkungen erscheinen. Und daneben hört und liest man immer wieder das Verdikt des großen Soziologen Max Weber, der den Unsinn von einer wissenschaftlichen Entzauberung der Welt in dieselbe gesetzt hat – wobei die bejubelte Frechheit der in Webers Fahrwasser segelnden Intellektuellen insbesondere darin besteht, die angebliche Entzauberung der Welt als Programm der Aufklärung zu diffamieren.

Es ist ein Trauerspiel, wie wenig Freude die kritische Intellektuellenschar am eigenen Wissen empfindet und wie wenig sie von dem

»Wo der Deutsche hingrübelt, wächst bekanntlich kein Gras mehr – und das Pflänzlein der Wissenschaft stirbt ab.«

Glücksgefühl versteht, die Naturforscher dank ihrer Einsichten erleben. Einstein hat gerne von der inneren Erregung erzählt, die sich seiner bemächtigte, als Experimente seine Theorien über den Kosmos bestätigten. Aus der jüngsten Geschichte der Molekularbiologie sind Verhaltensweisen von Akteuren bekannt, die man als „heilige Ekstase“ bezeichnen kann, wobei dieser Ausdruck von Johannes Kepler stammt, der in den damit gemeinten Jubel ausbrach, als er seine Planetengesetze formulieren konnte. All diese Erkenntnisse verzaubern die Welt, die Wissenschaften vertiefen mit ihren Einsichten das Geheimnisvolle der Existenz und könnten die Menschen mit Freude erfüllen, wenn sie nicht eine hartnäckige Freudlosigkeit an den Tag legen würden – die allerdings sinnvoll wäre, bezöge sich die erste Silbe von Freudlosigkeit auf den Psychoanalytiker selbst.

Es ist erstaunlich: Doktor Freud erzählt davon, dass die Zunahme des Wissens Menschen kränkt – und man wundert sich, dass er sich als Seelenarzt über seine Diagnose freuen kann. Wenn man Menschen helfen will – und was sollte ein Arzt sonst wollen? –, muss man ihnen erklären, dass Wissen Freude macht.

Einsicht, so sagt man, ist der erste Schritt zur Besserung. In dem Falle geht es um die Einsicht, dass die Öffentlichkeit der „Unfähigkeit zu trauern“ mehr Aufmerksamkeit zukommen lässt als der eigenen „Unfähigkeit sich zu freuen“ – was zu ändern ist. Wo der Deutsche hingrübelt, wächst bekanntlich kein Gras mehr, und das Pflänzlein der Wissenschaft stirbt ab. Das wäre tatsächlich ein Grund zur Trauer. Sie lässt sich mit der Freude am Geheimnisvollen vermeiden. Die Verzauberung der Welt gelingt durch die Versuche ihrer Erklärung. Das ist das Schönste, das Menschen passieren kann – und dieses Erleben lässt ihnen keine Zeit für etwas anderes.

Zum Autor

Ernst Peter Fischer

ist Wissenschaftshistoriker und Wissenschaftspublizist. Nach dem Studium der Mathematik, Physik und Biologie promovierte er bei Max Delbrück am California Institute of Technology (Caltech) in Pasadena – und habilitierte sich schließlich in Wissenschaftsgeschichte an der Universität Konstanz. Er veröffentlichte zahlreiche Bücher und Aufsätze – darunter beispielsweise „Die andere Bildung“ oder „Das große Buch der Evolution“.

Sebigboss

Hat jemand `ne Idee für ein neues T-Shirt?

12. März 12:22



Best(s)eller

Vielleicht was Lustiges mit Corona? 🦠🍷

12. März 13:07



Ausdiemaus

Laaangweilig! 😴

12. März 13:08



Conductor

Mal was mit Peer-Review? Ist´n Dauerthema.

12. März 13:24



Pablo II



Beer Review? 🍺🍺

12. März 14:55



Sebigboss

Zu sächsisch!!!

12. März 15:00



Pablo II



Fear Review? 🧟👽

12. März 15:49



Conductor

Willst DU mit so einem Schlips rumlaufen? 🧐

12. März 15:52



Pablo II



Pear Review? 🍏🍏🍏🍏

12. März 16:31



Sebigboss 🏆🍷👏
Yesss

12. März 16:38



Ausdiemaus

Wie die gucken...
...sooo süß! 😍

12. März 16:39



Best(s)eller

Eher „kernig“

12. März 16:39



Sebigboss

Ok, bestell´ s mal. Wenn Du einen Preis hast, gib` gleich Bescheid.

12. März 16:44



Best(s)eller

15 EU

12. März 17:22



Sebigboss
Ab in den...



www.laborjournal.de/shop

Zwischenstufe Phagen

VON RALF NEUMANN, FREIBURG

Wenn man die Geschichte der Molekularbiologie in Deutschland erzählen will, darf ein Name keinesfalls fehlen: Carsten Bresch. Ein Rückblick zu seinem hundertsten Geburtstag.

Als ich Ende der 1980er-Jahre an das Institut für Biologie III der Universität Freiburg kam, war Carsten Bresch dort gerade emeritiert worden. Ein Forschungslabor mit eigener Gruppe hatte er damals schon lange nicht mehr betrieben. Dennoch sollte ich ihm dort in der Folgezeit immer wieder begegnen, da er weiterhin regelmäßig im Institut vorbeischaute – und stets trug er dabei ein leicht schiefes, zufriedenes Lächeln unter seinen listig-funkelnden Augen zur Schau. Erst später sollte ich lernen, dass Carsten Bresch nicht einfach nur der Gründungsvater „meines“ Instituts war, sondern vielmehr überhaupt ganz maßgeblich die Strukturen für die Entwicklung der Molekularbiologie in Deutschland prägte. Und dies, wie ich nochmals später erfuhr, obwohl er sich lediglich vorübergehend für das Fach interessiert hatte.

Was stellt man sich gemeinhin vor unter einem Pionier einer Forschungsdisziplin? In der Regel wohl jemanden, der durch eine bahnbrechende Entdeckung die Tür zu einem komplett neuen Feld mit aufstößt. Auf Carsten Bresch trifft das gar nicht zu. Keine wirklich große, „Feld-öffnende“ Entdeckung ist mit seinem Namen verknüpft – wie in neuerer Zeit etwa die RNA-Interferenz mit Andrew Fire und Craig Mello oder das *Genome Editing* via CRISPR-Cas9 mit Emmanuelle Charpentier, Jennifer Doudna und Feng Zhang. Allenfalls ein paar frühe Arbeiten zur Paarung und genetischen Rekombination von Bakteriophagen erhielten einige internationale Aufmerksamkeit.

Carsten Bresch brachte die Molekularbiologie vielmehr durch besondere Leistungen in der Lehre zum Erlühen, vor allem durch den – im Rückblick besehen – legendären „Kölner Phagenkurs“ sowie das erstmalige Verfassen des Standardlehrbuchs „Klassische und molekulare Genetik“. Dazu kam sein außerordentliches Geschick in Aufbau, Konzeption und Verwaltung des für die Molekularbiologie richtungsweisenden Instituts für Genetik an der

Universität Köln – wie auch dessen späteren „Ablegers“ an der Universität Freiburg.

„Ich wurde ein guter Universitätslehrer, ein brauchbarer Verwalter von Instituten und ein durchschnittlicher Forscher“, hielt Bresch selbst am Ende seines Buches „Zuschauer von mit-tendrin“ im Rückblick fest.

In diesem Buch beschreibt Bresch abschließlich – wie schon der Untertitel verrät – sein eigenes „Leben und Überleben in den wahnsinnigen Jahren 1920-1950“ [1]: Wie er in Berlin aufwuchs, wie schon als Jugendlin-

»Ein guter Universitätslehrer, ein brauchbarer Verwalter von Instituten und ein durchschnittlicher Forscher.«

cher sein innerer Widerstand gegen das Nazi-Regime wuchs, wie er sein Physik-Studium an der Technischen Hochschule begann, wie er nach dem Zwischenexamen 1941 aufgrund eingeschränkter Tauglichkeit als Funker und Fernschreiber eingezogen wurde – und wie er sich mit Geschick und auch viel Glück letztlich schadensfrei durch die letzten Kriegsjahre schlängelte.

Zurück in Berlin wurde Carsten Bresch aufgrund seiner linken Haltung Mitglied der kommunistischen Partei, die er jedoch bald wieder verließ. Zu den Gründen schreibt er: „Ich wohn-

te in Westberlin, war aber politisch fest im Osten engagiert. Das änderte der Bericht zur Tagung der Lenin-Akademie im Sommer 1948. Diese höchstpolitische Tagung unter dem Titel ‚Die Lage in der biologischen Wissenschaft‘ sollte den sogenannten ‚Mendelismus-Morganismus-Weismannismus‘ vernichten und durch die Pseudowissenschaft von Lyssenko ersetzen. Tatsächlich war es die menschenverachtende Entwürdigung der alten russischen Genetiker. Erst im April 1956 beendete der Druck der molekular werdenden Genetik auch in der Sowjetunion diese Schande.“ [2]

Im Sommer 1946 nahm Bresch sein Physik-Studium wieder auf, dieses Mal allerdings an der Ost-Berliner Humboldt-Universität. 1947 kam es für ihn zu einer ganz entscheidenden Begegnung: Der deutsche Emigrant Max Delbrück, der inzwischen am *California*



Foto: Manfred Neumann



Carsten Bresch Anfang der Siebzigerjahre, als er der aktiven Molekularbiologie bereits den Rücken kehrte.

Institute of Technology (Caltech) in Pasadena arbeitete, besuchte erstmals wieder seine Geburtsstadt – und hielt dort zwei Vorträge über das neue Feld der Molekularen Genetik und deren Erforschung am Modell der Bakteriophagen.

Bereits vor seiner Emigration 1937 hatte sich der Physiker Delbrück der Biologie zugewandt – maßgeblich beeinflusst durch einen Vortrag seines Kopenhagener Mentors und Nobelpreisträgers Niels Bohr mit dem Titel „Licht und Leben“ im Jahr 1932. Hauptresultat dieser Zeit war ein Aufsatz mit dem Titel „Über die Natur der Genmutation und der Genstruktur“, den Delbrück zusammen mit Karl Günther Zimmer und Nicolai Timoféef-Ressovsky veröffentlichte und der nachfolgend als „Dreimännerarbeit“ bekannt wurde. Darin formulierten sie die „Treffer-Theorie“ der Mutation und legten damit erstmals der abstrakten Einheit „Gen“

»Danach war auch Bresch Phagen-infiziert – und hatte mit Delbrück einen einflussreichen Mentor gefunden.«

eine materielle, makromolekulare Natur zugrunde. Dieser Artikel wiederum motivierte den zu dieser Zeit in Dublin wirkenden, österreichischen Physiker Erwin Schrödinger zu seinem Buch „What is Life?“, in dem er diese Annahme weiterverfolgte. Beide zusammen sollten in der Folgezeit zahllose Physiker in die moderne molekulare Biologie locken – unter ihnen eben auch Carsten Bresch. „Die Biologie ist zu wichtig, um sie nur den Biologen zu überlassen“, kommentierte Delbrück einmal diese Entwicklung. Und tatsächlich wurde die Molekularbiologie in der Folgezeit insbesondere durch Quereinsteiger aus der Physik und einigen anderen Disziplinen vorangetrieben.

Doch wie konnte man das „molekulare Leben“ konkret im Labor studieren? 1939 lernte Delbrück den Phagenforscher Emory Ellis kennen, der ihn anschließend in die Arbeit mit Bakteriophagen einführte. Damit war das zentrale Versuchsobjekt der frühen Molekularbiologie gefunden. Schnell überzeugte Delbrück weitere Forscher von „seinem“ experimentellen Modell, sodass die entsprechenden Resultate nicht allzu lange auf sich warten ließen. „Durch schlichtes Anschauen von Löchern in Petrischalen gewannen wir damals fundamentale Erkenntnisse“, fasste Sydney Brenner einmal diese Phase im Rückblick zusammen.

Ein berühmtes Beispiel dafür lieferte Delbrück selbst. Seit 1941 konnte er regelmäßig mit Salvador Luria und Alfred Hershey am *Cold Spring Harbor Laboratory* an Phagen experimentieren. 1943 veröffentlichten Luria und Delbrück schließlich den sogenannten Fluktuationstest, mit dem sie zeigten, dass in *E. coli* Mutationen, mit denen sie resistent gegen die Phagen-Infektion wurden, keineswegs durch den Kontakt mit den Phagen – also durch eine Änderung in der Umwelt – ausgelöst werden, sondern spontan entstehen. 1969 bekamen sie dafür zusammen mit Alfred Hershey den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin.

Vieles davon war Thema der Vorträge und der Gespräche, die Delbrück 1947 in Berlin mit Carsten Bresch und anderen führte. Danach war auch Bresch Phagen-infiziert – und hatte mit Delbrück zugleich einen einflussreichen Mentor gefunden.

Bereits 1946 hatte Delbrück T-Phagen, die damals hauptsächlich für die molekularbiologischen Experimente verwendet wurden, an den Physik-Lehrstuhl der Humboldt-Universität geschickt. Zwei Jahre später übergab sie dessen Leiter Robert Rompe an Bresch und seinen Mitstreiter Wolfgang Eckart und gestattete beiden, damit den experimentellen Teil ihrer Doktorarbeiten selbstständig am einzigen Labor in Berlin zu machen, in dem damals

mit Phagen gearbeitet wurde – bei Otto Lentz am West-Berliner Robert-Koch-Institut. Damit wurden die beiden die ersten molekularbiologischen Phagenforscher in Deutschland. Mit Delbrück waren sie in ständigem Kontakt, sodass sie stets über die Neuigkeiten aus der eingeschworenen und weiter wachsenden molekularbiologischen Phagen-Community auf dem Laufenden blieben.

Delbrück hatte auch seine Finger im Spiel, als Carsten Bresch nach der Promotion eine Stelle bei dessen Schwager Karl-Friedrich Bonhoeffer am Göttinger Max-Planck-Institut für Physikalische Chemie antrat – ein Institut, das sich nach Breschs eigenen Worten damals „durch ein wissenschaftlich, politisch und menschlich gleich wohlthuendes Klima“ auszeichnete. Dort widmete er sich weiter der Genetik und insbesondere der Rekombination von T1-Phagen.

1955 schließlich ging Bresch für ein Jahr nach Brasilien, um in Rio ein Phagen-Labor einzurichten. Als „Hauptgewinn aus dieser Zeit“ bezeichnete er „die Bekanntschaft mit dem jungen Schweizer Mediziner Rudolf Hausmann, aus der eine lebenslange Freundschaft und Zusammenarbeit wurde“ [2]. Hausmann selbst erinnert sich folgendermaßen an die Begegnung mit Bresch:

„Carsten kam damals mit einem Gehalt von 500 US-Dollar für ein Jahr als Entwicklungshelfer an die Uni, als ich dort noch Medizinstudent war. Als Erstes verbreitete er dort die Nachricht über die Entdeckung der DNA-Doppelhelix aus dem Jahr 1953, von der in Brasilien niemand wusste und deren Bedeutung auch international noch nicht wirklich erkannt war. Seither blieben wir in Kontakt.“

»Als Erstes verbreitete er dort die Nachricht über die Entdeckung der DNA-Doppelhelix aus dem Jahr 1953.«

Auf der Rückreise von Brasilien erfuhr Carsten Bresch dann aus einem Brief Karl-Friedrich Bonhoeffers, dass in der Zwischenzeit in Köln „schwerwiegende Pläne geschmiedet wurden“. Der Botaniker Joseph Straub verfolgte dort mit weiser Voraussicht und großem Verhandlungsgeschick das Ziel, die „moderne Biologie“ nach Deutschland zu holen – und dafür konkret in Köln ein großes Institut für Genetik zu installieren. Schon früh holte er zur Realisierung dieser Ziele Max Delbrück mit ins Boot – und trug ihm schließlich das Extraordinariat für Mikrobiologie an. Zur Überraschung vieler biss dieser an – allerdings aus durchaus eigenen „missionarischen“ Motiven. George Beadle

verriet er 1956 in einem Brief: „Ich sagte, ich wäre interessiert, wenn ein Institut geschaffen würde, das als ein Modell für andere Universitäten in Deutschland und in anderen Ländern dienen kann, um den organisatorischen Stillstand, in dem sich die Biologie auf der ganzen Welt befindet, zu durchbrechen. Das *California Institute of Technology* bildet hier eine fast einzigartige Ausnahme.“

Max Delbrück nahm den Ruf dorthin allerdings erst 1961 an, als ein Ende der langwierigen Baumaßnahmen für das neue Ins-

»Die Kölner Phagen-Kurse wurden zur Kaderschmiede für die weitere Entwicklung der deutschen Molekularbiologie.«

titut in Sicht kam – und blieb dann auch nur zwei Jahre dort, um schließlich wieder nach Kalifornien zurückzukehren. Bereits vier Jahre zuvor hatte Carsten Bresch den Lehrauftrag für Mikrobiologie am „Institut für Genetik im Aufbau“ erhalten, nach seiner Habilitation folgte das Extraordinariat. De facto leitete er von da an als Delbrücks „verlängerter Arm“ kommissarisch das schnell wachsende Institut, wobei er nach und nach durch die weiteren, später besetzten Extraordinarien unterstützt wurde. Zur Organisationsform des Instituts schreibt Simone Wenkel in ihrer Dissertation „Die Molekularbiologie in Deutschland von 1945 bis 1975 – Ein internationaler Vergleich“ [3]:

„Mit der Gründung des Instituts für Genetik in Köln wurde 1959 zum ersten Mal vom hierarchischen System abgewichen. Max Delbrück und der Botaniker Joseph Straub planten das Institut mit der amerikanischen Departmentstruktur, in der alle Gruppenleiter gleichberechtigte und unabhängige Mitglieder des Instituts waren. Offiziell wurde das Institut von nur einem Ordinarius (Delbrück) geleitet, hatte aber sechs unabhängige Gruppenleiter. Die eingestellten Personen hatten fast alle durch Aufenthalte im Ausland, meist in den USA, Erfahrung mit dem Departmentsystem gemacht. [...] Dazu kam, dass sie auch gemeinsam für die Lehre im Fach verantwortlich waren und das internationale Ansehen des jungen Ins-

tituts damals schon sehr hoch war. Der Beschluss zur Erhöhung der Zahl der Ordinarien und damit der offiziellen Gleichberechtigung der Gruppenleiter wurde 1964 in Köln gefasst. Bis 1972 wurden insgesamt fünf Ordinarien berufen. Was die untergeordneten Gruppenleiter betrifft, konnten diese zumindest in späteren Jahren als Assistenten und außerordentliche Professoren am Institut auch unabhängig arbeiten, wie es im echten „Amerikanischen Modell“ der Fall war. Die einzigartige Organisationsstruktur des Instituts konnte sich nur vereinzelt (z.B. Freiburg, Bochum und Heidelberg) und keineswegs als Standard in Deutschland durchsetzen.“

Dies war neben der internationalen Ausrichtung jedoch nur die eine Seite der Medaille des „Kölner Erfolgs“. Die andere bildeten die sogenannten Phagen-Kurse, die vorwiegend unter Breschs Leitung ab 1956 regelmäßig dort stattfanden und in denen fortgeschrittene Wissenschaftler die neuen Methoden der Phagen-basierten Molekularbiologie erlernen konnten. Vorbild waren die „*Phage Courses*“ am *Cold Spring Harbor Laboratory*, die Luria und Delbrück 1945 initiiert hatten und die seitdem jährlich dort abliefen. Und ganz ähnlich wie diese sollten sich auch die Kölner Phagen-Kurse als die Kaderschmiede schlechthin für die weitere Entwicklung der gesamten deutschen Molekularbiologie entpuppen. Entsprechend erinnert sich Fritz Melchers, der spätere Direktor des *Basel Institute for Immunology*, an seine damalige Doktorandenzeit am Kölner Institut: „Alle, die in Deutschland die Molekularbiologie vorangebracht haben, hatten daran teilgenommen.“

Dazu kamen natürlich in womöglich noch größerem Maße all diejenigen, die wie Melchers zum Promovieren dort hinkamen oder gar als Assistenten beziehungsweise Abteilungsleiter eingestellt wurden – etwa Breschs jüngerer Cousin Thomas Trautner, Peter Starlinger, Hans Zachau, Benno Müller-Hill, Ulf Henning, Konrad Beyreuther, Klaus Rajewsky und viele andere mehr.

Dennoch stürzte das Kölner Institut für Genetik nach Delbrücks Weggang 1963 in eine Krise. Bresch selbst beschrieb sie folgendermaßen:

„Trotz intensiver Bemühungen von vielen Seiten war Max [Delbrück] nicht zu bewegen, auf sein geliebtes Caltech zu verzichten, das seinerseits keinesfalls mehr als zwei Jahre Urlaub zuließ. Während Max noch versuchte, Ulf Henning als neuen Abteilungsleiter zu gewinnen, wurden die Institutsmitglieder von außen offenbar als interessante Konkursmasse gesehen. Für alle von uns kamen lockende Angebote. Wir Betroffenen erwarteten eigentlich – als schnelle Gegenaktion der Fakultät – die Aufwertung unserer Positionen, um den per-

sonellen Ausverkauf zu stoppen. Ich habe nie erfahren, wer oder was die Fakultät damals daran hinderte. Erst als Walter Harm [*damals Extraordinarius für Strahlenbiologie*] als *Full Professor* nach Baltimore ging und mich ein Ordinariat nach Freiburg zog, rang sich die Kölner Fakultät zu entsprechenden Gegenangeboten durch. Zu spät – es hatte sich viel Ärger angestaut.“

Breschs Start in Freiburg verzögerte sich allerdings nach seiner Berufung im Jahr 1964. Sein langjähriger Weggefährte Rudolf Hausmann, den Bresch zuvor bereits nach Köln geholt hatte, erinnert sich:

„Carsten hatte sich inzwischen für den neugegründeten Lehrstuhl für Genetik an der Uni Freiburg beworben. Zeitgleich waren aber einige Öl-Milliardäre in Dallas dabei, ein *Southwest Center for Advanced Studies* zu gründen. Da aber in Dallas aufgrund des Kennedy-Mordes zu dieser Zeit kein Amerikaner die Leitung übernehmen wollte, wandte man sich auf Empfehlung von Max Delbrück an Carsten. Mit diesem Trumpf der Einladung nach Dallas in der Hand konnte er in den Berufungsverhandlungen hoch pokern. Er verlangte also nicht nur den Lehrstuhl, sondern gleich ein ganzes neues Institut mit zwei weiteren Lehrstühlen. Sonst würde er nach Dallas gehen. Angesichts des damals gefährlich drohenden *Brain Drains* willigte das Ministerium bei allem ein. Carsten aber sagte, dass er trotzdem erstmal nach Dallas gehen würde, da ja der Bau des Instituts erst bevorstand. So ließ er sich gleich nach der Ernennung beurlauben und

»Ein Institut, das vor allem den Geist von Gleichberechtigung, Unabhängigkeit und kooperativem Austausch atmen sollte.«

übernahm die Leitung des *Southwest Centers* in Dallas, bis das Institut in Freiburg bezugsbereit war. Dies war 1968 schließlich der Fall.“

Rudolf Hausmann selbst ging erstmal nach Dallas, wo Bresch indes bald begann, künftige Mitarbeiter für das Freiburger Institut für Biologie III, wie es schließlich heißen sollte, anzuwerben. Insgesamt hatte er einen Stellenplan mit zwei weiteren Lehrstühlen für Molekularbiologie und Biophysik sowie mehreren unabhängigen Abteilungsleitern aushandeln können. Damit strebte er ein Institut von der Größe „drei Viertel Köln“ an, das aber vor allem dessen Geist von Gleichberechtigung, Unabhängigkeit und kooperativem Austausch weitertragen sollte. Kein Wunder daher, dass neben Rudolf Hausmann noch einige weitere Kandidaten in Freiburg landeten, die zuvor

Zum Autor

Ralf Neumann ist Mitherausgeber und Chefredakteur des Laborjournal.

auch am Kölner Genetik-Institut zumindest vorbeigeschaut hatten – wie etwa Rainer Hertel auf dem Lehrstuhl für Molekularbiologie.

Inmitten dieses turbulenten Dreiecks Köln-Dallas-Freiburg vollbrachte Carsten Bresch indes eine weitere Pionierleistung: Er schrieb unter dem Titel „Klassische und molekulare Genetik“ das erste Lehrbuch, das den Forschungsstand der modernen Molekularbiologie in deutscher Sprache wiedergab. 1964 wurde es veröffentlicht, 1970 wurde Rudolf Hausmann Mitautor, zur dritten Auflage 1972 wurde es in vier weitere Sprachen übersetzt. Bis dahin waren von der deutschsprachigen Ausgabe bereits 39.000 Exemplare im Umlauf. Es war innerhalb kurzer Zeit zum Standard-Lehrbuch für die schnell wachsende Zahl der Molekulargenetik-interessierten Studierenden geworden.

In Freiburg tat sich Bresch dann weiterhin vor allem als Instituts-Gestalter hervor. So holte er etwa das damals frisch beschlossene Zentrallaboratorium für Mutagenitätsprüfung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) in die unmittelbare Nachbarschaft seiner Freiburger „Bio III“.

Breschs damaliger Mitarbeiter Daniel Harnasch erinnert sich: „Wegen der atmosphärischen Atombombentests sowie der Entwicklung vieler neuer Arzneimittel und Umweltschutzchemikalien in den Sechzigerjahren wuchs die Sorge um die unerkannte Anhäufung rezessiver letaler Mutationen im Erbgut der Bevölkerung. Viele Genetiker, darunter Carsten Bresch, regten daher an, vorsorglich Programme zur ge-

»Mit seinem Buch lieferte Bresch eine naturwissenschaftliche Version eines universalen Evolutionskonzepts.«

zielten Suche nach Mutagenen im menschlichen Umfeld zu starten. Dies führte zur Einrichtung des Zentrallaboratoriums für Mutagenitätsprüfung (ZLM) durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die Carsten Bresch von 1968 bis 1980 mit dessen wissenschaftlicher Leitung und Direktion in Freiburg betraute.“

Ebenso setzte Bresch sich bereits früh für das Miteinbeziehen von Computer- und Rechenkraft in Lehre und Forschung ein. Unter dem Stichwort „Computer-unterstützter Unterricht“ (CUU) bekam sein Institut einen Großrechner in den Keller gestellt und erhielt neben der Physik den ersten Anschluss an das Rechenzentrum der Universität Freiburg. Derart ausgerüstet bot es als erstes Freiburger Institut Computerkurse für seine Studierenden an. Zeitgleich fanden auch erste Computersi-

mulationen zu Themen der theoretischen Biologie den Weg von Freiburg in das ein oder andere Journal. Als jedoch der verantwortliche Abteilungsleiter, Klaus Haefner, das Institut verließ, erlahmte der Schwung des damals durchaus visionären Ansatzes. Rainer Hertel bedauert das heute: „Bresch und Haefner waren Pioniere, unser Institut für Biologie III hätte der großen Welle der Computer-Biologie um Jahrzehnte voraus sein können.“

Die romantische Phase der Molekularbiologie war zu dieser Zeit allerdings bereits vorbei. Viele grundlegende Entdeckungen waren gemacht, sodass einige der Protagonisten sich neuen Herausforderungen zuwendeten. Max Delbrück hatte etwa schon 1953 an seinen Kollegen Seymour Benzer geschrieben: „Ich beginne morgen eine neue Unternehmung, nämlich einige Experimente zum Phototropismus der Sporangiothecen von *Phycomyces*. Wenn sie funktionieren, ziehe ich mich von den Phagen zurück.“ Die Experimente funktionierten, sodass Delbrück seinen Forscherehrgeiz fortan tatsächlich auf die Lichtwahrnehmung und das Verhalten der *Phycomyces*-Sporangiothecen umleitete. Leider mit nur mäßigem Erfolg, wie sich am Ende herausstellen sollte.

Auch Bresch zog sich zunehmend von den Phagen zurück, um sich im wahrsten Sinne des Wortes weitaus größeren Dingen zuzuwenden. 1977 veröffentlichte er das Buch „Zwischenstufe Leben – Evolution ohne Ziel?“, das heute viele als sein wissenschaftliches, zugleich aber auch weltanschauliches Hauptwerk ansehen. Die zentrale Frage in dem Buch lautet: Geht es bei der Evolution um Zufall oder Notwendigkeit, um einen Irrlauf oder hat sie gar ein fernes Ziel? Allerdings zielte Bresch hierbei nicht auf die innerbiologische Evolutionslehre im Darwinschen Sinne allein. Stattdessen weitete er den Evolutionsbegriff konsequent aus, in dem er drei Phasen der Entwicklung formulierte: 1.) die der Materie, 2.) die des Lebendigen, 3.) die des Geistigen und der Kultur. Das Leben nahm damit folglich nur den Mittelteil, die „Zwischenstufe“ auf dem Weg von der Materie zum Geist ein.

Bresch lieferte damit eine naturwissenschaftliche Version des zuvor vom französischen Jesuiten Teilhard de Chardin formulierten – allerdings stark theologisch orientierten – universalen Evolutionskonzepts. Seine Kernthese: Der Richtungspfeil der Evolution von einfachster Chemie bis hin zur Entstehung von Planetensystemen sowie Geist und Kultur basiert auf der zunehmenden Zahl wirklicher Wechselwirkungen, aus der stetiges Muster- und Informationswachstum samt dessen Integration folgen. All dieses Zusammenkommen von mehr und mehr Geschehen unterliegt dabei jedoch streng den Gesetzen der Physik und der Thermodynamik. Auf diese

Weise werden über Duplikationen, Differenzierungen, Neu-Kombinationen *et cetera* immer neue und höhere Organisationsniveaus erreicht – von Molekülen über Zellen, von Organismen und Populationen bis hin zum Entstehen von Geist und Kultur, von der Biosphäre zur Noosphäre.

Da Bresch in seinem Buch allerdings nicht bei der rein naturwissenschaftlichen Beschreibung haltmachte, sondern deren Grenzen zu Gunsten einer weltanschaulichen Deutung überschritt, forderte er damit letztlich auch

»Das Feld der Phagen und der Molekularbiologie, das er so sehr mitgeprägt hatte, interessierte ihn von da an nicht mehr.«

Philosophie und Theologie heraus. Folgerichtig engagierte er sich daraufhin im interdisziplinären Dialog zum Thema Evolution, unter anderem indem er zusammen mit dem Freiburger Theologen Helmut Riedlinger 1981 die „Arbeitsgemeinschaft Evolution, Menschheitszukunft und Sinnfragen“ (AGEMUS) gründete.

Diese kritischen Auseinandersetzungen zur Frage „Wohin gehen der Mensch und die Welt?“ blieben über die nächsten vierzig Jahre Breschs großes Thema. 2010 veröffentlichte er dazu sein letztes Buch „Evolution – Was bleibt von Gott?“

Das Feld der Phagen und der Molekularbiologie, an dessen Bestellung er zuvor so maßgeblich mitgewirkt hatte, hatte er darüber schnell verlassen. „Das hatte ihn einfach nicht mehr interessiert“, so Rainer Hertel.

Carsten Bresch starb am 1. März 2020, im kommenden September wäre er hundert Jahre alt geworden.

Referenzen

- [1] Bresch, Carsten: „Zuschauer von mit-tendrin“, Freiburg (2018)
- [2] Bresch, Carsten: „Die erste Zeit“ – In: Wenkel, Simone und Deichmann, Ute (ed.), „Max Delbrück and Cologne – An Early Chapter of German Molecular Biology“, S. 39-47, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. (2007)
- [3] Wenkel, Simone: „Die Molekularbiologie in Deutschland von 1945 bis 1975 – Ein internationaler Vergleich“, Dissertation, Universität zu Köln (2013)

Gefährliche Tendenzen

VON MICHAEL ALTORFER, ZÜRICH

Wissensbasierte Innovation und internationale Zusammenarbeit sind die Schlüssel des Erfolges bei der Überwindung der COVID-19-Pandemie. Doch plötzlich werden diese Erfolgsfaktoren in Frage gestellt.

Die Geschwindigkeit, mit der COVID-19-Impfstoffe entwickelt wurden, wird in die Geschichte eingehen und als eine der größten Errungenschaften von Wissenschaft und Biotechnologie gefeiert werden. In Rekordzeit haben Biotechnologie-Unternehmen mehr als 900 globale Projekte zur Entwicklung von COVID-19-Impfstoffen, -Therapeutika und -Diagnostika gestartet.

Parallel dazu haben öffentliche und private Akteure unermüdlich daran gearbeitet, die Produktionskapazitäten in Europa und weltweit zu steigern, um sicherzustellen, dass die neu entwickelten Diagnostika und Wirkstoffe so schnell wie möglich produziert und vertrieben werden können. Die globale COVAX-Initiative wurde als internationale Plattform ins Leben gerufen, um die Finanzierung und Verteilung von genügend Impfstoffmengen sicherzustellen, damit auch Länder Zugang zu den Impfstoffen erhalten, die es sich nicht leisten können.

Dank dieser beispiellosen Anstrengungen und der beschleunigten globalen Zusammenarbeit wurden die Produktionskapazitäten deutlich erhöht und neue innovative Lieferketten in Rekordgeschwindigkeit bereitgestellt. Heute besteht die reale Aussicht, dass bis

Ende 2021 Impfstoffe für 70 Prozent der Weltbevölkerung zur Verfügung stehen werden.

Als eines der weltweit führenden Biotech-Zentren war die Schweiz gut positioniert, um internationale Kooperationen zu nutzen und Lösungen zur Bekämpfung der COVID-19-Pandemie zu entwickeln. Dabei arbeiteten akademische Forschungsgruppen, Spitäler sowie private Biotech- und Pharma-Un-

»Die Biotech-Firmen sind für viele plötzlich zu „Nutznießern“ mutiert, die sich eine goldene Nase verdienen.«

ternehmen eng mit ihren internationalen Partnern zusammen. Die Schweiz nutzte die Zusammenarbeit mit den multinationalen Organisationen, wie etwa der Weltgesundheitsorganisation (WHO), um die internationale Koordination der Herstellung wie auch die Finanzierung der Forschungsprojekte und Impfstoffproduktion zu unterstützen.

Auf diese Weise umfasste der Beitrag der Schweiz verschiedenste Aspekte zur Bekämp-

fung der Pandemie, wie zum Beispiel Beiträge der Grundlagenforschung (Erforschung der Struktur und des Verhaltens des Virus), die Herstellung von Diagnostika (Roche, Quotient, Ender, MosaiQ, Biolytix und andere) und Impfstoffen (Lonza, Bachem und Janssen Cilag) wie auch die Entwicklung neuer Therapeutika (Humabs Biomed/Vir Biotechnologies und Molecular Partners/Novartis).

Der Erfolg in der Entwicklung neuer Impfstoffe, die Realisierung der verschiedenen Testoptionen und die zunehmende Vielfalt der Therapiemöglichkeiten waren letztlich aber vor allem die Resultate einer großartigen internationalen Zusammenarbeit. Der Austausch von Erkenntnissen aus der Grundlagenforschung und den Daten aus klinischen Studien und Testkampagnen sowie die parallele Erarbeitung von Therapieoptionen durch „Repurposing-Studien“ mit bereits etablierten Medikamenten ermöglichten es schlussendlich, diese medizinische Herausforderung weitgehend zu meistern.

Forschungs- und Entwicklungs (F&E)-Investitionen sowie Kapitalzuflüsse in Rekordhöhe (siehe Kasten S. 50), dazu neue Arbeitsplätze, Ausbau der Produktions- und Forschungs-Infrastruktur und ein weltweit riesiges Interesse





an der Arbeit der Biotechnologie-Industrie haben zu einem sehr erfreulichen Wirtschaftsumfeld geführt, das Wissenschafts-basierte Innovationen förderte und beschleunigte.

Umso erstaunlicher ist es, dass genau zu diesem Zeitpunkt, nach diesem historischen Erfolg, die wichtigsten Erfolgsfaktoren für Wissenschafts-basierte Innovation plötzlich in Frage gestellt werden. Während wir gemeinsam darauf hinarbeiten, die Pandemie zu überwinden, sollen Patentrechte ausgesetzt werden. Die internationale Zusammenarbeit wird blockiert, indem verschiedenste Staaten oder Staatenbündnisse plötzlich „nationale Versorgungswege, Produktionskapazitäten und F&E-Projekte“ aufgleisen. Internationale Solidarität und Zusammenarbeit wird zurückgestellt, da zuerst die eigene Bevölkerung versorgt werden soll. Es werden sogar ernsthaft Ansätze diskutiert, in denen strategische Forschungsprojekte aus der internationalen Forschungszusammenarbeit „ausgeklammert“ werden sollen.

Die Biotech-Firmen, die eben noch die Lösungen zur Überwindung der Pandemie erarbeitet und in Rekordzeit zur Verfügung gestellt haben, sind für viele plötzlich zu „Nutznießern“ mutiert, die sich eine goldene Nase verdienen. Die Unternehmer, die über Jahrzehnte das Risiko des Scheiterns getragen haben, und die Investoren, die Milliarden an Risikokapital zur Verfügung gestellt hatten, sind plötzlich Mitbürger, auf die man neidisch ist und denen man den Erfolg nicht gönnt. Kein Wort zu all den „Fehlinvestitionen“ in wissenschaftliche Forschungsprojekte, die nie zu einem marktfähigen Produkt geführt haben. Keine Freude darüber, dass die durch den Erfolg ermöglichten Gewinne wiederum in die Forschung reinvestiert werden und so neue Arbeitsplätze schaffen – geschweige denn, dass sie die Innovationen der Zukunft ermöglichen

und uns damit überhaupt erst die Entwicklung der Werkzeuge erlauben, die wir für zukünftige medizinische Herausforderungen benötigen werden.

Der Vorschlag von Südafrika und Indien an die Welthandelsorganisation (WTO), den Patentschutz für COVID-19-Impfstoffe auszusetzen, passt genau in diese Entwicklung. Fälschlicherweise wird das geistige Eigentum als Barriere für einen schnellen Zugang zu Impfstoffen dargestellt. Daher adressiert diese Initia-

»Erst das Regelwerk für geistiges Eigentum und Lizenzen ermöglicht einen effizienten Know-how- und Technologietransfer.«

tive die Krise keineswegs wirksam, sondern sendet vielmehr ein extrem gefährliches Signal an Innovatoren und Investoren gleichermaßen. Ein umfassender und zuverlässiger Schutz des geistigen Eigentums ist für Wissenschafts-basierte Innovationen unverzichtbar. Was vielleicht vordergründig gut erscheint, birgt folglich die ernste Gefahr, dass unsere Fähigkeit, Innovationen im Gesundheitswesen zu fördern und zu finanzieren, erheblich geschwächt wird.

Entgegen der Ansicht mancher Berichterstatter ermöglichte genau das Regelwerk für geistiges Eigentum dieses noch nie dagewesene Innovationsniveau inklusive der dringend benötigten Zusammenarbeit zwischen Biopharma-Innovatoren und ihren Partnern. Dasselbe Schutzrechtssystem schuf die Voraussetzungen, um Fachwissen und Infrastrukturen aufzubauen, die notwendigen Ressourcen zu mobilisieren sowie letztlich das umfangreiche technische Wissen verfügbar zu machen,

das zur Bekämpfung der Pandemie nötig ist. Erst damit konnte beispielsweise fortschrittliche Technologien wie etwa den mRNA-Impfstoffen zum Durchbruch verholfen werden. Folglich ist es gerade das aktuelle Regelwerk für geistiges Eigentum und Lizenzen, das einen effizienten und kontrollierten Know-how- und Technologietransfer konkret ermöglicht.

Dazu kommt, dass angesichts der enormen weltweiten Nachfrage alle Patent-Eigentümer von COVID-19-Impfstoffen ein entscheidendes Interesse daran haben, ihre Produktionen auszubauen. Bei den globalen Anstrengungen zum schnellstmöglichen Kapazitätsausbau wurden daher bereits längst Produktionsverträge mit Entwicklungsländern im Rahmen von Technologie-Lizenzierungen abgeschlossen.

Ein Vorschlag, der vordergründig die Solidarität anspricht, erweist sich also als unwirksam und sogar kontraproduktiv für die Impfstoffproduktion. Darüber hinaus würde ein enorm gefährlicher Präzedenzfall geschaffen, der das Vertrauen in die Rahmenbedin-

Zum Autor

Michael Altorfer ist promovierter Chemiker und fungiert seit 2018 als Geschäftsführer der Swiss Biotech Association, die als Dachverband die Interessen der Schweizer Biotech-Industrie vertritt. Zuvor sammelte er über zwanzig Jahre hinweg Erfahrungen in verschiedenen Tätigkeiten bei großen Pharma-Unternehmen wie auch in kleineren Biotech-Firmen.



gungen für geistiges Eigentum weltweit untergräbt. Ein Vertrauen, das entscheidend ist, wenn wir ein starkes Gesundheitssystem aufrechterhalten und uns die Fähigkeit erhalten wollen, auch die medizinischen Herausforderungen der Zukunft zu meistern.

Dank intensiver und offener Zusammenarbeit der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft waren wir in der Lage, den Schaden der Corona-Pandemie zu mindern. Es war keine Frage, dass Schweizer Wissenschaftler die Ergebnisse ihrer Klonierungsexperimente international teilen würden, dass Israel Zugang zu seinen klinischen Studienergebnissen und Erfahrungen im Schnellimpfungsprogramm gewährte. Niemand war überrascht, dass In-

formationen über die 3D-Struktur und potenzielle Angriffspunkte für Medikamente sofort international zur Verfügung gestellt wurden.

Diese internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit war der Schlüssel zur erfolgreichen Reaktion auf die Pandemie. Ebenso war sie die Grundlage für den Erfolg vor der Pandemie, um die Medizin bei einer Vielzahl von Indikationen voranzubringen – sei es in der Krebs-, Immunologie-, Herz-Kreislauf- oder ZNS-Forschung wie auch bei der Entwicklung neuer Technologien, Modalitäten und Therapien. So sehr die internationale Zusammenarbeit für die globalen Forschungskollaborationen ausschlaggebend ist, so wichtig ist die Zusammenarbeit zwischen den europäi-

schen Ländern, wenn es um verlässliche Versorgungsketten, Herstellungskapazitäten, Zugang zu Technologie und Technologietransfer, gemeinsame Reserven, gemeinsame Notfallpläne und weitere Anstrengungen geht, um sicherzustellen, dass innovative Medizin nicht nur in ausreichender Menge produziert und zur Verfügung gestellt wird, sondern auch für diejenigen zugänglich ist, die für solche Medizin nicht bezahlen können.

Während wir uns jedoch langsam von den Einschränkungen der Pandemie lösen können, beobachten wir einen Trend zum Wiedererstarben des Nationalismus. Die USA, Großbritannien, die EU, Russland und China scheinen alle „Me-first“-Ansätze gegenüber internationa-

Schweizer Biotech-Industrie verzeichnet rekordhohe Kapitalzuflüsse und F&E-Investitionen

Während die Bekämpfung der COVID-19-Pandemie im Rampenlicht stand, vernachlässigten die Schweizer Biotech-Unternehmen andere Forschungsbereiche nicht und investierten weiterhin stark in den Ausbau ihrer F&E- und Produktions-Infrastruktur. Insgesamt stiegen die F&E-Investitionen 2020 um zehn Prozent auf 2,2 Milliarden Schweizer Franken und die forschenden Biotech-Unternehmen schufen im vergangenen Jahr rund acht Prozent zusätzliche Arbeitsplätze.

Die Kapitalinvestitionen in Schweizer Biotech-Unternehmen haben sich von 2019 bis 2020 fast verdreifacht. Die Kapitalgeber investierten 2020 insgesamt CHF 3,44 Mrd. in Schweizer Biotech-Unternehmen, um die vielversprechende Pipeline des Schweizer Biotech-Hubs weiterzuentwickeln – das beste Jahr aller Zeiten.

CHF 2,7 Mrd. wurden in kotierte Unternehmen investiert, darunter etwa ADC Therapeutics aus Lausanne (CHF 470 Mio.), CRISPR Therapeutics (CHF 940 Mio.), Idorsia

(CHF 866 Mio.), Molecular Partners (CHF 80 Mio.) und Basilea (CHF 125 Mio.). Bei den nicht-kotierten Unternehmen konnten VectivBio Holding AG (CHF 135 Mio.), SOPHiA Genetics (CHF 100 Mio.) und das neu gegründete Unternehmen Noema Pharma (CHF 54 Mio.) die größten Finanzierungsrunden abschließen.

Die meisten dieser Investitionen fokussierten auf COVID-19-unabhängige Forschungsgebiete. Der Start zahlreicher klinischer Studien und neuer Marktzulassungen (zum Beispiel die US-Zulassung von Aducanumab, des ersten, von Neurimmune und Biogen entwickelten Wirkstoffs zur Behandlung der Alzheimerkrankheit) zeugen von der ungebrochenen Innovationskraft dieses Industriesektors. Gleichzeitig investierte die Schweiz weiterhin in den Ausbau des Patent-Portfolios – ein wesentlicher Faktor, der dazu beigetragen hat, dass die Schweiz zum zehnten Mal in Folge den Spitzenplatz des Global Innovation Index einnehmen konnte.

Michael Altorfer

len Kooperationen zu bevorzugen. Wenn aber einzelne Länder oder Staatengemeinschaften versuchen, ihre eigene Versorgungskette, ihre eigene strategische Forschung, ihre eigenen Notvorräte sowie ihre eigenen Grenzkontrollen und Regeln zu etablieren, dann wird die internationale Zusammenarbeit unweigerlich schwieriger werden.

Damit könnte eine Ära eintreten, in der die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler darüber nachdenken müssen, ob sie ihre Daten mit Nachbarländern wirklich teilen sollen oder ob sie Forschergruppen aus bestimmten Ländern, mit denen sie jahrzehntelang zusammengearbeitet haben, Zugang zu neuen Technologien gewähren sollen. Auf diese Weise entwickeln wir uns jedoch in die falsche Richtung – und mit Sicherheit würden wir den Innovationsfortschritt verlangsamen, da wir gleichsam in Silos arbeiten würden und den wissenschaftlichen Fortschritt nicht international nutzen könnten.

Die Entwicklung ist aus der Sicht der Schweiz einfach zu beobachten, da wir früher ein willkommener Forschungspartner waren und vielfach in für alle Seiten vorteilhafte Kooperationsprozesse eingebunden waren. Die Schweiz war Gründungsmitglied vieler europäischer (Forschungs-)Gemeinschaftsprojekte – Beispiele sind die Europäische Weltraumorganisation, CERN, *Science Europe*, das Euro-

»Wissenschafts-basierte Innovation muss weiterhin eine gemeinsame globale Anstrengung sein.«

päische Patentamt, der Europäische Wasserverband, um nur einige zu nennen. Als kleines Land ist die Schweiz auf die internationale Forschung geradezu angewiesen.

Einige wenige Beispiele aus der jüngsten Vergangenheit machen deutlich, dass die Bereitschaft zur internationalen Zusammenarbeit auch in der EU zu bröckeln beginnt:

» Die EU erklärt, dass es Forschungsbereiche von strategischem Interesse gibt, zu denen die EU den assoziierten Mitgliedern keinen Zugang mehr gewähren will.

» Die EU schließt San Marino von ihrem Impfstoff-Lieferprogramm aus – mit der Begründung, der Zwergstaat sei kein EU-Mitglied und müsse sich daher selbst helfen. Russland springt ein, und als Folge davon hat San Marino zurzeit die höchste Impfquote in Europa.

» Die EU beginnt, die Belieferung der in der Schweiz ansässigen Hersteller zu kontrollieren und errichtet zusätzliche bürokratische

Hürden, die die Herstellung von Medikamenten verlangsamen.

» Die EU richtet ein EU-internes Programm ein, um die Versorgung mit lebenswichtigen Medikamenten sicherzustellen, bezieht aber die nächsten Nachbarn nicht mit ein, obwohl diese den gleichen Bedarf haben und eigentlich zur Lösung beitragen könnten.

» Anstatt die Chance der grenzüberschreitenden Forschung zu nutzen, hält die EU nicht nur eine solche Forschungszusammenarbeit für nicht notwendig, sondern nimmt Forschungsgruppen in bilateralen Verhandlungen sogar in Geiselnhaft. Der Zugang zum EU-Forschungsprogramm *Horizon Europe* ist durch ein laufendes und vereinbartes bilaterales Abkommen zwischen der Schweiz und der EU geregelt. Trotzdem lässt die EU nicht einmal die Aufnahme von Verhandlungen über eine Assoziierung zu, nur um Druck auf die Schweiz auszuüben.

Ob dieser Ansatz letztlich für die EU von Vorteil ist, muss sich zeigen. Wie im Beispiel von San Marino könnte sich herausstellen, dass das Verhalten der EU kleinere Partner dazu zwingt, sich anderswo nach Kooperationen umzusehen. Es gibt eine wachsende Zahl von Wissenschaftlern und Ökonomen in der Schweiz, die zu dem Schluss gekommen sind, dass der „EU-first“-Ansatz die Schweiz zwingen wird, den Aufbau alternativer bilateraler Abkommen zu beschleunigen und den Ausbau unseres Handels insbesondere mit den USA und Asien voranzutreiben. Ich möchte dies nicht beurteilen, aber ich bin überzeugt, dass es ein falscher Ansatz ist, zu glauben, eine Segmentierung der Wissenschafts-basierten Innovation in regionale *F&E-Hubs* werde erfolgreicher sein als eine internationale Zusammenarbeit.

Wissenschafts-basierte Innovation muss weiterhin eine gemeinsame globale Anstrengung sein. Und so wie wir zusammenarbeiten, um so schnell wie möglich innovativ zu sein, müssen wir auch zusammenarbeiten, um sicherzustellen, dass innovative Therapien allen zur Verfügung stehen, die von solchen Innovationen profitieren können. Wie bei der COVAX-Initiative hinsichtlich der COVID-19-Impfstoffe kann die internationale Gemeinschaft diese gewaltige globale Aufgabe nur in enger internationaler Zusammenarbeit bewältigen.

Wir können es uns nicht leisten, uns bei den Bemühungen um Innovationen zu isolieren. Ein solcher Aufwand wird unweigerlich den Fortschritt insgesamt verlangsamen. Er wird zu sehr schwierigen Verteilungskämpfen führen und alle Wissenschaftler zwingen, Informationen nur selektiv zu teilen. Die Grundlagenforschung wird zu einem politischen Werkzeug werden. Die Produktionskapazitäten werden ein Teil der nationalen Verteidigungsstruk-

tur werden und sogar gegen enge Verbündete eingesetzt werden. Was wir während der Pandemie erlebt haben, als letztlich einige Länder nur auf sich selbst schauten und die Versorgung mit Produkten oder Zwischenprodukten einschränkten, wird zur Norm werden.

Der historische Erfolg der internationalen Zusammenarbeit bei der Bewältigung der COVID-19-Pandemie sollte Ansporn sein, mehr in Wissenschafts-basierte Innovationen zu investieren, zusammenzuarbeiten, medizinische Herausforderungen gemeinsam anzupacken,

»Wir können es uns nicht leisten, uns zu isolieren. Die Grundlagenforschung würde dabei zu einem politischen Werkzeug werden.«

Erkenntnisse zu teilen und gemeinsam sicherzustellen, dass alle vom medizinischen Fortschritt profitieren können. Ich hoffe, dass diese bremsenden, nationalistischen Tendenzen möglichst schnell wieder verschwinden und dass die Risikobereitschaft und Innovationskraft der Biotech-Unternehmer, Investoren und Firmenmitarbeiter anerkannt und international gefördert wird.

Swiss Biotech und die Swiss Biotech Association

Die 1998 gegründete Swiss Biotech Association vertritt die Interessen der Schweizer Biotech-Industrie. Um ihre Mitglieder in einem wettbewerbsintensiven Markt zu unterstützen, setzt sich die Swiss Biotech Association für optimale Rahmenbedingungen und den Zugang zu Talenten, neuen Technologien und finanziellen Ressourcen ein. Die Swiss Biotech Association arbeitet mit zahlreichen Partnern und Life-Science-Clustern weltweit unter der Marke Swiss Biotech™ zusammen, um die Schweizer Biotech-Industrie zu stärken und zu fördern. Weitere Informationen unter swissbiotech.org.

Michael Altorfer

Aus der Corona-Krise in die Biologisierung der Gesellschaft

VON PETER QUICK, WALLDORF



Für den künftigen Erhalt des Wirtschaftsstandorts Deutschland wird auch ein tiefgreifenderes Verständnis der Biologie in Politik und Gesellschaft vonnöten sein.

Wenn Politik und Bevölkerung ein biologisch und naturwissenschaftlich besseres Urteilsvermögen hätten – wie viel mehr Menschen wären gesund durch die Pandemie gekommen? Ein Zitat der Wissenschaftsjournalistin, Chemikerin und Grimmepreisträgerin Mai Thi Nguyen-Kim zielt im Umkehrschluss zumindest tendenziell in eine ähnliche Richtung, als sie schon im letzten Jahr meinte: „Wir als Gesellschaft bewerten Naturwissenschaften als Genie- oder Freak-Wissen und weniger als Allgemeinwissen – und das fällt uns jetzt in der Pandemie auch mit auf die Füße.“ [1]

Bereits 2001 schrieb ich in meinem Artikel „Biologieunterricht als Hauptfach nötig“ für die *Sächsische Zeitung*: „Biologie muss Hauptfach werden, wenn die kommenden Schülergenerationen in die Zukunft führen sollen. [...] Dabei geht es nur im Einstieg um reines Sachwissen. Bewertungsfähigkeit wird gebraucht, für individuelle und gesellschaftliche Entscheidungen, die eine Abstimmung ethischer, wirtschaftlicher, persönlicher Aspekte suchen. [...] Gesundheitsvorsorge auf Grundlage eines weitgehenden biologischen Verständnisses wird zu einem unschätzbaren Produktivfaktor, insbesondere wenn sich die Lebensspannen immer schneller und weiter ausdehnen. Wollen wir über unsere Lebensqualität selbst entscheiden, oder überlassen wir dies einer biologischen Elite? Wie vermeiden wir Ignoranz, Angst und Wissenschaftsfeindlichkeit? Die Lehre vom Leben – auch unseres eigenen Lebens – vermittelt ein so umfassendes und tiefgreifendes Bild von uns und der Welt, dass die Biologie Hauptfach des Jahrtausends werden wird.“ [2, 3]

Einsicht allein genügt jedoch nicht, und wenn natürlich auch keine Mittel für die gesamte Breite der Bevölkerung zur Verfügung standen: Wenigstens im Wissenschaftskommun-

ikations-Wettbewerb „Hauptsache Biologie“, den meine Firma Promega ausrichtete, wurde nachfolgend gehandelt. Der Wissenschaftsjournalist Norbert Lossau und der Biologe Ulrich Scheller zeichneten zwischen 2003 und 2019 insgesamt 33 Siegerteams aus, die sich jeweils aus mindestens einem Wissenschaftler und einem Journalisten zusammensetzten [4]. Am Ende natürlich leider nur ein – wenn auch gelungener – Tropfen auf einen heißen Stein, denn bis heute zeichnen sich weiterhin zahlreiche politische Gremien durch krasse Inkompetenz aus und agieren die Behörden viel zu zögerlich – siehe zum Beispiel das Thema Abwasser-Biomonitoring.

»Wir sollten handeln, damit die Konvergenz zwischen Biologie und Technologie gelingt.«

Wenigstens befasst sich der Koalitionsvertrag der neuen Landesregierung in Rheinland-Pfalz mit der Biotechnologie: „Wir wollen Rheinland-Pfalz in diesem Jahrzehnt zu einem führenden Standort in der Biotechnologie und Altersforschung machen. [...] Für Unternehmen und ihre Beschäftigten gilt es, Lösungen zu finden, die technologischen Wandel und die Prinzipien guter Arbeit im Veränderungsjahrzehnt vereinen.“ [5]

Dies wird in Deutschland jedoch erst dann nachhaltig möglich, wenn Biologie in Übereinstimmung zwischen den Ländern und dem Bund Hauptfach an den Gymnasien wird. Dann könnte sich eine Biologisierung tatsächlich zu einem bedeutenden Zukunftspfeiler unserer Gesellschaft entwickeln, zu dem konkret die folgenden drei Stränge gehören würden:

» naturwissenschaftliche Urteilskraft, die dem individuellen als auch gesellschaftlichen Leben zugutekommen;

» der persönliche und gesellschaftliche Wert, das Leben an sich – zumindest in grober Annäherung – in seinen molekularen Prinzipien zu verstehen;

» nicht zuletzt die wirtschaftliche Perspektive, da Deutschland durchaus ein sehr starker Standort für die *Life Sciences* werden kann.

Wirtschaft, Politik und Gesellschaft würden dann verstehen, wie breit und tiefgreifend biologisch basierte Lösungen weit über das Gesundheitswesen hinaus zur Nachhaltigkeit beitragen können – und entsprechend handeln, bis die Konvergenz von Biologie und Technologie gelingt.

Entsprechend formulierte im Mai 2019 ein *White Paper* von vierzig Vertreterinnen und Vertretern aus Forschungseinrichtungen im Stuttgarter Raum, die zu einem „Kompetenzzentrum Biointelligenz“ zusammengekommen waren: „Die Biologische Transformation wird entscheidend zum Erhalt des Wirtschaftsstandorts Deutschland beitragen und stellt gleichzeitig eine einzigartige Chance dar, eine innovative, nachhaltige Wertschöpfung in die Tat umzusetzen. [...] Ausschlaggebend für den langfristigen Erfolg der Biologischen Transformation ist ein breites und grundlegendes Wissen in Naturwissenschaften, Technik, Informatik sowie in den Sozial- und Geisteswissenschaften. Dies ist sowohl in der Ausbildung, durch Anpassung von Lehr- und Studienplänen sowie dem Aufbau neuer Studiengänge, als auch in der Forschung und Entwicklung notwendig.“

Den rechtzeitigen Einstieg in die Digitalisierung hat Deutschland verpasst, möglicherweise sogar unterdrückt [6]. Die Biologisierung dagegen können wir noch gemeinsam gestalten und wenigstens punktuell Weltmarktfüh-



rung erarbeiten. Dazu braucht Deutschland einen gewissen Einklang der *Life-Sciences*-Verbände und Wissenschaftsorganisationen, einen Diskurs mit der Politik – sowie eine moderne Form des Austausches mit den Bürgerinnen und Bürgern in einfacher, eingängiger illustrierter Alltagssprache! Das schließt den Mut ein, die moderne Molekular- und Zellbiologie im Kern der *Life Sciences* ganzheitlich zu denken, sowie den Willen, Biologie in praktischen Schritten als Hauptfach in den Schulen einzuführen. Und nicht zuletzt müsste man die Inhalte und Förderungen aller mit öffentlichen Mitteln finanzierten Forschungsprojekte für interessierte Bürger zugänglich machen – einfach und vollständig, denn Transparenz ist die Voraussetzung für Akzeptanz [7-10].

Worum geht es konkret? Klar, die historisch gewachsene Fermentation nutzt heute die vielfältigen Fähigkeiten lebender Organismen zur Produktion gewünschter Zielmoleküle im „Bioreaktor“. Doch es geht viel weiter – etwa zur Bionisierung von Prozessen, wobei molekular- und/oder zellbiologische Prozesse lebender Organismen als Vorbild dienen oder so direkt wie möglich in wirtschaftliche Fertigungs- und/oder Analyseabläufe übernommen werden. Der Begriff „Bionik“ ist in der Öffentlichkeit durch plakative Geschichten sowieso bereits verbreitet: Oberflächen von Flugzeugen ahmen mit entsprechenden Folien überzogen strukturelle Elemente der Haifischhaut nach, verringern dadurch die Reibung in der Atmosphäre und sparen ein Prozent Treibstoff. Konzepte der Biotechnologie, der Impfstoff-, Therapeutika- oder Diagnostika-Entwicklung folgen möglichst direkt der molekular- und zellbiologischen Logik, um optimale Lösungen zu erzielen – die mRNA-Impfstoffe von BioNTech oder Moderna sind Paradebeispiele.

Als negatives Beispiel mag an dieser Stelle hingegen das gescheiterte Impfstoff-Projekt der Firma CSL Limited und der Universität Brisbane in Australien gelten, in dem das Protein gp41, das auch bei HIV vorkommt, als „Stabilisator“ genutzt wurde – woraufhin einige geimpfte Probanden falsch-positive Ergebnisse bei HIV-Tests zeigten. Vorhersagbar, denn hier verstößt bereits der Ansatz gegen die einfachste immunbiologische Logik.

Noch weitere Beispiele veranschaulichen die Möglichkeiten moderner Biologie in Richtung Nachhaltigkeit. So ermöglichen beispielsweise an Land lebende Cyanobakterien die

»Den Life Sciences fehlt es an Verankerung in der Gesellschaft.«

Produktion antimikrobieller Wirkstoffe [11]. Oder nehmen wir das Projekt „Sonnenblumen als Erdölersatz“. Brigitte Poppenberger vom Lehrstuhl Pflanzenzüchtung der Technischen Universität München erklärt dazu: „Das ist in der Theorie der Molekularbiologie eine leicht lösbare Aufgabe. Wir kennen das Enzym, das in Sonnenblumenkernen Ölsäure zu Linolsäure umsetzt. Es ist die Desaturase FAD2-1. Wenn wir seine Aktivität hemmen, reichert sich Ölsäure an“. Auf diese Weise ließen sich alternative Ölquellen erschließen – und genau diese Strategie verfolgt ihr Projekt „Inno Sun“.

Apropos Sonne. Bereits heute wird aus Biogas Energie gewonnen. Die Entwicklung künstlicher Photosynthese, orientiert an den durch die Evolution optimierten biologischen Abläufen, verspricht im Verhältnis dazu jedoch un-

schätzbar größeres Potenzial – insbesondere auch für eine nachhaltige Energiespeicherung [12]. Wie aber lässt sich eine effiziente Spaltung von Wasser in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff im Labor realisieren?

Wolfgang Lubitz, Direktor emeritus am Mülheimer Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion, erklärte kürzlich dazu: „Eine Schlüsselstellung nehmen dabei die notwendigen Katalysatoren ein. In der Natur sind das die Enzyme Wasseroxidase und die Hydrogenasen. Natürlich vorkommende Enzyme enthalten häufig vorkommende und preiswerte Metalle wie Mangan, Eisen und Nickel. Für den chemisch-technischen Einsatz jedoch werden heute fast ausschließlich Edelmetalle wie Platin als Katalysatoren eingesetzt, die sehr gut funktionieren, deren Vorkommen aber leider begrenzt sind. Dem Vorbild der Natur folgend wird daher nach neuen Metall-Katalysatoren gesucht, um die künftige Erzeugung von Wasserstoff im großen Maßstab ebenso effizient wie umweltfreundlich zu machen. Das Ziel ist also der sogenannte grüne Wasserstoff, der nicht nur für die Energieversorgung der Zukunft eine zentrale Rolle spielt, sondern auch als einer der wichtigsten Grundstoffe in der Industrie.“

Zum Autor

Peter Quick war von 1997 bis März 2021 Geschäftsführer der Promega GmbH und ist Vorstandsvorsitzender der Fachabteilung Life-Science-Research (LSR) im Verband der Diagnostika-Industrie (VDGH).

AMP • BD Biosciences • Beckman Coulter Life Sciences • Biomol • Bio-Rad Laboratories • Bruker & Hain • Cell Signaling Technologies • Eppendorf • Greiner Bio-One • Hamilton Germany • Illumina • Life Technologies - Thermo Fisher Scientific • Merck - Life Science • Miltenyi Biotec • New England Biolabs • Promega • Qiagen • Sartorius • Scienion • Serva Electrophoresis • Sysmex • Zymo Research

Bosch • Bose Fahrzeugteile • Continental • Dräxlmaier • Eberspächer • Freudenberg • Hella KG • Hueck • Infineon • Leoni • Mahle • Mann & Hummel • Schaeffler • ThyssenKrupp Automotive • Webasto • ZF Friedrichshafen

Automotive

Grafik: Laborjournal / Sillmann

Helfen könnte hierbei die gerichtete chemische Evolution von Enzymen, die innerhalb von wenigen Stunden bis Tagen die Generierung optimierter Biokatalysatoren im Labor erlaubt, für die die natürliche Evolution ansonsten Jahrmillionen brauchen würde. Nicht umsonst erhielt Frances H. Arnold 2018 den Chemie-Nobelpreis für die Entwicklung des entsprechenden Konzepts.

Weshalb aber kann Deutschland immer noch führend in den *Life Sciences* werden, trotz fehlender Verankerung in der Gesellschaft und Versäumnisse in der Bildung? So dass womöglich Nobelpreis-gewürdigte Erfindungen wie die Genschere CRISPR-Cas9 doch noch zum Tragen kommen? Wo ist die Brücke zwischen Grundlagenforschung, Erfindungen, Schaffung von Forschungswerkzeugen und angewandter Wissenschaft? Die Wertschöpfungskette beginnt bei der gut aufgestellten Grundlagenforschung und setzt sich fort über die sechs Branchen *Life-Science-Research* (LSR)-Produkte, Biotechnologie, *In-vitro*-Diagnostika (IVD), Medizintechnik, Pharma bis hin zur zunehmend „weißen“ Chemie. Näher besehen gibt es folglich bereits eine ausgewogene, umfassende *Life-Science*-Landschaft in unserem Land.

Ich selbst komme mit der Promega GmbH aus der LSR-Branche, daher jetzt einige Worte dazu. Der Basisabsatzmarkt „Akademische Forschung“ hat für die Produkte meiner Branche ein Gewicht von über 40 Prozent, dahinter kommt Pharma mit etwa 20 Prozent, und mit Abstand folgen die Analytik- und Diagnostik-Dienstleistungslabors, andere Industriekunden, die Behörden und die Biotech-Industrie. Im April fasste ich anlässlich des Medtec Summits in Nürnberg zusammen: „Dies ist das kreative Feld, in dem Innovationen stattfinden. Hier schafft Innovation zu Beginn der Wertschöpfungskette greifbare Produkte in Form von Forschungswerkzeugen. Akademische Wissenschaftler inspirieren die LSR-Industrie, und LSR-Unternehmen entwickeln Werkzeuge für die Wissenschaftler (in allen LS-Seg-

menten), um diese wiederum in ihren Experimenten zu verwenden.“ [13]

Die wichtigsten Technologie-Plattformen für die über hunderttausend LSR-Produkte unserer Unternehmen basieren weiterhin auf der Molekularbiologie, mit Abstand gefolgt von der Proteinbiologie und Zellbiologie – beide jedoch höchst innovativ und mit großem Wachstumspotenzial. Denn das, was wir als Ausdruck des Lebens wahrnehmen, spielt sich auf der Proteinebene ab; und für die Beobachtung von Lebensphänomenen in der lebenden Zelle gibt es bereits Lösungen, die biologisch relevante Ergebnisse ermöglichen. Wir beginnen förmlich dem Leben selbst direkt zuzuschauen.

Ein Drittel der LSR-Umsätze sind mit Geräten verbunden, zwei Drittel mit Bio-Reagenzien, Kits oder „Consumables“, also Verbrauchsmaterialien wie Pipettenspitzen oder Reakti-

»Der erste Schritt der Wertschöpfung gelingt in der Grundlagenforschung.«

onsröhrchen. So machen die LSR-Unternehmen die Erforschung des Lebens möglich – wie beispielsweise mit der blutbasierten Nukleinsäure-Analytik und sensitiven Verfahren zum Nachweis von zirkulierenden Tumorzellen oder freier Tumor-DNA, von molekularen Markern in den extrazellulären Vesikeln und Thrombozyten, die in Zusammenhang mit Tumorentstehung, Tumorwachstum sowie Metastasierung stehen. „Liquid Biopsy“ ist der Rahmenbegriff und wird auch bei kardiovaskulären Erkrankungen, diabetischen Komplikationen, nicht-alkoholischer Fettlebererkrankung wie auch in der Pränataldiagnostik neue Wege erschließen. Dieses „molekulare Stethoskop“ ermöglicht eine völlig neue Art der Diagnostik und Therapie – und wird damit auch dem Anspruch der *Precision Medicine* beziehungs-

weise dem Konzept der personalisierten Medizin gerecht.

Im Pandemiejahr 2020 wuchs der Umsatzwert der Lieferungen von LSR-Unternehmen an Diagnostiklabors um 33 Prozent, während der Umsatz der *In-vitro*-Diagnostik-Hersteller um 26 Prozent anstieg. Gemeinsam haben diese beiden Branchen das Brechen der ersten drei Pandemiewellen mit ermöglicht.

Die katalytische Dynamik der *Life-Science*-Forschungstechnologien reicht indes darüber hinaus – in die immer schneller wachsenden Felder der angewandten Forschung, über Systembiologie und Synthetische Biologie bis in die Biotransformation und Bioökonomie hinein. Jede der folgenden Technologien und Verfahren kann eine neue Welt der Möglichkeiten erschließen: *Next Generation Sequencing*, Biosensoren, die Einzelzellanalyse als „genetisches Mikroskop“, Stammzell-Therapien, Immuntherapie, Zelltherapie, Gentherapie, Organoid, 3D-Bioprinting, *Tissue Engineering*, Zellregeneration, *Biobanking*, Mikrobiom-Analyse, ...

Die Weiterentwicklung dieser zunächst für die Grundlagenforschung entwickelten Tools führt zu angewandten wissenschaftlichen Lösungen. Aus wissenschaftlichen Arbeitsabläufen haben sich auf diese Weise Laborroutinen entwickelt, vor Jahrzehnten bereits in der Labordiagnostik oder aktuell dem Abwasser-Biomonitoring. Personalisierte Medizin, Lebensmittel- und Verbrauchersicherheit, Kinderwunsch, Alzheimer und Demenz, Tierseuchen oder schnelle Diagnostik wie für SARS-CoV-2 sind Felder, in denen ohne immer neue LSR-Methoden nichts mehr geht.

Nehmen wir die Forensik: Zur Aufklärung von Verbrechen wird DNA aus Tatortspuren mithilfe spezieller LSR-Techniken isoliert und quantifiziert; sogenannte *Short Tandem Repeats* (STR) liefern dann ein genaues Profil des Täters, den „genetischen Fingerabdruck“. In der Transplantations-Immunologie ist diese Technologie ebenso wertvoll. Oder Stichwort „Gen- und Zelltherapien“: LSR-Unternehmen bieten die Bausteine für Gen- und Zellthe-

rapeutische Behandlungen erblicher Erkrankungen – zum Beispiel in der Augenheilkunde oder bei angeborenen Defekten des Immunsystems, für die zielgerichtete Gen-Editierung wie auch für therapeutische Anwendungen in menschlichen oder induzierten pluripotenten Stammzellen, zur Therapie von HIV, zur Bekämpfung von Leukämie und Krebs.

Wie wird die Translation dieser „lebenden Medikamente“ in die Klinik gelingen? Ganz sicher (nur) mithilfe der LSR-Industrie.

Der LSR-Markt in Deutschland steht für etwa acht Prozent des globalen LSR-Marktes und damit für eine Kernstärke Deutschlands. Zukünftig kann er nur mit der Stellung der weltweit renommierten Medizintechnik verglichen werden – dort steht der inländische deutsche Markt für gut zehn Prozent des Weltmarktes. [14]

Was hat nun die Biologisierung von Wirtschaft und Gesellschaft damit zu tun? Biologisierung basiert auf Hochtechnologie – ermöglicht durch ein immer weiter fortschreitendes Verständnis der biologischen Abläufe auf molekularer Ebene und den Werkzeugen, die diese Abläufe oder ausgewählte molekulare Teilschritte daraus über die Technologieplattformen der LSR-Firmen praktisch greifbar machen. Diese Werkzeuge und Einzelkomponenten stehen der Grundlagen- und angewandten Forschung in allen *Life-Science*-Einrichtungen zur Verfügung. Sie werden von den Biotechnologie-Firmen, Impfstoff-Entwicklern, Pharma-Unternehmen und all ihren Dienstleistungspartnern gezielt kombiniert, um ihre jeweiligen Produkt- und Lösungskonzepte zu realisieren.

Der erste Schritt der Wertschöpfung gelingt also in der Grundlagenforschung: der Weg zum biologischen Verständnis. Der zweite Schritt der Wertschöpfung spiegelt die Innovationen der LSR-Firmen: die Umsetzung dieses biologischen Verständnisses in molekularbiologisch basierte Werkzeuge und Bausteine. Diese Innovationskraft ermöglicht den dritten Schritt der Wertschöpfung: hin zu biotechnologischen Konzepten. Und diese wiederum führen häufig erst in einem vierten Wertschöpfungsschritt zu greifbaren Endprodukten – durch Pharma-, Diagnostika-, Chemie- oder zunehmend auch Medizingeräte-Unternehmen.

Etwa zweihundert LSR-Unternehmen sind kontinuierlich im deutschen Markt aktiv, reinvestieren 10 bis 12 Prozent ihrer Umsätze in Forschung und Entwicklung (F&E) – und zählen damit hierzulande zur innovativsten Industrie. Natürlich ist der biologisch basierte *Life-Science*-Markt in Deutschland über die sechs dargestellten Branchen hinweg mit insgesamt knapp 40 Milliarden Euro Inlandsumsatz (noch) nicht vergleichbar mit etwa der Auto-Industrie (etwa 380 Milliarden Euro

im Jahr 2020) sowie dem innerdeutschen Umsatz der Auto-Zulieferunternehmen (gut 80 Milliarden Euro 2018). Doch auch hier treiben die führenden deutschen Automobil-Zulieferer die Innovationen der KFZ-Markenhersteller – und das, obwohl sie zwischen 2015 und 2017 im Schnitt nur 5,7 Prozent ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung investierten.

Der *Life-Science*-Markt steht für eine neue Zeit. Daher lohnt sich die Analogie insbesondere in Hinblick auf die kommende Bedeutung der Zuliefer-Industrien (siehe Grafik): Fahrzeuge und Mobilitätskonzepte versus *Life-Science*-Forschungs- und -Entwicklungsprojekte samt ihren Endprodukten wie Impfstoffe, Medikamente, Diagnostika, Forensik, Biomonitoring, neue Pflanzensorten und vieles andere mehr.

Der wirtschaftspolitische Erfolg der Biologisierung hängt jetzt davon ab, ob sich alle Akteure in den *Life Sciences* als gleichwertige Teilnehmer in dieser Wertschöpfungskette inklusive ihrer Quervernetzungen begreifen und die außerordentlichen Chancen dieser vernetzten Hochtechnologien im Verständnis der Gesell-

»Gerade die gegenseitige „Abhängigkeit“ aller Akteure ermöglicht die Zukunft.«

schaft verankern helfen. Ganz direkt: Es geht nicht um Innovationspreise hier oder dort, es geht um die Anerkennung der jeweiligen innovationsabhängigen Wertschöpfung – und gleich vom Start weg auch um die Öffnung der Tür zur Biologisierung durch die LSR-Unternehmen. Denn *Life-Science*-Forschungs-„Zulieferer“, was bedeutet das? Alle Stakeholder in dieser Kette, die immer wieder ihre Schleifen durch die sechs genannten Ebenen ziehen, liefern einander zu und beziehen voneinander – gerade die gegenseitige „Abhängigkeit“ ermöglicht die Zukunft.

Im letzten Jahr fragte der Astrophysiker Bernard Haisch in seinem Buch „Die verborgene Intelligenz im Universum“: „Wenn das Zeitalter der Physik als Musterbeispiel der Wissenschaft zu Ende geht, was tritt dann an ihre Stelle? Die Antwort lautet: Biologie. Dies hat weitreichende Folgen, die auch auf Bereiche außerhalb der Wissenschaft übergreifen, es wird unsere Wahrnehmung dessen beeinflussen, was Wissenschaft sein soll. [...] Ein Gen ist weitaus komplexer als ein Atom. Mit zunehmender Komplexität der Systeme zeigen sich emergente Eigenschaften. Es könnte aber auch sein, dass komplexere Systeme ihnen innewohnende Gesetze manifestieren, die auf dieser Ebene gelten und nicht auf kollektive Weise aus einfacheren Zuständen her-

vorgehen. Verständlicher formuliert, es könnten Gesetze am Werk sein, die sich nicht auf die uns bekannte Physik reduzieren lassen.“

Deutschland könnte hierbei eine führende Rolle einnehmen – insbesondere auch, wenn in den kommenden Jahren die Integration biologischer Technologien mit künstlicher Intelligenz beginnt. Die Förderung von KI sollte daher schon jetzt mit der Förderung der Biologie zusammengedacht werden, dann werden deutsche Einrichtungen am Ende des Tages mehr Technologien *aus-* statt *einlizensieren*.

Referenzen

- [1] Mai Thi Nguyen-Kim, Mainz. 26.05.2020, *dpa*
- [2] Peter Quick, MDZ, 26.08.2002 S.7.
- [3] Quick, P., 28.11., S. 25, 2001: *Biologieunterricht als Hauptfach nötig*. *Sächsische Zeitung*
- [4] https://de.wikipedia.org/wiki/Hauptsaache_Biologie
- [5] Entwurf des Koalitionsvertrags von SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP, Rheinland-Pfalz, 03.05.2021
- [6] „Deutschland hat die Digitalisierung nicht verschlafen, sondern unterdrückt“, *Süddeutsche Zeitung*, 23. 11. 2020
- [7] Merz, J., Quick, P., 2018: *Transparenz in der Forschungsförderung „Es scheiterte an der Bequemlichkeit“*. *Laborjournal* 12, 34-35
- [8] Hermann, R., Quick, P., 2015: *Forschungsförderung. Datenbank bringt Unternehmen Transparenz*. {transkript. 7-8, 51
- [9] Quick, P., Hoffmann, Th., 2008: *Report Forschungsförderung. Transparente Förderung: Stärkung des Forschungsstandortes Deutschland*. *Laborwelt* 2, 31-33
- [10] Sczesny, D., Quick, P., 2007: *Forschung transparent finanzieren*. *Management & Krankenhaus* 1, 24
- [11] Witthohn et al.: *Novel method enabling a rapid vitality determination of cyanobacteria*, *Engineering in Life Sciences*, erschienen am 27. Oktober 2020; DOI: 10.1002/elsc.201900164
- [12] Professor Wolfgang Lubitz, Direktor Emeritus am Mülheimer Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion; GDNÄ, 05.04.2021
- [13] Quick, P.: *Covid-19 – An Accelerator for Diagnostics? Medtec Summit, Nürnberg*, 22.04.2021
- [14] Passoth, N., Quick, P., 2018: *LSR-Industrie als Treiber des Fortschritts*. *Management & Krankenhaus* 3, 33

Next Generation Biobanking: Die Zukunft der personalisierten Medizin

VON GÜNTHER WINDE, HERFORD; ENRICO PELZ, VIERSEN;
CHRISTIAN STEPHAN, BOCHUM UND ARNOLD M. RAEM, MÜNSTER

Biobanken, die unterschiedlichste biologische Materialien und/oder Daten für Forschungszwecke sammeln, gibt es schon lange. Einen entscheidenden Wandel in ihrer Bedeutung für die Medizin erfuhren sie jedoch zuletzt durch den prospektiven oder sogar präventiven Gedanken der personalisierten Medizin.

Was hat *Biobanking* mit personalisierter Medizin zu tun? Gerade in der Onkologie werden Therapieschemata zum Teil entsprechend individueller molekularer Tumor-Charakteristika geplant. Ein bekanntes Beispiel ist die Antihormonrezeptor-Therapie beim Mammakarzinom. Die Erforschung individueller Tumormarker oder Resistenz-Gene gegen Therapeutika wird diesen Trend in Zukunft weiter bestimmen.

Biobanken liefern eine Vielzahl an Gewebeproben, die von unterschiedlichsten Patienten mit Erkrankungen in verschiedenen Stadien stammen. Werden diese im Hinblick auf deren Biomarker-Expression analysiert und die pseudonymisierten Patientendaten damit in Verbindung gebracht, etwa bezüglich Anamnese, Therapie und *Outcome*, lassen sich Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von Therapien ziehen – oder abhängig vom Biomarker-Status neue Therapieansätze finden. Die gegenwärtigen, mit Unikliniken verknüpften Bioban-

ken sammeln Gewebeproben jedoch meist nur für den eigenen Gebrauch und geben nur wenige Proben nach außen. In Deutschland existiert derzeit nur eine offene Biobank, entsprechend rar sind Gewebeproben für die Forschung, sowohl in öffentlichen Instituten wie in der Industrie. Um mithilfe konservier-

»Die offene Biobank soll sowohl einen medizinischen Mehrwert liefern, als auch den Patienten mehr in den Mittelpunkt rücken.«

ter Gewebeproben die personalisierte Medizin weiter voranzutreiben, riefen wir ein Kooperations-Projekt für eine offene Biobank ins Leben. Diese soll sowohl einen medizinischen Mehrwert liefern, als auch den Patienten mehr in den Mittelpunkt rücken. Erste Vo-

raussetzung für ihren Betrieb ist ein genehmigter Ethikantrag. Zusätzlich sind aber auch zahlreiche sogenannte Standardarbeitsanweisungen (SOPs) nötig, da verschiedene Probentypen mit unterschiedlichen Anforderungen eingelagert werden müssen.

Werden frühzeitig genügend Patientendaten gesammelt, lassen sich mit diesen Vorhersagen für die nächsten fünf bis zehn Jahre treffen. Ein Beispiel hierfür ist das SepsisData-Net, bei dem Patienten anhand verschiedener Biomarker in Risikogruppen für den Verlauf einer Sepsis eingeteilt werden, um die Therapie entsprechend anpassen zu können. Die Daten der offenen Biobank sollen nicht nur kurativ, sondern auch prospektiv im sogenannten *Predictive Support* eingesetzt werden, um beispielsweise ein onkologisches Rezidiv vorherzusagen. Besonders wichtig ist es, die Patientengeschichte im Datenverlauf möglichst vollständig abzudecken, also auch *Outcomes* nach einer Therapie zu dokumentieren, um daraus Rückschlüsse für andere Patienten mit ähnlichen Parametern ziehen zu können.

Bereits heute verwendet man künstliche Intelligenz, um die gespeicherten Daten den eingelagerten Proben und deren Verwendung zuzuordnen – etwa beim sogenannten Septin-9-Test, mit dem man von absterbenden Tumorzellen freigesetzte zellfreie DNA im Blut nachweist, um ein Rezidiv bei Kolorektalkarzinomen zu erkennen. Die Biomarker-Untersuchung erfolgt zeitnah und schnell, um die Diagnose für die Patienten möglichst rasch abzusichern. Auch bei einer Blutvergiftung lässt sich anhand von Daten, die innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Einlieferung erfasst wurden, bereits mit einer 83-prozentigen Wahrscheinlichkeit vorhersagen, welche Patienten die folgenden dreißig Tage überleben werden.

Lange Zeit war man der Auffassung, dass die erforderlichen molekularen Untersuchungen trotz eingeschränkter Probenqualität funktionieren – solange die hierzu eingesetzten Technologien ausgefeilt genug sind. Hier hat sich jedoch ein Paradigmenwechsel vollzogen:

Zu den Autoren

Günther Winde ist Direktor der Universitätsklinik für Allgemein- und Viszeralchirurgie, Thoraxchirurgie und Proktologie am Klinikum Herford, Ruhr-Universität Bochum.

Enrico Pelz ist Pathologe und leitet das 1994 von ihm gegründete Institut für Pathologie Viersen.

Christian Stephan ist IT-Leiter (CIO) von KAIROS, einem Anbieter für Biobanking- und Studienmanagement-Software. Er habilitierte in Bioinformatik an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf und war Abteilungsleiter für Bioinformatik/Biostatistik am Medizinischen Proteom-Center der Ruhr-Universität Bochum.

Arnold M. Raem ist promovierter Biochemiker und Gründer sowie Geschäftsführer der *arrows biomedical Deutschland GmbH*, Fachlabor für Molekularpathologie, Hämatopathologie & Tumorgenetik im Centrum für Nanotechnologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.



Nur eine optimale Probenqualität einschließlich eindeutiger Dokumentation führt auch zu einem optimalen Analyseergebnis. Durch technische Neuentwicklungen, wie zum Beispiel *Next Generation Sequencing* und *Laser Capture Microdissection*, die es erlauben, mit recht kleinen Probenmengen hochkomplexe Analysen durchzuführen, wurde die molekulare Analytik deutlich verbessert. Die für diese Methoden benötigte hohe Qualität und Reinheit des Probenmaterials beziehungsweise der Gewebeprobe wird durch viele Faktoren bestimmt. So können aus einem während der Operation entnommenen Tumor mehrere unterschiedliche Proben präpariert werden. Abhängig von Operation und Tumor ist aber oft nicht ausreichend Gewebe für eine Frischgewebe-Probe vorhanden. In den meisten Fällen wird daher nur ein Teil des Gewebes mit Formalin fixiert sowie in Paraffin eingebettet (FFPE-Block) und zusätzlich ein per Hämatoxylin-Eosin-Färbung behandelter Schnitt mit der Lokalisation des Tumors versehen und eingelagert.

Je nach Verwendungszweck und geplanten Analysen müssen Aufbereitung beziehungsweise Fixierung und Lagerung unterschiedlich erfolgen, um eine gute Probenqualität sicherzustellen. Wichtig ist eine zeitnahe, reproduzierbare und hochreine Proben-Asservierung, die den Status quo des biologischen Gewebezustandes zur Entnahmezzeit möglichst

physiologisch konserviert. Nur so ist gewährleistet, dass sensible Molekülstrukturen erhalten bleiben, die für das Untersuchungsergebnis entscheidend sind.

Die Zeitspanne zwischen der Isolierung der Gewebeprobe und der (Kryo-)Konservierung wirkt sich ebenfalls stark auf die Probenqualität aus. Die kalte und warme Ischämiezeit sollte aus diesem Grund ebenfalls in den Probenaten dokumentiert werden. Da

»Hier kommt es also sehr auf die Disziplin und Schulung des Personals an.«

mit die sehr empfindliche mRNA der Proben möglichst intakt bleibt, um beispielsweise eine Genexpressionsanalyse durchführen zu können, muss der Ablauf von Operation und Probenentnahme klar geregelt sein. Der Chirurg spielt hier eine zentrale Rolle, da die in den SOPs festgelegten Ischämiezeiten eingehalten und das Material schnellstmöglich entweder in Stickstoff oder in die Stabilisierungslösung RNAlater verbracht werden muss. Hier kommt es also sehr auf die Disziplin und Schulung des Personals an. Nur wenn die erforderliche Probenqualität gewonnen wird und keine histologisch relevanten Strukturen beein-

trächtigt werden, ist eine korrekte Tumoranalytik möglich. Auch die Zusammenarbeit mit der Pathologie ist essenziell für die morphologische Qualitätskontrolle. Gewebeprobe, die aus nekrotischem statt aus normalem Tumorgewebe stammen, führen bei der Auswertung schnell zu falschen Ergebnissen.

Konventionell werden für die Probenlagerung Gefriertruhen eingesetzt, in denen Proben häufig in RNase- und DNase-freien Spezial-Mikroreaktionsgefäßen aller möglichen Größen eingelagert werden. Bei Ein- oder Auslagerungsvorgängen werden daher immer mehrere Proben einer veränderten Umgebungstemperatur ausgesetzt, wenn die entsprechende Lagerungsfraction bei diesem Prozess bewegt wird. In häufiger geöffneten Lagerorten verhindern vorgelabelte Gefäße, dass sich Beschriftungen durch wiederholtes Auftauen oder erhöhte Luftfeuchtigkeit ablösen. Hierzu ist ein einheitliches System zur Beschriftung nötig, das mit der strukturierten Datenspeicherung harmonisiert. Die zahlreichen Öffnungs- und Schließvorgänge haben aber auch einen beträchtlichen Einfluss auf die Probenqualität. Um eine dauerhafte Wärmeexposition zu vermeiden, ist ein automatisiertes System notwendig, das Einzelproben in einem temperierten Umfeld, in und aus strukturierten Lagerformaten bewegen kann. Die vollautomatisierte Stickstoff-Lagerung bei Tem-



peraturen unter $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$ nach dem *Cherry-Picking*-Prinzip ist bereits heute möglich. Bei dieser lagert ein vollautomatisierter Roboterarm einzelne, definierte Proben ein und aus, ohne andere Proben zu bewegen und der Umgebungswärme auszusetzen.

Die Verwaltung der Lagerpositionen übernimmt ein Biobank-Informations- und-Management-System (BIMS), das eine ungeordnete Lagerung der Proben verhindert. Ein sogenanntes *Black-Box*-Verfahren mit einer eindeutigen Zuordnung per 2D-Code auf den Kryoröhrchen reicht hier aus, da die Lagerung an einer Zielposition durch die automatisierten Lager übernommen wird. Die Automatisierung sorgt zudem dafür, dass Mitarbeiter nicht mit flüssigem Stickstoff in Kontakt kommen.

Auch das Datenmanagement ist elementar wichtig, um die in der Biobank lagernden Gewebeproben optimal nutzen zu können. Denn was hilft eine perfekt entnommene und konservierte Probe, wenn die entscheidenden Fragen unklar sind: Woher stammt die Probe? Wie wurde sie entnommen? Wurde sie bereits mehrfach aufgetaut – und damit empfindliche Moleküle potenziell zerstört?

Am Institut für Pathologie Viersen, das Enrico Pelz leitet, werden Gewebeproben für

zehn Jahre verwaltet und danach vernichtet. Gegenwärtig pflegt es Proben von 1.200 bis 1.600 Brustkrebsneuerkrankungen pro Jahr. Um sicherzustellen, dass das *Outcome* einer Therapie der entsprechenden Probe zugeordnet werden kann, ist eine Vernetzung

»Neben krankheitsspezifischen Daten sind auch Informationen, die den Zustand und die Qualität der Probe näher charakterisieren, von großem Interesse.«

mit Datenbanken des Landes, zum Beispiel Krebs- und Sterberegister, ebenso notwendig wie die Nachverfolgung. Die Proben werden pseudonymisiert und sind nicht re-identifizierbar. Auch die Möglichkeit der Spender, die Einwilligung zu widerrufen und die Proben und Daten uneingeschränkt vernichten zu lassen, muss gewahrt bleiben. Die vollständige Anonymisierung ist aufgrund der fortlaufend entstehenden medizinischen Daten und Forschungsergebnisse nicht praktikabel. Mit ihr ließe sich beispielsweise ein positives oder negatives Therapie-*Outcome* nicht mit den dazugehörigen Biomarkern verknüpfen.

Die Rückauflösung des Pseudonyms auf einen primären Identifikator darf aber nur durch einen Treuhänder und in Kombination mit medizinischem Fachpersonal erfolgen.

Neben der Diagnose zählen zu den wichtigen Daten auch das Alter und Geschlecht der Patienten sowie die prä- und intraoperative Medikation. Bei Tumorgewebe sind unter anderem das TNM-Stadium, mit dem das Fortschreiten des Tumors bewertet wird, das *Grading* des Tumors, das klinische Tumorstadium sowie Daten zu bereits durchgeführten Therapien zu dokumentieren. Neben diesen krankheitsspezifischen Daten sind auch Informationen, die den Zustand und die Qualität der Probe näher charakterisieren, von großem Interesse. Zu diesen gehören die Dokumentation der kalten Ischämiezeit, die Art der Lagerung – und im Falle einer Gewebeprobe ein histologisches Bild zur Dokumentation des eingelagerten Gewebes. Außerdem sollten zusätzliche Daten wie zum Beispiel die Anzahl der Auftauzyklen und die Temperaturdokumentation mit der Probe verbunden sein.

Die wichtigste verknüpfte Information, die auch in einem Verwaltungssystem sicher und reproduzierbar hinterlegt und einsehbar sein muss, ist der Status der Einwilligung in die Forschung mit der Gewebeprobe. Hier sind unter-

schiedliche Stufen und Alternativen möglich, etwa ein Ausschluss von Industrieforschung. Diese Einwilligungen sollten möglichst weitreichend gefasst sein, um auch zukünftige Forschungsfragen abdecken zu können.

Die lückenlose Dokumentation erfolgt über einen sogenannten *Audit-Trail*, der jede Erstellung, Änderung und Löschung von Informationen festhält – etwa das Datum, die Uhrzeit, den Datenpunkt, den Benutzer sowie die geänderten Werte. Sinnvollerweise könnte die Software einer automatisierten Biobank gleichzeitig wichtige Informationen wie die Temperatur der Proben erfassen und dokumentieren. Die Dokumentation der Daten sollte standardisiert sein, damit sie international vergleichbar ist, etwa in der Erforschung seltener Erkrankungen. Es ist zum Beispiel einfacher, aus stark strukturierten Daten im Anschluss wieder schwach strukturierte herzustellen, etwa einen Arztbrief, als umgekehrt. Die Daten sollten also möglichst wenig über Freitext-Felder dokumentiert werden und zur Fehlervermeidung bei der manuellen Dokumentation direkt aus den vorhandenen Primärsystemen der klinischen Versorgung stammen.

»Die Organisation einer Biobank ist aufgrund der vielen beteiligten Parteien sehr komplex.«

Auch wenn Krankenhausinformations- und Laborsysteme weiter benötigt werden, müssen alle Datenmanagement-Systeme über geeignete Schnittstellen in das Biobank-Informations-Management-System (BIMS) integriert werden. Wo noch keine sinnvolle Datenerfassung stattfindet, kann ein entsprechendes Softwaresystem eingerichtet werden. Das Universitätsklinikum der Ruhr-Universität Bochum ist zum Beispiel auf mehrere Standorte verteilt, entsprechend müssen die Daten von insgesamt acht Kliniken vereint werden. Die hierfür nötige Dachstrategie zur Datenerhebung wird von dem Anbieter von Biobanking- und Studienmanagement-Software KAIROS entwickelt.

Die Organisation einer Biobank ist aufgrund der vielen beteiligten Parteien sehr komplex. Um allen Anforderungen gerecht zu werden, wollen sich die vier Initiatoren der offenen Biobank mindestens alle drei Monate zusammenfinden, um ihre Biobank-Strategie an aktuelle Gegebenheiten anzupassen. Aber auch schon vor Inbetriebnahme müssen sowohl ein positives Ethik-Votum der zuständigen Ethik-Kommission als auch eine positive Stellungnahme durch den zuständigen Datenschutzbeauftragten vorliegen. Natürlich muss auch feststehen, welche Zuständigkeiten bei

welchem der beteiligten Partner liegen, wie die Verbindung zu bestehenden Strukturen abläuft und wie das Nutzungskonzept aussieht. Letzteres regelt, welche Proben primär gesammelt werden und wie der *Turnover* optimal umgesetzt wird. Ein Vergabegremium entscheidet über die Priorisierung der Sammlung und die Vergabe von Proben an Studienbeziehungsweise Arbeitsgruppen.

Trotz aller Bürokratie kann zentral organisiertes *Biobanking* zu einer wesentlichen Verbesserung der Probenqualität und damit beschleunigter translationaler Forschung führen. Der Aufbau einer hochwertigen Biobank, die Proben in höchster biologischer Qualität mit reproduzierbaren und validierten Daten annotiert vorhält, wird in den nächsten Jahrzehnten einen Standortvorteil für die Biomarkerforschung und die Forschung in der personalisierten, zielgerichteten Medizin darstellen. Das Kompetensteam sieht in der offenen Biobank auch eine interessante Plattform für die pharmazeutische Forschung. Mit Spannung blickt es auf zukünftige molekularpathologische beziehungsweise molekularbiologische Untersuchungen, die bei der *arrows biomedical Deutschland GmbH* im Rahmen einer Kooperation bearbeitet werden können.

Momentan liegen Probanden meist noch isoliert an verschiedenen Stellen. Die offene Biobank soll ihre systematische Speicherung und Analyse ermöglichen und damit den Sprung von einer kurativen allgemeinen Behandlung zu einer präventiven individualisierten Therapie beschleunigen. Ihr Ziel ist nicht, den Arzt zu ersetzen, sondern ihn bei seinen Entscheidungen auf dem Weg zur idealen Diagnostik und Therapie zu unterstützen (*decision support*) – was angesichts komplexer Daten, komplizierter biologischer Systeme und ständig neuer Erkenntnisse dringend geboten ist.

Zusätzlich ließe sich der Datenpool für neue pharmazeutische Entwicklungen nutzen. Liegen bereits Einverständniserklärungen für den Einsatz des Gewebematerials zu Forschungszwecken vor, ist es beispielsweise einfacher, klinische Studien durchzuführen und ihre Ergebnisse zu publizieren. Das Institut für Pathologie Viersen führt anhand solcher Daten zusammen mit der Westdeutschen Studiengruppe regelmäßig Multivarianzanalysen von bis zu 900 Genen durch. Mithilfe der offenen Biobank können auch weitere privat geführte Institute in die Grundlagenforschung integriert werden und Ergebnisse kurzfristig veröffentlichen – bei einer Untersuchung von 119 Genen geschah dies beispielsweise innerhalb von neun Monaten beim Meeting der *American Society of Clinical Oncology (ASCO)*.

Die gesammelten Daten unabhängig von Richt- und Leitlinien personalisiert zu nutzen,

ist das Ziel der offenen Biobank. Übliche Therapie-Leitlinien sind nicht individualisiert, sondern geben nur generalisierte Empfehlungen für die Therapie. Traditionell beginnt der Arzt bei einer Krebstherapie erst über eine individuellere Therapie nachzudenken, wenn ein Tu-

»Wir haben die Vision, dass sich aus den Daten der offenen Biobank zukünftig neue Therapieoptionen generieren lassen.«

mor metastasiert und die Erstlinientherapie versagt hat. Auch in der Erstlinie kann sich jedoch eine Therapie abseits des Standards lohnen. Wir haben die Vision, dass sich aus den Daten der offenen Biobank zukünftig neue Therapieoptionen generieren lassen, die gerade die überarbeiteten Onkologen bei der Auswahl einer möglichst erfolgversprechenden Therapie unterstützen können. Viele Patienten sterben, überspitzt formuliert, aufgrund von Datenschutzbestimmungen, Untätigkeit sowie der Ansicht, man habe etwas schon immer so gemacht. Daher wollen wir Kliniker, Pathologen und Experten aus der Molekularanalytik zusammenführen, um die großen Potenziale ihrer Daten und Auswertungen sektor-übergreifend nutzbar zu machen.

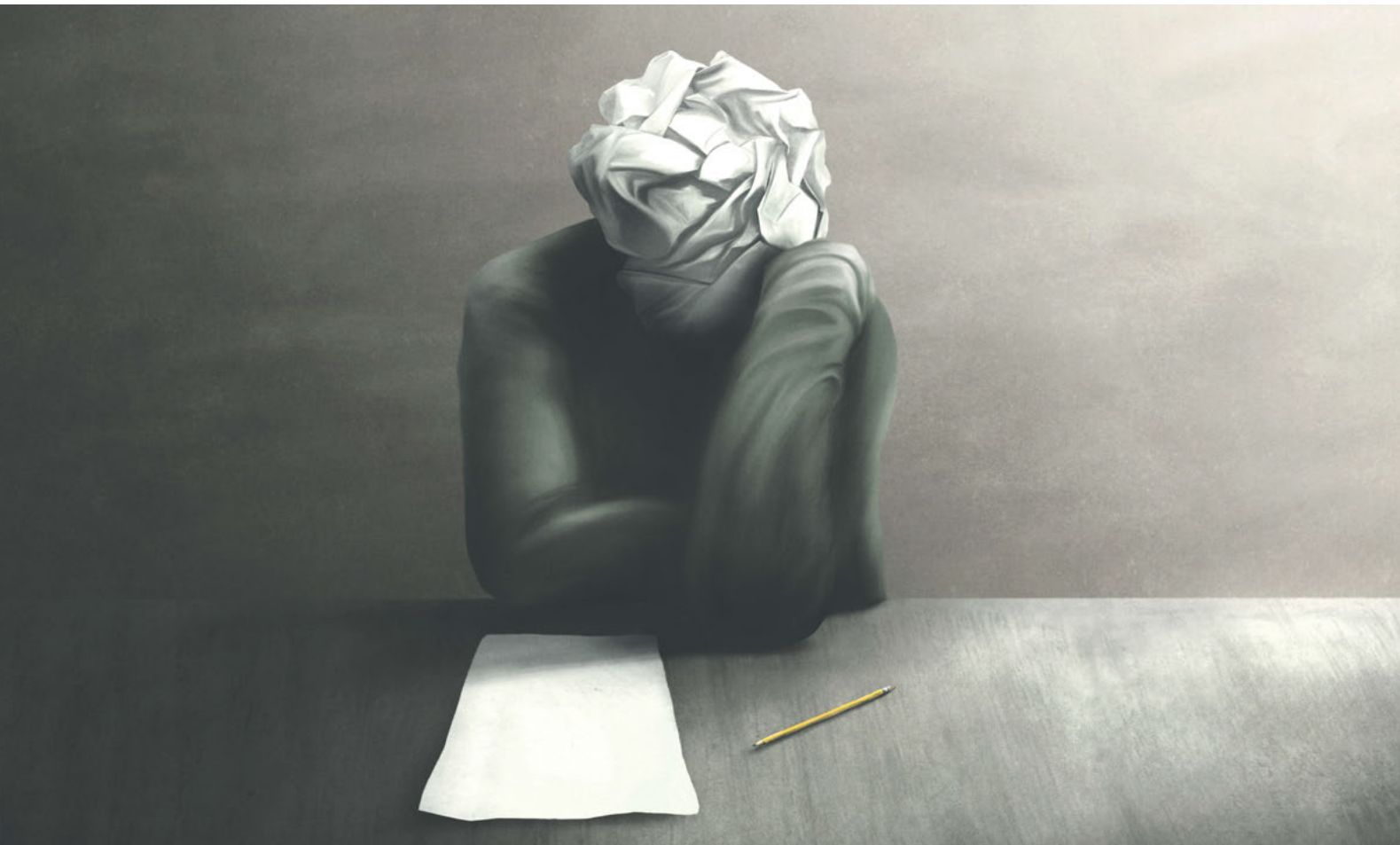
Da Patienten Informationen zu Therapien sehr leicht online finden, fragen sie im Rahmen der Nachbetreuung immer häufiger nach personalisierter, zielgerichteter Medizin und *Off-Label*-Therapien. Es ergibt sich also auch hier eine interessante Perspektive für Patienten, die sich aktuell in der Versorgung befinden. Mithilfe eines großen Datenpools könnte etwa überprüft werden, wie die Behandlung bei vergleichbaren Patienten ablief und welche Therapieoptionen beispielsweise das *Outcome* verbessert haben.

Weitere detaillierte Informationen zum Thema Biobanking finden Sie auch in der zweiten Auflage des Lehrbuchs „Immunoassays – ergänzende Methoden, Troubleshooting, regulatorische Anforderungen“ von Arnold Maria Raem und Peter Rauch (Springer-Verlag Heidelberg), das bald als Paperback & eBook in einer deutschen und englischen Version erscheinen wird.

Wie lässt sich Leben nachbauen?

VON KERSTIN GÖPFRICH, HEIDELBERG

Der Bau einer künstlichen Zelle aus unbelebten Bausteinen blieb lange philosophische Spekulation – zu komplex erschien das Experiment. Heute bieten ausgefeilte Werkzeuge neue Möglichkeiten. Gelingt es, ein lebendiges „Modellsystem“ zu konstruieren?



Manchmal möchte man meinen, dass Leben aus dem Nichts entstehen könne: Wenn Blumen aus Felsspalten hervorwachsen oder das vergessene Pausenbrot unter Pilzbefall leidet. Auch wenn die Menschheit lange von der spontanen Entstehung von Leben überzeugt war, zeigten Experimente unter sterilen Bedingungen, dass dem nicht so ist. „*Omnis cellula e cellula*“, jede lebende Zelle stammt von einer bereits existierenden lebenden Zelle ab – „Zellteilung“ lautet das Stichwort [1].

Umso bedeutungsvoller erscheint die Entstehung von Leben auf der Erde, die belegt, dass es zumindest eine Ausnahme gegeben haben muss. Ist es also doch möglich, eine lebendige Zelle aus toter Materie von Grund auf neu zusammensetzen? Mit dieser kühnen Vision beschäftigt sich die synthetische Biologie.

Für den Bau einer künstlichen Zelle erscheint der Blick in den Baukasten der Natur naheliegend. Dort finden sich tausende Bauteile aus Eiweißen, Zuckern, DNA und Fetten. Sie ergeben die kleinste Einheit des Lebens,

»Leben, wie wir es kennen, entsteht aus dem komplexen Zusammenspiel funktionaler Bauteile.«

die Zelle. Der *Bottom-up*-Ansatz in der synthetischen Biologie versucht, die wichtigsten Bauteile zu identifizieren und zu isolieren, um sie anschließend in Zell-ähnlichen Kompartimenten wieder zusammensetzen. Das Ex-

periment glückt zum Teil: Künstliche Zellen können sich teilen, fortbewegen oder auf Reize aus der Umgebung reagieren – aber eben nicht alles auf einmal [2]. Der Zusammenbau aller nötigen Funktionseinheiten erweist sich als enorm schwierig. Oft sind Proteinbauteile nicht miteinander kompatibel, jedes zusätzliche Bauteil steigert die Komplexität. Leben, wie wir es kennen, entsteht aus dem komplexen Zusammenspiel funktionaler Bauteile. Erst hierdurch ergeben sich emergente Eigenschaften, die lebendige von nicht-lebendiger Materie oder eben Biologie von Chemie und Physik unterscheiden. Eine Zelle ist nun mal mehr als die Summe ihrer Teile. Für den Bau einer künstlichen Zelle ist Systemintegration folglich genauso wichtig wie die Realisierung neuer Funktionen einer Zelle. Der Weg hin zu

einer künstlichen Zelle, die alle Eigenschaften ihres natürlichen Vorbilds vereint und somit ihren Namen verdient, ist noch weit. Vielleicht lohnt die Suche nach Abkürzungen?

Auch ein Strategiewechsel könnte helfen – und die Einsicht, dass eine künstliche Zelle nicht unbedingt eine möglichst perfekte Kopie der Natur sein muss. Flugzeuge haben erst fliegen gelernt, als sie aufhörten mit den Flügeln zu schlagen. Abstraktion kann also eine Abkürzung hin zur gewünschten Funktion sein. Anstatt die Bauteile der Natur akribisch genau zusammenzusetzen, könnten wir mit eigens entworfenen Bauteilen arbeiten und den Fokus auf deren Funktion legen.

Doch wie lassen sich solche Bauteile für künstliche Zellen schaffen? Es bedarf Präzisionswerkzeugen, die auf der Nano- und Mikroskala operieren. Solche Werkzeuge wur-

»Die unterschiedlichsten Module stehen bereit, um künstliche Zellen mit hohem Durchsatz fast wie am Fließband zu fertigen.«

den in den letzten Jahrzehnten in den unterschiedlichsten Bereichen entwickelt und es lohnt sich, nach neuen technologischen Entwicklungen Ausschau zu halten. Als besonders hilfreich hat sich die DNA-Nanotechnologie erwiesen: Anstatt zur Speicherung von Erbinformation lässt sich DNA auch als Baumaterial verwenden [3]. Neben statischen, zum Teil fast künstlerischen Nanostrukturen sind auch dynamische Werkzeuge realisierbar. Sie können die Funktion von Proteinen nachahmen und werden bereits in künstlichen Zellen eingesetzt – zum Beispiel als Membranporen, als Verknüpfung zwischen künstlichen Zellen oder als artifizielles Zytoskelett [2].

DNA-basierte Prototypen solcher Komponenten sind schnell entworfen: Mithilfe von Computer-gestütztem Design wird erst die

gewünschte dreidimensionale Form festgelegt. Bei der sogenannten DNA-Origami-Methode dient ein langer DNA-Einzelstrang als Gerüst mit fester Sequenz. Kurze DNA-Stücke werden so geplant und hergestellt, dass sie an bestimmten Stellen an den langen Strang hybridisieren können und diesen durch die Bindung in die gewünschte Form falten [4]. So lassen sich problemlos Milliarden Kopien der gewünschten Strukturen herstellen. Proteine entsprechend zu designen, wäre (noch!) um ein Vielfaches schwieriger.

Bei der Integration der Bauteile helfen unter anderem mikrofluidische Chips. Mit ihrer Hilfe können Zell-ähnliche Kompartimente erzeugt und Komponenten darin eingeschlossen werden. Die unterschiedlichsten Module stehen bereit, um künstliche Zellen mit hohem Durchsatz fast wie am Fließband zu fertigen: In der ersten Einheit entsteht das Kompartiment, in das im nächsten Schritt Komponenten injiziert werden können. Dabei wächst das Kompartiment und kann anschließend auf dem Chip geteilt werden, um einen primitiven, wenn auch nicht-autonomen Zellzyklus nachzuahmen [2].

Mit diesen und anderen Werkzeugen in den Händen rückt die Definition der Systemanforderungen in den Fokus. Welche Funktionen machen eine lebendige Zelle aus, welche davon sollte ein Nachbau aufweisen? Eine eindeutige Definition von Leben gibt es nicht. Es lassen sich Eigenschaften auflisten, wie die Vermehrung durch Zellteilung, der Stoffwechsel und Energieaustausch, die Reaktion auf Reize, die Bewegung der Zelle selbst, aber auch die Bewegung von Komponenten innerhalb der Zelle und deren strukturierter Aufbau, dazu Wachstum und Entwicklung – und, nicht zu vergessen, der Zelltod. Nicht immer sind diese Eigenschaften eindeutig erfüllt, sodass oft dafür plädiert wird, den Grad der Lebendigkeit zu betrachten. So genügt etwa ein Virus nicht all diesen Kriterien, es ist aber wesentlich näher am „Lebendig-sein“ als beispielsweise ein Kieselstein.

Eine abstraktere, aber recht umfassende Definition stammt von der NASA: Leben ist Selbstreplikation mit Evolution. Nachdem Evolution nur an Merkmalen angreifen kann, braucht eine künstliche Zelle also einen Mechanismus, der genetische Information mit gewissen Merkmalen verknüpft. In der Zelle geschieht dies durch die Übersetzung der Erbinformation in Proteine. In künstlichen Zellen wäre prinzipiell auch ein anderer molekularer Mechanismus denkbar. Wichtig ist nur, dass die Information an Tochtergenerationen weitergegeben werden kann, wobei Kopierfehler auftreten und ebenfalls weitergegeben werden – sogenannte Mutationen. Viele mögen von Nachteil sein, einige erhöhen die Fitness, sodass Zellen mit erwünschten Eigen-

schaften selektiert werden. So könnte ein lebendiges Modellsystem aussehen – unabhängig davon, ob natürliche oder künstliche Bauteile verwendet werden.

Und wann ist es so weit? Auf eine lebendige künstliche Zelle werden wir sicher noch einige Jahre warten müssen. Doch das Warten lohnt, denn bereits jetzt sind diese primitiven künstlichen Zellen als gut charakterisierte Modellsysteme nützlich, um etwa neue Werkzeuge für Biologie und Medizin zu testen. So werden zum Beispiel die für künstliche Zellen entwickelten DNA-Nanostrukturen auch in der Zellbiologie verwendet [5].

Auch die Technologieentwicklung, zum Beispiel bei Mikrofluidik oder DNA-Nanotechnologie, wird stetig vorangetrieben. Dies beflügelt wiederum andere Forschungs-Disziplinen, wie zahlreiche Patente belegen. Deshalb verwundert es kaum, dass der Bau einer künstlichen Zelle in verschiedenen internationalen Forschungsverbänden und Graduiertenschulen verfolgt wird, zum Beispiel von MaxSynBio, Build-a-Cell, BaSyC oder der Max Planck School Matter to Life [6]. Wenn es so weit ist, sind wir gespannt auf künstliche Zellen, die spätestens dann auch von künstlichen Zellen abstammen!

Referenzen

- [1] R. Virchow, *Die Cellularpathologie in ihrer Begründung und in ihrer Auswirkung auf die physiologische und pathologische Gewebelehre*, Verlag A. Hirschwald, Berlin, 1858.
- [2] Göpfrich, K., Platzman, I., & Spatz, J. P. (2018). *Mastering Complexity: Towards Bottom-up Construction of Multifunctional Eukaryotic Synthetic Cells*. *Trends in Biotechnology*, Vol. 36: 938–51.
- [3] Seeman, N. C., & Kallenbach, N. R. (1983). *Design of immobile nucleic acid junctions*. *Biophysical Journal*, 44(2): 201–209.
- [4] Rothemund, P. W. K. (2006). *Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns*. *Nature*, 440(7082): 297–302.
- [5] Schoenit A, Cavalcanti-Adam EA, Göpfrich K. *Functionalization of Cellular Membranes with DNA Nanotechnology*. *Trends Biotechnol*. 2021 Mar 12;S0167-7799(21)00034-2.
- [6] <https://mattertolife.maxplanckschools.org/2867/en>

Zur Autorin

Kerstin Göpfrich ist promovierte Physikerin und seit November 2019 Gruppenleiterin am Max-Planck-Institut für medizinische Forschung in Heidelberg. Mithilfe von DNA-Origami, Mikrofluidik und 3D-Druck versucht sie mit ihrem Team, eine synthetische Zelle von Grund auf neu zu konstruieren.



Engpass Bioinformatik: Warum die Genom-Analyse im Kampf gegen Pandemien essenziell ist

VON FRANZISKA HUFISKY, JENA

Angesichts von SARS-CoV-2 erlebt die Viren-Bioinformatik einen Riesenboom. Fieberhaft entwickeln Bioinformatiker neue Tools und Programme für die Sequenzanalyse und phylogenetische Überwachung des Virus. Auch bei zukünftigen Pandemien wird die Genomanalyse darüber entscheiden, wie schnell und effektiv Virologen, Epidemiologen, Gesundheitsämter und Politiker auf die Bedrohung durch ein gefährliches Virus reagieren können.

Vor hundert Jahren forderte die Spanische Grippe weltweit mehrere Millionen Tote. Heute sind wir erneut mit einem Virus konfrontiert, dem bereits über 3,5 Millionen Menschen zum Opfer fielen. Vor zwei Jahren (also etwa ein halbes Jahr vor Ausbruch der Pandemie) habe ich mir auf meinem Blog „BioInfoWelten“ Gedanken darüber gemacht, wie realistisch das Hollywood-Szenario eines „Apokalypse-Virus“ ist [1]. Ich will ja nicht sagen, „Ich habe Sie gewarnt“ – aber ein bisschen prophetisch habe ich mich danach doch gefühlt.

In meinem Beitrag ging es vor allem darum, wie sich die Epidemiologie von der Falldaten-Analyse und Kontaktverfolgung weg entwickelt und auf die *Big-Data*-Ebene gehoben wird. Heute versuchen Forscher, epidemiologische Fragen mithilfe der Sequenzierung viraler Genome und ihrer bioinformatischen Ana-

»Heute versuchen Forscher, epidemiologische Fragen mithilfe der Sequenzierung viraler Genome mit molekularer Präzision zu beantworten.«

lyse mit molekularer Präzision zu beantworten: Wie wird das Virus übertragen? Wie breitet es sich aus? Wie nützlich sind Interventionsmaßnahmen (Masken, Abstands- und Hygiene-Regeln)? Wie verändert sich das Virus? Wie groß ist der Raum der Quasi-Spezies, also verschiedener Varianten des Virus?

Sequenzdaten sind deswegen so interessant, weil sich Viren schnell vermehren und dabei ihre Genome rasant verändern – insbesondere RNA-Viren wie SARS-CoV-2. Aktuelle Sequenzieretechniken erfassen virale Genome zu relativ geringen Kosten in Echtzeit. Dennoch ist eine Vollgenom-Sequenzierung teurer als die einfache klinische Überwa-

chung durch qPCR-Tests und wurde daher zu Beginn der Pandemie kaum eingesetzt. Die Genomsequenz von SARS-CoV-2 wurde bereits am 5. Januar 2020 auf GenBank veröffentlicht, in vielen Ländern begann die molekulare Überwachung des Virus aber deutlich später – in Deutschland startete man damit erst, nachdem bereits ein volles Jahr Pandemie ins Land gezogen war. Erst die beunruhigende Aussicht, dass die entwickelten Impfstoffe bei den veränderten Virusvarianten weniger wirksam sein könnten, sowie der Druck von Seiten der Wissenschaft führten weltweit zu einer konsequenteren Überwachung des Virusgenoms.

Pandemie-Erreger zeichnen sich durch hohe Reproduktionsraten und schnelle Anpassungsfähigkeit aus, wodurch ständig neue Varianten mit veränderten Virulenz-Eigenschaften entstehen. Im Vergleich zu anderen RNA-Viren evolviert SARS-CoV-2 verhältnismäßig langsam. Das Virus befällt die Wirtszelle, repliziert sich und eine „Wolke“ veränderter Viren (im Durchschnitt je eine Veränderung zwischen den einzelnen Genomen) verlässt die Zelle. Anhand der Sequenzdaten kann man die genomischen Veränderungen dieser Quasi-Spezies nachvollziehen, neu auftretende Varianten schnell identifizieren und ihre Ausbreitung genau beobachten. Darüber hinaus lässt sich mit ihnen abschätzen, ob neue Varianten hinsichtlich der Übertragbarkeit oder der verminderten Wirkung von Impfstoffen eine Gefahr für die Bevölkerung darstellen. Bei SARS-CoV-2 achtet man zum Beispiel besonders auf Mutationen im Spike-Protein, die sich auf Übertragungsraten und Infektiosität auswirken, oder auf Mutationen, welche die Effizienz von Tests oder Impfstoffen unterlaufen könnten.

In Deutschland wurden verschiedene Konsortien ins Leben gerufen, um die Genomsequenzierung von SARS-CoV-2 systematisch und mit möglichst vollständigen Informatio-

nen voranzubringen, zum Beispiel die im März 2020 gegründete „Deutsche COVID-19 OMICS Initiative“ (DeCOI) [2]. In die Genomsequenzierung zu investieren, ist nicht nur ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu einem tieferen Verständnis von SARS-CoV-2 und der aktuellen Pandemie. Sie ist auch die Basis für neue Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung, mit denen man gezielter auf zukünftige Pandemien reagieren kann.

»Schon vor einigen Jahren sprachen sich Virologen und Bioinformatiker für mehr Genomsequenzierung aus – leider ohne großen Erfolg.«

Die Idee ist nicht neu. Schon vor einigen Jahren sprachen sich Virologen und Bioinformatiker im Dialog mit nationalen und europäischen Regierungen für mehr Genomsequenzierung aus – leider ohne großen Erfolg [3]. Aber jeder Krise wohnt auch eine Chance in-

Zur Autorin

Franziska Hufsky ist promovierte Bioinformatikerin und Wissenschaftliche Koordinatorin des Europäischen Zentrums für Viren und Bioinformatik am Lehrstuhl für RNA-Bioinformatik und Hochdurchsatzanalyse an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. In dem von ihr geführten Blog „BioInfoWelten“ der Universität Jena erklärt sie alles zur Bioinformatik von Mäusen, Bäumen, Viren und Co.



ne, und so legt diese Pandemie vielleicht den Grundstein für die nachhaltige Überwachung von Virengenomen. Denn es ist nur eine Frage der Zeit, bis auch andere Viren den Weg in den Menschen finden. Klimawandel, Entwaldung, Urbanisierung, kapitalistische Tierwirtschaft sowie die beispiellose Mobilität von Waren, Menschen, Tieren und Krankheitsüberträgern erleichtern die Ausbreitung von Viruserkrankungen und schaffen ideale Bedingungen für Pandemien. Also sollten wir im besten Fall schon vor der nächsten Pandemie eine Ahnung davon haben, was uns erwartet. Die Genomanalyse kann hierbei entscheidend helfen.

Die schiere Menge an Daten wirft aber die Frage auf, wie daraus die relevanten Informationen extrahiert und interpretiert werden sollen. Wissenschaftler nehmen das Genom des Virus unter die Lupe, um Einblick in die Evolution und Pathogenese des Virus zu erhalten und nach dessen Schwachstellen zu suchen. Sie spüren Veränderungen auf Genom- und Proteinebene auf, verfolgen die Pandemie

mithilfe phylogenetischer und epidemiologischer Modelle und untersuchen mögliche Angriffspunkte für Medikamente. Viele dieser grundlegenden Fragen können angesichts der Datenmengen nur mithilfe der Bioinformatik angegangen werden.

Die Viren-Bioinformatik erlebte in den vergangenen anderthalb Jahren einen Boom wie nie zuvor. Entsprechende Tools waren vor der Pandemie nur begrenzt verfügbar, etwa für HIV

»In der Realität bleibt die Analyse der Daten aber ein Engpass.«

oder Influenza-Viren. Auch wenn es wohl vorerst nicht möglich sein wird, die nächste Virus-Epidemie vorherzusagen, sollten wir alle Hebel in Bewegung setzen, um im Falle eines erneuten Ausbruchs wissenschaftlich fundiert und effizient reagieren zu können. Die Genomanalyse wird in Zukunft eine entscheidende

Rolle bei den Reaktionen des öffentlichen Gesundheitssystems spielen, einschließlich dem epidemiologischen Vorgehen zur Verfolgung und Eindämmung von (viralen) Ausbrüchen.

Die adäquate Analyse der Daten hat enormes Potenzial. Theoretisch könnten wir anhand von Genomdaten Übertragungsketten nicht nur erkennen, sondern auch unterbrechen. Die weltweite phylogenetische Überwachung von Virusvarianten ist unabdingbar, um zum Beispiel das Risiko von (Flug-)Reisen einzuschätzen, um gegebenenfalls Impfstrategien zu ändern oder Patienten eine spezielle medizinische Behandlung zukommen zu lassen.

In der Realität bleibt die Analyse der Daten aber ein Engpass. Die Arbeit landet oft auf dem Tisch junger Wissenschaftler, die entsprechende Tools zusammenbasteln, um wichtige Antworten zu finden. In den Belohnungssystemen der Wissenschaft (seien es hochrangige Publikation oder eingeworbene Forschungsgelder) ist aber kein Platz für den Dienst an der Öffentlichkeit während der Pandemie – und das, wo wir doch zumindest in Deutschland

zumeist über den öffentlichen Dienst finanziert werden. Zum Teil müssen Wissenschaftler sogar ihre eigene Forschung vernachlässigen. Auf die Spitze getrieben führt das dazu, dass diejenigen, die die meiste Arbeit für die öffentliche Gesundheit leisten, am wenigsten Zeit haben, sich um Forschungsgelder und Jobs zu bewerben.

Durch die begrenzten Kapazitäten der Forscher können hohe Softwarestandards meist nicht gewährleistet werden. Stattdessen werden häufig nur Prototypen für die schnelle Datenanalyse entwickelt. Durch gezieltere Zusammenarbeit und Zusammenlegen von Projekten mit ähnlichen oder sich überschneidenden Zielen könnte die Arbeitsleistung gebündelt und die Qualität der Software erhöht werden. Das erfordert jedoch einen zentralen Überblick über neu entwickelte Tools und laufende Forschungsprojekte und darüber, wie diese zusammenpassen könnten. Zudem sind die Lebenszyklen von Software in der Forschung meist relativ kurz. In der Regel ist die kontinuierliche Wartung, Instandhaltung und Weiterentwicklung in der wissenschaftlichen Förderung nicht vorgesehen, so dass die Entwickler gezwungen sind, sich anderen Projekten und Forschungsförderungen zuzuwenden.

Es ist ein großer und wichtiger Schritt, Sequenzdaten im großen Maßstab zu sammeln und so zu speichern, dass sie auch nachträglich effektiv und in verschiedene Richtungen ausgewertet werden können. Dafür ist es unerlässlich, qualitativ hochwertige Sequenzda-

»Solch ein offenes System kann nur mit einer gehörigen Portion Vertrauen funktionieren.«

ten und Metadaten über offene Datenbanken ohne Einschränkungen zur Verfügung zu stellen. Um diesen Austausch von Daten zu begünstigen, ist es wichtig, die Arbeit der Wissenschaftler entsprechend zu würdigen und zu belohnen und sie davor zu schützen, dass ihre Analysen „geklaut“ werden. Solch ein offenes System kann nur mit einer gehörigen Portion Vertrauen funktionieren. Die Eile, mit der Daten derzeit zur Verfügung gestellt werden, ist für das nötige schnelle Handeln wichtig, sie birgt aber auch Gefahren. Zu diesen gehört etwa, dass auch weniger erfahrene Labore gezwungenermaßen in die Sequenzierung einsteigen mussten.

Der NFDI4Microbiota-Verbund ist in Deutschland die zentrale Anlaufstelle für den Zugang zu Daten(-standards), Metadaten und Analysediensten sowie für die Vernetzung von Wissenschaftlern aus verschiedenen Diszipli-

nen [4]. Er setzte sich schon früh in der Pandemie für mehr SARS-CoV-2-Genomsequenzdaten ein und bot bei Probenvorbereitung, Sequenzierung, Verarbeitung und dem Upload der Daten Hilfe an. Die Daten können viele kleine, aber nachteilige Fehler enthalten – in den Sequenzen selbst und in den dazugehörigen Metainformationen.

Zu Beginn dieses Jahres bemerkten Wissenschaftler zum Beispiel eine Zunahme von Sequenzen, die mit „Januar 2020“ gekennzeichnet waren. Doch wurden nicht etwa neue Proben auf der Suche nach aufschlussreichen Hinweisen aus den Gefriertruhen geholt. Nein, Schuld war ganz einfach ein hart codiertes Jahr „2020“ in der Software.

In den Sequenzen selbst sind Fehler meist noch subtiler und folgenschwerer. Verunreinigungen, minderwertige Proben und Fehler bei der Sequenzierung können vermeintliche Mutationen vortäuschen oder echte entfernen. Mangelhafte Daten führen zu fehlerhaften Auswertungen und Schlussfolgerungen. Auch muss die Vorauswahl der zu sequenzierenden Proben in die Auswertung der Ergebnisse einbezogen werden, um kein falsches Bild zu erzeugen, wenn zum Beispiel bestimmte Regionen (oder ganze Länder) unterrepräsentiert sind. Erfahrung und Standardisierung wirken dem natürlich entgegen. Es braucht aber auch stabile und offene Infrastrukturen, die es ermöglichen, Sequenzen und Metadaten während der Pandemie kontinuierlich zu überwachen und schnell auf möglicherweise auftretende Qualitätsprobleme oder Verbesserungsmöglichkeiten zu reagieren. Darüber hinaus werden sich die Fragestellungen und die dafür entwickelten Tools stetig ändern. Fehler werden passieren. Wichtig ist, daraus zu lernen.

Im Laufe der Pandemie wurden viele Bioinformatik-Methoden neu entwickelt oder auf Coronaviren erweitert und angepasst. Bioinformatiker auf der ganzen Welt haben schnell auf die Pandemie reagiert und stellen bioinformatische Tools zur Analyse von Coronaviren bereit, um die SARS-CoV-2-Forschung voranzutreiben. Das Europäische Zentrum für Viren und Bioinformatik (EVBC) trägt diese Methoden zusammen und macht sie den Forschern zugänglich [5]. Unsere Sammlung enthält bereits 45 verschiedene Methoden zu Coronaviren, die von der Untersuchung der Genomsequenz bis hin zur Analyse von Virus-Wirt-Interaktionen sowie möglichen diagnostischen und therapeutischen Ansätzen reichen [6].

Es ist ermutigend, zu sehen, wie sich Forscher in nationalen und internationalen Initiativen zur Bekämpfung der laufenden Pandemie zusammenschließen und darüber hinaus die Grundlagenforschung in der Viren-Bioinformatik weiter ausbauen. Die Überwa-

chung eines pandemischen Virus funktioniert letztlich am besten, wenn viele Experten mit unterschiedlichen Expertisen (Epidemiologie, Virologie, Infektiologie, Bioinformatik et cetera) in gut organisierten Netzwerken ohne große bürokratische Hürden zusammenarbeiten und ausreichend finanziert werden.

Im Forschungsnetzwerk VIROINF wird die nächste Virologen- und Bioinformatiker-Generation in engem Austausch miteinander ausgebildet, um die Virenforschung zukünftig mit

»Dabei ist es besonders wichtig, dass Bioinformatik und Labor Hand in Hand arbeiten.«

speziell entwickelten bioinformatischen Tools auszustatten [7]. Dabei ist es besonders wichtig, dass Bioinformatik und Labor Hand in Hand arbeiten. Zum einen ist es sinnvoll, die Bioinformatik schon ins Boot zu holen, bevor die Daten generiert werden, denn eine gezielte Vorbereitung der Daten auf die gesuchte Fragestellung ist entscheidend für ein aussagekräftiges Ergebnis. Andererseits müssen rechnerische Resultate im Labor überprüft und bestätigt werden. Das VIROINF-Projekt hat schon vor Ausbruch der Pandemie erkannt, dass bioinformatische Methoden parallel zu experimentellen Anwendungen entwickelt werden müssen. Nur so sind sie von unmittelbarem und praktischem Nutzen und ermöglichen ein zusammenhängendes Verständnis sowie neuartige Strategien zur Überwachung und Bekämpfung von Viruserkrankungen.

Referenzen

- [1] <https://scienceblogs.de/bioinfowelten/2019/06/26/apokalyptse-virus-hollywood-oder-realitaet/>
 [2] <https://decoi.eu/>
 [3] Marz M et al. (2014): *Challenges in RNA virus bioinformatics. Bioinformatics*; 30 (13): 1793–99.
 [4] <https://nfidi4microbiota.de/>
 [5] <http://evbc.uni-jena.de/>
 [6] Hufsky F et al (2020): *Computational strategies to combat COVID-19: useful tools to accelerate SARS-CoV-2 and coronavirus research. Brief Bioinform. doi: 10.1093/bib/bbaa232*
 [7] <https://viroinf.eu/>

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Weiterhin finden die meisten Kongresse und Workshops wegen Corona im virtuellen Raum statt. Gleiches gilt für Vorträge, Fortbildungen und Kurse. Auch wenn einige Anbieter wieder den regulären Kursbetrieb in ihren Räumen aufgenommen haben – bei allen Veranstaltungen bleibt ein großes Fragezeichen. Schauen Sie deshalb bitte sicherheitshalber auf der Webseite der Organisatoren oder auf unserer Webseite (www.laborjournal.de, Rubrik „Termine“) nach, ob die Veranstaltungen auch tatsächlich stattfinden – dort versuchen wir, möglichst aktuell zu sein. Ihre eigenen Veranstaltungshinweise dürfen Sie weiterhin gerne an die Mail-Adresse „verlag@laborjournal.de“ schicken.



Kongresse, Tagungen, Symposia

2021

23.7.–25.7. Online
Sommersymposium der Junior-GBM 2021 | Info: <https://gbm-online.de/termine-details/sommersymposium-der-junior-gbm-2021.html>

24.7.–28.7. Wien (AT)/Online
13th European Biophysics Conference of the European Biophysical Societies Association (EBSA) | Info: www.ebsa2021.org

25.7.–30.7. Online
29th Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology and 20th European Conference on Computational Biology | Info: www.iscb.org

26.7.–30.7. Online
ISOTT 2021 – International Society on Oxygen Transport to Tissue Meeting | Info: <https://isott2021.com>

26.7.–30.7. Online
4th Modelling Symposium: Introducing Deep Neural Networks | Info: <https://felix-ball.jimdofree.com/workshops>

22.8.–26.8. Online
Microscopy Conference 2021 – Joint Meeting of Dreiländertagung & Multinational Congress on Microscopy | Info: www.microscopy-conference.de

22.8.–27.8. Online
32nd European Congress of Arachnology | Info: <https://eca2020.de>

23.8.–25.8. Online
13th International Symposium on Lactic Acid Bacteria | Info: www.labsymposium.org

23.8.–27.8. Online
ICY15 Meets ICYGBM30 – 15th International Congress on Yeasts and 30th International Conference on Yeast Genetics and Molecular Biology | Info: <https://icy15.boku.ac.at>

24.8.–26.8. Online
2nd Frankfurt Cancer Conference: From Molecular Research to Mechanism-based Cancer Therapy | Info: www.frankfurtcancerconference.org

24.8.–27.8. Göttingen
16th European Molecular Imaging Meeting (EMIM 2021) | Info: <https://e-smi.eu/emim-2021>

27.8.–28.8. Hannover
17. HepNet Symposium – Die Deutsche Lebertagung 2021 | Info: www.deutsche-leberstiftung.de/hepnet-symposium

29.8.–2.9. Online
26th EFMC International Symposium on Medicinal Chemistry (EFMC-ISMC 2021) | Info: www.efmc-ismc.org

30.8.–1.9. Frankfurt/M.
The Natural Brain: Understanding Neuronal Computation in its Natural Habit: Systems Neuroscience Conference of the Ernst Strüngmann Institute | Info: www.esi-frankfurt.de/newevent

30.8.–1.9. Leipzig
12th Annual Symposium „Physics of Cancer“ | Info: <https://conference.uni-leipzig.de/poc/2021>

30.8.–4.9. Online
113th Annual Meeting of the German Zoological Society | Info: <https://dztg-meeting.de>

31.8.–3.9. Online
8th Aging Research and Drug Discovery Meeting | Info: <http://agingpharma.org>

1.9.–3.9. Online
Annual Meeting of the German Society for Neuropathology and Neuroanatomy | Info: www.dgmn-conference.de

1.9.–3.9. Online
Wellcome Genome Campus Scientific Conference: CRISPR and Beyond – Perturbations at Scale to Understand Genomes | Info: <https://coursesandconferences.wellcomeconnectingscience.org>

1.9.–3.9. Online
German Conference on Synthetic Biology (GCSB21) | Info: www.gcsb.info

1.9.–4.9. Online
Opening Doors to the World of Immunology – 6th European Congress of Immunology | Info: <https://eci2021.org>

5.9.–8.9. Göttingen
ProkaGENOMICS 2021 – From Small Viruses to Complex Communities | Info: www.prokagenomics.org

6.9.–7.9. Düsseldorf
Structural Variant Discovery – Meeting 2021 des Biologisch-Medizinischen Forschungszentrums (BMFZ) | Info: <https://bmfz.hhu.de>

6.9.–8.9. Halle
German Conference on Bioinformatics (GCB) | Info: <https://gcb2021.de>

7.9.–9.9. Online
Labvolution 2021 | Info: www.labvolution.de/de/news/news-uebersicht.xhtml

7.9.–9.9. Online
Mechanobiology Meets Proteostasis – 1st International Conference of the DFG Research Unit FOR 2743 | Info: www.for2743.uni-bonn.de/msp2021

7.9.–10.9. Online
EMBL Conference: Protein Synthesis and Translational Control | Info: www.embl.de/training/events/2021/TRC21-01

7.9.–10.9. Dresden
15th Dresden Symposium on Autoantibodies: Autoimmunity in the SARS-CoV-2 Era | Info: www.gfd-ev.de

12.9.–14.9. Online
73. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) | Info: www.dghm-kongress.de

13.9.–14.9. Köln
2nd Cologne Conference on Food for Future | Info: www.food-for-future.eu

13.9.–14.9. Stuttgart
2nd German Phage Symposium | Info: <https://2nd-german-phage-symposium.uni-hohenheim.de/overview>

13.9.–15.9. Online
Wellcome Genome Campus Scientific Conference: Virus Genomics and Evolution | Info: <https://coursesandconferences.wellcomegenomecampus.org/our-events>

15.9.–16.9. Online
28. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Immunogenetik (DGI) | Info: www.dgi-jahrestagung.de

15.9.–17.9. Online
EMBO | EMBL Symposium: Multi-omics to Mechanisms – Challenges in Data Integration | *Info: www.embl.de/training/events/2021/EES21-09*

20.9.–21.9. Stuttgart
Deutsche Biotechnologietage 2021 | *Info: www.biotechnologietage.de*

20.9.–22.9. Braunschweig
Jahrestagung der Gesellschaft für Genetik | *Info: www.gfgenetik.de/tagungen*

21.9.–23.9. Online
115. Jahrestagung der Anatomischen Gesellschaft | *Info: www.115th-innsbruck.com*

22.9.–24.9. Online
54. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Transfusionsmedizin und Immunhämatologie (DGTI) | *Info: www.dgti-kongress.de*

22.9.–24.9. Jena
16th Conference of the International Society for Tryptophan Research (ISTRY) | *Info: www.istry2021.com*

24.9.–25.9. Augsburg
20. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Akkreditierter Laboratorien (AAL) | *Info: www.aal-tagung.de*

24.9.–25.9. Halle
Biodiversität und die Zukunft der Vielfalt – Jahresversammlung der Leopoldina | *Info: www.leopoldina.org/veranstaltungen/veranstaltung/event/2780*

24.9.–27.9. Seeon
11th International Kloster Seeon Meeting on Angiogenesis and 5th Young Investigators Meeting | *Info: www.vwfb.de*

26.9.–28.9. Köln
CMC Symposium – 25 Years of Progress in Molecular Medicine: From Basic Research to Clinical Application | *Info: www.cmc-uni-koeln.de/events/cmc-symposium-2021*

26.9.–29.9. Heidelberg
EMBL Conference: The Mobile Genome – Genetic and Physiological Impacts of Transposable Elements | *Info: www.embl.de/training/events/2021/MGE21-01*

27.9.–29.9. Online/Münster
Life In Between – The Cell Biology of Interfaces. International Meeting 2021 of the German Society for Cell Biology (DGZ) | *Info: <https://dgz.orgalution.de>*

27.9.–29.9. Erlangen
55. Wissenschaftliche Tagung der Deutschsprachigen Mykologischen Gesellschaft e.V. | *Info: www.dmykg-kongress.de*

27.9.–1.10. Online
Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zytometrie (DiGifZ 2021) | *Info: <https://digifz2021.de>*

27.9.–1.10. Leipzig
Jahrestagung 2021 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie: Wenn Extreme zur Normalität werden – Gewässer im Klimawandel | *Info: www.dgl-ev.de*

28.9.–30.9. Online
Wellcome Genome Campus Scientific Conference: Organoids | *Info: <https://coursesandconferences.wellcomeconnectingscience.org/news/conferences>*

28.9.–1.10. München
Medical Biodefense Conference 2021 (MBDC2021) | *Info: <https://conference.instmikrobiobw.de>*

29.9.–3.10. Oldenburg
Jahresversammlung 2021 der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft (DO-G) | *Info: www.do-g.de/veranstaltungen/?L=64*

30.9.–2.10. Frankfurt/M.
100th Annual Meeting of the German Physiological Society: Remember the Past – Imagine the Future | *Info: www.dpg2021.de*

1.10.–7.10. Blaubeuren
100 Jahre Deutsche Gesellschaft für Mykologie – Internationale Jubiläumstagung | *Info: www.dgfm-ev.de/veranstaltungen-und-foerderpreise/tagungen/2021-blaubeuren*

4.10.–6.10. Hannover
Forum Wissenschaftskommunikation 2021: Auf den Punkt gebracht – Wissenschaftskommunikation und Sprache | *Info: www.wissenschaft-im-dialog.de/forum-wissenschaftskommunikation/call-for-proposals*

5.10.–8.10. Heidelberg
EMBO | EMBL Symposium: Seeing is Believing – Imaging the Molecular Processes of Life | *Info: www.embl.de/training/events/2021/EES21-10*

6.10.–7.10. Online
Modern Biotechnology in a Changing World: Health, Environment and Regulation – Symposium of the Federal Office for Consumer Protection and Food Safety (BVL) | *Info: www.bvl.bund.de/Symposium2021*

8.10.–9.10. Freiburg
Symposium: Neuronal Representation – From Synapses & Microcircuits to Behaviour | *Info: <https://symposium-neurorep-2020.de>*

8.10.–10.10. Karlsruhe
Nationales Science-on-Stage-Festival | *Info: www.science-on-stage.de/festival2021*

11.10.–12.10. Wien (AT)
D-A-CH Algen Summit: Algenbiotechnologie in Deutschland, Österreich & der Schweiz | *Info: https://algendach.net/events/dach_algen_summit*

13.10.–15.10. Online
Wellcome Genome Campus Scientific Conference: Microbiome Interactions in Health and Disease | *Info: <https://coursesandconferences.wellcomeconnectingscience.org/news>*

13.10.–15.10. Online
EMBO | EMBL Symposium: The Non-Coding Genome | *Info: www.embl.de/training/events/2021/EES21-11*

13.10.–15.10. Online
Zoonoses 2021 – International Symposium on Zoonoses Research | *Info: www.zoonosen.net/zoonoses-2021-international-symposium-zoonoses-research*

18.10.–20.10. Online
Wellcome Genome Campus Scientific Conference: Plant Genomes in a Changing Environment | *Info: <https://coursesandconferences.wellcomegenomecampus.org/our-events>*

19.10.–21.10. Basel (CH)
Ilmac 2021 – Industriemesse für Forschung und Entwicklung, Umwelt- und Verfahrenstechnik in Pharma, Chemie und Biotechnologie | *Info: www.ilmac.ch*

IMPRESSUM

Laborjournal 27. Jahrgang | Heft 7-8/2021

gegründet 1994
 von Hanspeter Sailer † und Kai Herfort

ISSN: 1612-8354
 Einzelpreis: 3,50 Euro

Verlag und Herausgeber:
 Lj-Verlag GmbH & Co. KG
 Seitzstraße 8
 D-79115 Freiburg
 Tel. +49-761-28 68 93
 www.laborjournal.de

Druck & Lithos:
 westermann DRUCK | pva
 Georg-Westermann-Allee 66
 38104 Braunschweig

Anzeigen:
 top-ad Bernd Beutel
 Schlossergäßchen 10
 D-69469 Weinheim
 Tel. +49-6201-290 92-0
 Fax. +49-6201-290 92-20
 E-Mail: info@top-ad-online.de

Versand/Abo:
 Tel. +49-761-28 68 69

Stellenanzeigen:
 Ulrich Sillmann,
 Tel. +49-761-29 25 885
 E-Mail: stellen@laborjournal.de

Kalender:
 Tel. +49-761-29 25 885
 E-Mail: kalender@laborjournal-online.de

Graphik/Bilder/Montagen/Layout:
 Kai Herfort, Juliet Merz, Ralf Neumann,
 Ulrich Sillmann

Redaktion:
 Zentrale: Tel. +49-761-28 68 93
 Chefredakteur: Ralf Neumann
 Tel. +49-761-35 73 8
 Kai Herfort (-28 68 69)
 Harald Zähringer (-29 25 886)
 Juliet Merz (-29 25 887)
 E-Mail: redaktion@laborjournal.de

Titelbild:
 © fran_kie“ (AdobeStock)
 Montage: Kai Herfort

Ständige MitarbeiterInnen:
 Ulrich Dirnagl, Rafael Florés, Kathleen Gransalke, Karin Hollricher, Tobias Ludwig, Sigrid März, Henrik Müller, Andrea Pitzschke, Maike Ruprecht, Mario Rembold, Chris Schlag, Larissa Tetsch

Bankverbindung:
 Fidor-Bank
 IBAN: DE42 7002 2200 0020 1347 47
 BIC: FDDODEMXXX

20.10.–22.10. Heidelberg
EMBL Conference: Bringing Molecular Structure to Life – 50 Years of the Protein Data Bank (PDB) |
Info: www.embl.org/events

21.10.–24.10. Bonn
RNA Biochemistry Meeting 2021 and Workshop RNA Tertiary Structure |
Info: www.rna-biochemistry.de/wp/meeting-2020

27.10.–28.10. Online
World Congress on Genetic Counseling | *Info: <https://coursesandconferences.wellcomeconnectingscience.org/news/conferences>*

28.10.–30.10. Online
29. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM) |
Info: www.dgsm-kongress.de

2.11.–4.11. Online
Wellcome Genome Campus Scientific Conference: Human Evolution – From Fossils to Ancient and Modern Genomes | *Info: <https://coursesandconferences.wellcomegenomecampus.org/our-events/humanevolution2021>*

3.11.–6.11. Berlin/Online
94. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Neurologie (DGN) |
Info: www.dgnkongress.org

4.11. Frankfurt/M.
Dechema-Kolloquium: Clean Meat – Realistisch oder ein Traum? |
Info: https://dechema.de/Kolloquium_Lebensmittel_2021.html

9.11.–10.11. Online
Leipzig Immune Oncology Conference (LION) |
Info: www.lion-conference.com

10.11.–12.11. Online
36th Annual Scientific Meeting of the British Society of Toxicological Pathology (BSTP) – Pathology of Humanised Mouse Models |
Info: www.bstp.org.uk/events/the-36th-asm-of-the-bstp

15.11.–17.11. Weimar
24th Meeting on Signal Transduction |
Info: <https://sigtrans.de/meeting>

15.11.–18.11. Düsseldorf
Medica 2021 |
Info: www.medica.de

17.11.–19.11. Online
Wellcome Genome Campus Scientific Conference: Epigenomics of Common Diseases | *Info: <https://coursesandconferences/epigenomics-of-common-diseases-2021>*

17.11.–20.11. Heidelberg
EMBO | EMBL Symposium: Metabolism Meets Epigenetics | *Info: www.embo-embl-symposia.org/symposia*

22.11.–24.11. Heidelberg
EMBL Conference: Cancer Genomics | *Info: www.embl.de/training/events/2021/CAN21-01*

3.12. Online
22nd EMBL Science and Society Conference: One Health – Integrating Human, Animal and Environmental Health | *Info: www.embl.de/training*

8.12. Online
Die Rolle von Autophagie-regulierenden Proteinen bei Tumorerkrankungen – Kolloquium der Fakultät für Gesundheitswissenschaften Brandenburg (FWG) | *Info: www.healthcapital.de/veranstaltungen*

Workshops

2021

9.8.–12.8. Bad Herrenalb
Summer School Biotransformations |
Info: <https://dechema-dfi.de/en/Biotransformations2020.html>

29.8.–1.9. Online
EMBO Workshop: The Mobile Genome – Genetic and Physiological Impacts of Transposable Elements |
Info: www.embl.de/training/events/2021/MGE21-01

1.9.–4.9. Berlin
From Target to Market – The GLA (Akademie Gläsernes Labor) Biotech and Pharma Summer School | *Info: www.glaesernes-labor-akademie.de/biotech-pharma*

8.9.–10.9. Berlin
26th International Workshop on Single Molecule Spectroscopy and Super-Resolution Microscopy in the Life Sciences | *Info: www.picoquant.com/events/detail/single-molecule-workshop*

12.9.–15.9. Berlin
EMBO Workshop: Molecular and Cell Biology of Septins |
Info: <https://meetings.embo.org/event/20-septins>

13.9.–17.9. Berlin
EMBO Workshop: The Evolution of Animal Genomes |
Info: <https://meetings.embo.org/event/20-animal-genomes>

19.9.–23.9. Berlin
28th International Complement Workshop: Germany is the Home of Complement – Bring Complement Back to its Roots to Paul Ehrlich |
Info: www.icw2021berlin.de

20.9.–24.9. Online
EMBO Workshop: DNA Topology in Genomic Transactions |
Info: <https://meetings.embo.org/event/21-dna-topology>

21.9.–24.9. Martinsried
EMBO Workshop: The Inflammosomes – The Next Frontier | *Info: <https://meetings.embo.org/events>*

22.9.–23.9. Online
Biology of Bacteria Producing Natural Products – International VAAM-Workshop 2021 | *Info: www.dsmz.de/events/vaam-workshop-2021*

26.9.–1.10. Pamhagen (AT)
EMBO Workshop: Meiosis |
Info: <https://meetings.embo.org/event/21-meiosis>

29.9.–1.10. Berlin
26th International Workshop on Single Molecule Spectroscopy and Super-Resolution Microscopy |
Info: www.picoquant.com/events/detail/single-molecule-workshop

29.9.–1.10. Mainz/Online
Gutenberg Workshop in the Life Sciences: Aging in Social Insects | *Info: <https://gutenberg-workshops.uni-mainz.de/aging-in-social-insects-nov-20>*

4.10.–8.10. Berlin
5th EcSeq Berlin Summer School 2021: Introduction to NGS & RNA-Seq Data Analysis, DNA Variant Calling |
Info: www.ecseq.com/workshops/workshop_2021-01-5th-Berlin-Summer-School-NGS-Data-Analysis

7.10. Online
Grundlagen der Fallzahlplanung – Workshop des Biotechverbunds Berlin-Brandenburg (BBB) | *Info: www.healthcapital.de/veranstaltungen/termin/bbb-workshop-grundlagen-der-fallzahlplanung*

10.10.–15.10. Merseburg
12. Herbstschule der Deutschen Gesellschaft für Immunologie |
Info: <https://dgfi.org/akademie-fuer-immunologie/autumn-school>

13.10.–15.10. Mainz
Gutenberg Workshop: The Rise and Fall of Mutualisms – Ecological and Evolutionary Dynamics of Host-Microbe Symbioses | *Info: <https://gutenberg-workshops.uni-mainz.de/rise-and-fall-of-mutualisms-nov-2020>*

13.10.–16.10. Köln
EMBO Workshop: Cilia 2021 |
Info: www.cilia2021.de

18.10.–21.10. Online
EMBO Workshop: Advances and Challenges in Biomolecular Simulations | *Info: <https://meetings.embo.org/event/20-biomolecular-simulations>*

20.10.–22.10. Schöntal
Liquid Organelles – 19th Workshop of the Study Group „Cell Biology of Viral Infections“ |
Info: <https://cellviro.g-f-v.org>

28.10.–29.10. Online
EMBO Workshop: Microglia 2021 |
Info: www.embl.de/training/events/2021/GLI21-01

29.11.–1.12. Online
EMBO Workshop: Recent Advances in Structural Biology of Membrane Proteins | *Info: www.embl-hamburg.de/training/events/2021/TBP21-01*

Fortbildungen, Kurse

BIOCHEMIE

6.9.–13.9. Hamburg
EMBO Practical Course: Membrane Protein Expression, Purification and Characterization (mPEPC2) |
 Info: <https://meetings.embo.org/event/20-mpepc2>

16.9. Online
Lab-Academy-Crashkurs: ELISA I – Technologie und Optimierung |
 Info: www.lab-academy.de

17.9. Online
Lab-Academy-Crashkurs: ELISA II – Assaydesign, Auswertung und Validierung |
 Info: www.lab-academy.de

22.9.–23.9. Online
Lab-Academy-Kurs: ELISA – Assayentwicklung und Validierung |
 Info: www.lab-academy.de

6.10. Frankfurt/M.
GDCh-Kurs: Metabolomics – Proteomics and Genomics | Info: www.gdch.de/veranstaltungen/fortbildung/fortbildung/event/39121.html

BIOTECHNOLOGIE

1.9.–4.9. Berlin
Akademie Gläsernes Labor: From Target to Market – The GLA Biotech & Pharma Summer School | Info: www.glaesernes-labor-akademie.de/de/biotech-pharma

14.9.–22.9. Berlin
Akademie Gläsernes Labor: GMP (Good Manufacturing Praxis) Biotech Summer School | Info: www.glaesernes-labor-akademie.de/de/gmp_english

14.10. Esslingen
Springer Campus: Industrielle Biotechnologie (3 Monate/10-15h/Woche) | Info: www.springer.com/gp/springer-campus/zertifikatskurse

4.11. Esslingen
Springer Campus: Grundlagen der industriellen Zellkulturtechnik (2 Monate/10-15h/Woche) | Info: www.springer.com/gp/springer-campus/zertifikatskurse

BIOTECHNOLOGIE

12.11. Essen/Online
Springer Campus: Biotechnologie für Einsteiger |
 Info: www.springer.com/gp/springer-campus/zertifikatskurse

CHROMATOGRAPHIE UND SPEKTROMETRIE

13.9.–27.9. Online
Springer Campus: LC-MS Kopplung und deren Anwendungen (1/Woche / 3 x 3 h) | Info: www.springer.com/gp/springer-campus/zertifikatskurse

14.9. Köln
Klinkner-Fortbildung: Einführung in die (U)HPLC |
 Info: www.klinkner.de/fortbildung

14.9. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Seminar: HPLC-Basiskurs |
 Info: www.lifescience-akademie.de

14.9.–15.9. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Seminar: Grundlagen der HPLC und der Massenspektrometrie |
 Info: www.lifescience-akademie.de

14.9.–16.9. Essen
GDCh-Kurs: Schwingungsspektroskopie für die chemische Qualitäts- und Prozesskontrolle | Info: www.gdch.de/veranstaltungen/fortbildung/fortbildung/event/50321.html

14.9.–16.9. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Seminar: HPLC-Basiskurs, Grundlagen der Massenspektrometrie und moderne Anwendungen |
 Info: www.lifescience-akademie.de

15.9. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Seminar: Grundlagen der Massenspektrometrie |
 Info: www.lifescience-akademie.de

15.9.–16.9. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Seminar: Grundlagen der Massenspektrometrie und moderne Anwendungen |
 Info: www.lifescience-akademie.de

CHROMATOGRAPHIE UND SPEKTROMETRIE

16.9. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Seminar: Massenspektrometrie für Anwender – Moderne MS-Techniken |
 Info: www.lifescience-akademie.de

4.10.–8.10. Leipzig
Aufbaustudium Analytik & Spektroskopie (4 Semester; 1. von acht einwöchigen Kursen bis Juli 2023) |
 Info: <https://analytik.chemie.uni-leipzig.de/aufbau-studium>

19.10. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Seminar: HPLC – Troubleshooting und Methodenentwicklung |
 Info: www.lifescience-akademie.de

19.10.–20.10. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Seminar: HPLC Troubleshooting, Methodenoptimierung & LC-MS-Kopplungstechniken |
 Info: www.lifescience-akademie.de

CHROMATOGRAPHIE UND SPEKTROMETRIE

19.10.–21.10. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Seminar: LC-MS-Intensivkurs |
 Info: www.lifescience-akademie.de

20.10. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Seminar: LC-MS-Kurs |
 Info: www.lifescience-akademie.de

20.10.–21.10. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Aufbauseminar: Massenspektrometrie |
 Info: www.lifescience-akademie.de

21.10. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Online-Seminar: Interpretation von Massenspektren |
 Info: www.lifescience-akademie.de

25.10.–1.11. Hamburg
EMBO Practical Course: Solution Scattering from Biological Macromolecules | Info: www.embo.org/events/events-calendar.html

VON DER

IDEE

ZUM

PRODUKT

**BERUFSBEGLEITENDE WEITERBILDUNG
 „TRANSLATIONALE FORSCHUNG UND MEDIZIN“**

für Fachkräfte in Medizin, Wissenschaft, Industrie & Behörden
 Umfang ca. 250 Stunden • Laufzeit 24 Monate

ONLINE INFORMIEREN & BEWERBEN!




CHROMATOGRAPHIE UND SPEKTROMETRIE

8.11. Augsburg
Springer Campus: Design of Experiment (DoE) zur Optimierung von HPLC und LC-MS (Teil 1) | *Info: www.springer.com/gp/springer-campus/zertifikatskurse*

11.11.–12.11. Leipzig
GDCh-Kurs: Theorie und Praxis der UHPLC | *Info: www.gdch.de/veranstaltungen/fortbildung*

15.11. Augsburg
Springer Campus: Design of Experiment (DoE) zur Optimierung von HPLC und LC-MS (Teil 2) | *Info: www.springer.com/gp/springer-campus/zertifikatskurse*

18.11. München/Online
Dr.-Bichlmeier-Seminar: Methodvalidierung | *Info: www.lifescience-akademie.de*

22.11. Augsburg
Springer Campus: Design of Experiment (DoE) zur Optimierung von HPLC und LC-MS (Teil 3) | *Info: www.springer.com/gp/springer-campus/zertifikatskurse*

29.11.–13.12. Online
Springer Campus: HILIC, SFC und weitere polare Trenntechniken (1/Woche / 3 x 3 h) | *Info: www.springer.com/gp/springer-campus/zertifikatskurse*

IMMUNOLOGIE

30.8. Online
Lab Academy Crash Course: Basics of Immunology | *Info: www.lab-academy.de*

20.9.–21.9. Online
Lab-Academy-Kurs: Tumormunologie | *Info: www.lab-academy.de*

20.11. Lübeck
DVTA-Seminar: Moderner Einsatz der Immunhistochemie (Aufbaukurs) | *Info: <https://dvta.de/moderner-einsatz-der-immunhistochemie-aufbaukurs-5>*

IN SILICO

15.9.–17.9. Online
EcSeq-Kurs: A Practical Introduction to NGS Data Analysis | *Info: www.ecseq.com*

IN SILICO

21.9.–22.9. Frankfurt/M.
Dechema-Weiterbildung: Multivariate Datenanalyse für die Pharma-, Bio- und Prozessanalytik | *Info: <https://dechema-dfi.de/MultivariateDatenanalyse.html>*

27.9.–1.10. Online
EMBL Course: Bioinformatics for Immunologists | *Info: www.ebi.ac.uk/training*

27.9.–1.10. Online
EMBL Course: Mathematics of Life | *Info: www.ebi.ac.uk/training*

8.11.–12.11. Online
EMBL Course: Metagenomics Bioinformatics | *Info: www.ebi.ac.uk/training/events/metagenomics-bioinformatics-virtual-2021*

KARRIERE

26.7. Online
DHV-Online-Seminar: Berufungsverhandlungen effektiv führen | *Info: www.dhvseminare.de/naechste_termine*

5.8. Online
DHV-Online-Seminar: Verhandlungen bei Erstberufung | *Info: www.dhvseminare.de/naechste_termine*

17.8. Online
DHV-Online-Seminar: Berufungsverhandlungen an Medizinischen Fakultäten | *Info: www.dhvseminare.de*

23.8. Online
DHV-Online-Seminar: Übernahme einer Professurvertretung | *Info: www.dhvseminare.de*

27.8. Online
DHV-Online-Seminar: Berufungspraxis aktuell | *Info: www.dhvseminare.de*

2.9. Online
DHV-Online-Seminar: Berufung an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften | *Info: www.dhvseminare.de/naechste_termine*

6.9. Online
DHV-Online-Seminar: Berufungsverhandlungen effektiv führen | *Info: www.dhvseminare.de/naechste_termine*

KARRIERE

9.9. Online
DHV-Online-Seminar: Neue Wege des wissenschaftl. Publizierens I (Fachartikel in Zeitschriften) | *Info: www.dhvseminare.de/naechste_termine*

15.9. Online
DHV-Online-Seminar: Verhandlungen bei Erstberufung | *Info: www.dhvseminare.de/naechste_termine*

16.9. Online
DHV-Online-Seminar: Forschungsförderung strategisch nutzen | *Info: www.dhvseminare.de*

22.9. Online
DHV-Online-Seminar: Wissenschaftlerinnen auf dem Weg zur Professur | *Info: www.dhvseminare.de*

5.10. Online
DHV-Online-Seminar: Berufungspraxis aktuell | *Info: www.dhvseminare.de*

13.10. Online
DHV-Online-Seminar: Bewerbung an Hochschulen f. Angewandte Wissenschaften | *Info: www.dhvseminare.de*

15.10. Online
DHV-Online-Seminar: Berufungsverhandlungen effektiv führen | *Info: www.dhvseminare.de*

19.10. Online
DHV-Online-Seminar: Die Professur – Rechte und Pflichten | *Info: www.dhvseminare.de/naechste_termine*

3.11. Online
DHV-Online-Seminar: Berufungsverhandlungen an Medizinischen Fakultäten | *Info: www.dhvseminare.de/naechste_termine*

5.11. Online
DHV-Online-Seminar: Die Professur – Karriereziele und Verhandlungserfolge | *Info: www.dhvseminare.de*

8.11. Online
DHV-Online-Seminar: Die Professur – Karriereziele und Verhandlungserfolge | *Info: www.dhvseminare.de*

12.11. Online
DHV-Online-Seminar: Verhandlungen bei Erstberufung | *Info: www.dhvseminare.de/naechste_termine*

KARRIERE

15.11. Online
DHV-Online-Seminar: Führung in der Wissenschaft (Teil 1) | *Info: www.dhvseminare.de/naechste_termine*

19.11. Online
DHV-Online-Seminar: Berufungsverhandlungen effektiv führen | *Info: www.dhvseminare.de/naechste_termine*

22.11. Online
DHV-Online-Seminar: Führung in der Wissenschaft (Teil 2) | *Info: www.dhvseminare.de*

LABOR-MANAGEMENT

17.8.–19.8. Online
EMBO Laboratory Management Course: Laboratory Leadership for Group Leaders | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/gl-2021-online>*

24.8.–26.8. Online
EMBO Laboratory Management Course: Laboratory Leadership for Postdocs | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/pd-2021-online>*

1.9.–3.9. Online
EMBO Laboratory Management Course: Self Leadership for Scientists | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/tr-slf-all-2021-online>*

13.9.–14.9. Saarbrücken/Online
Klinkner-Fortbildung: Kommunikation und Führung | *Info: www.klinkner.de/fortbildung*

21.9.–23.9. Berlin
Klinkner-Basisseminar: Laborleitung als Führungsaufgabe | *Info: www.klinkner.de/fortbildung*

28.9.–30.9. Online
EMBO Laboratory Management Course: Negotiation for Scientists | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/tr-slf-all-2021-online>*

25.10.–29.10. Freising
Klinkner-Blocklehrgang: Projektmanager/in in Labor und Wissenschaft | *Info: www.klinkner.de/fortbildung*

MIKROSKOPIE

23.8.–27.8. Online
EMBL Course: Advanced Fluorescence Imaging Techniques | *Info: www.embl.de/training/events/2021/MIC21-02*

6.9.–10.9. Online
EMBL Course: In-situ CLEM – Application at Room Temperature & in Cryo | *Info: www.embl.de/training/events*

24.10.–29.10. Lausanne
EMBO Practical Course: Volume Electron Microscopy by Automated Serial SEM | *Info: <https://coming-soon.embo.org/pc21-03>*

MOLEKULARBIOLOGIE

26.7.–30.7. Online
EMBO Practical Course: FISHing for RNAs – Classical to Single Molecule Approaches | *Info: www.embl.de/training/events/2021/FIS21-01*

30.8.–2.9. Online
EMBL Course: Gene Expression at Spatial Resolution | *Info: www.embl.de/training/events/2021/SPA21-01*

1.9.–3.9. Online
Lab-Academy-Basiskurs: Molekularbiologie | *Info: www.lab-academy.de*

15.9. Online
Lab-Academy-Crashkurs Sequenzanalyse | *Info: www.lab-academy.de*

24.9.–25.9. Gießen
DVTA-Seminar: In-situ-Hybridisierung | *Info: <https://dvta.de/situ-hybridisierung-5>*

24.9.–25.9. Hannover
DVTA-Seminar: Grundlagen der Molekularbiologie | *Info: <https://dvta.de/grundlagen-der-molekularbiologie-5>*

27.9.–4.10. Online
EMBL Course: Genome Engineering – CRISPR/Cas from Cells to Mice | *Info: www.embl.de/training/events/2021*

8.10.–15.10. Online
EMBL Course: Liquid Biopsies | *Info: www.embl.de/training/events/2021*

11.10.–15.10. Online
EMBL Course: Structural Bioinformatics | *Info: www.ebi.ac.uk/training/events/structural-bioinformatics2021*

MOLEKULARBIOLOGIE

25.10.–3.11. Online
EMBO Practical Course: Solution Scattering from Biological Macromolecules | *Info: www.embl.de/training/events*

1.11.–5.11. Berlin
DIW-MTA-Weiterbildung: Molekulare Genetik & Methoden der Molekularbiologie | *Info: <https://diw-mta.de/gesamtuebersicht-aller-seminare>*

7.11.–14.11. Hamburg
EMBO Practical Course: Practical Integrative Structural Biology | *Info: <https://coming-soon.embo.org/pc21-27>*

NEUROBIOLOGIE

8.9.–10.9. Göttingen
NWG-Methodenkurs: Transcranial Brain Stimulation in Research and Clinic – Best Practice | *Info: https://nwg-info.de/aktivitaeten/kurse_workshops/2021*

20.9.–24.9. Magdeburg
NWG-Methodenkurs: Imaging Techniques in Neuroscience | *Info: https://nwg-info.de/aktivitaeten/kurse_workshops/2021*

PCR

26.7. Online
Lab-Academy-Crashkurs Real-time (q)PCR I: Grundlagen | *Info: www.lab-academy.de*

27.7. Online
Lab-Academy-Crashkurs Real-time (q)PCR I: Optimierung und Qualitätssicherung | *Info: www.lab-academy.de*

12.8.–13.8. Online
Akademie Gläsernes Labor: RealTime PCR und Digital PCR Kurs | *Info: www.glaesernes-labor-akademie.de/de/pcr*

6.9. Online
Lab-Academy-Crashkurs PCR | *Info: www.lab-academy.de*

7.10.–8.10. Online
Lab-Academy-Basiskurs: Real-time (q)PCR – Präsenzkurs mit Laborpraxis | *Info: www.lab-academy.de*

PCR

20.10.–21.10. Online
Lab-Academy-Vertiefungskurs: Real-time (q)PCR – Präsenzkurs mit Laborpraxis | *Info: www.lab-academy.de*

3.11. Mannheim
Klinkner-Fortbildung: Quantitative PCR (qPCR) – Grundlagen, Durchführung, Interpretation und Troubleshooting | *Info: www.klinkner.de/fortbildung*

6.11.–7.11. Bielefeld
DVTA-Seminar: Die Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR) in der medizinischen Diagnostik | *Info: <https://dvta.de/die-polymerase-ketten-reaktion-pcr-der-medizinischen-diagnostik-11>*

15.11.–19.11. München
Lab-Academy-Kurs: Fachkraft PCR-Analytik – Präsenzkurs mit Laborpraxis | *Info: www.lab-academy.de*

ZELLEN UND GEWEBE

15.9. Online
Lab-Academy-Basiskurs Zellkultur: Optimierung und Troubleshooting | *Info: www.lab-academy.de*

27.9. Online
Lab-Academy-Online-Kurs: Assays in der Zellkultur I – Grundlagen und Optimierung | *Info: www.lab-academy.de*

28.9. Online
Lab-Academy-Online-Kurs: Assays in der Zellkultur II – Optimierung und Validierung | *Info: www.lab-academy.de*

7.11.–12.11. Heidelberg
EMBL Course: The Fundamentals of High-End Cell Sorting | *Info: www.embl.de/training/events/2021/CES21-01*

Weitere Kongresse, Tagungen, Fortbildungen etc. finden Sie auf unserer Homepage im Verzeichnis „Termine“. Kurze Ankündigungen in unserem Serviceteil sind kostenlos. Schicken Sie uns Ihre Terminhinweise oder einen Link zu Ihrer Website. Aus Platzgründen können wir allerdings nur Veranstaltungen veröffentlichen, die für einen Großteil unserer Leser von Interesse sind. So erreichen Sie uns:

LABORJOURNAL, LJ-Verlag, Seitzstraße 8, 79115 Freiburg,
 E-Mail: verlag@laborjournal.de

RANDGEBIETE

6.11. Tübingen
DIFÄM-Seminar: Malaria-Diagnostik | *Info: www.difaem-akademie.de/seminare/tropenmedizin-public-health*

19.11. Dresden
DVTA-Seminar: Parasiten im Blut – Kompaktkurs | *Info: <https://dvta.de/parasiten-im-blut-und-stuhl-kompaktkurs-4>*

SONSTIGE

24.9. Berlin
Akademie Gläsernes Labor: Weiterbildungstag Labor 4.0 für Technische Angestellte und Laborant*innen | *Info: www.glaesernes-labor-akademie.de/de/seminar_weiterbildungstag*

25.10.–27.10. Mönchengladbach
DIW-MTA-Weiterbildung: Infektionshygiene und Hygienemanagement | *Info: <https://diw-mta.de/gesamtuebersicht-aller-seminare>*

5.11.–7.11. Dortmund
DIW-MTA-Weiterbildung: Hygienemanagement – Grundlagen | *Info: <https://diw-mta.de/gesamtuebersicht-aller-seminare>*

10.11.–11.11. Frankfurt/M.
Experimentalkurs: Elektrochemie für Naturwissenschaftler, Ingenieure und Techniker | *Info: <https://dechema-dfi.de/Elektrochemie2021.html>*

22.11.–24.11. Freising
Klinkner-Fortbildung: Messunsicherheit und Validierung | *Info: www.klinkner.de/fortbildung*

22.11.–25.11. Online
EcSeq-Kurs: Bioinformatics Pipeline Development with Nextflow | *Info: www.ecseq.com*

Stellenanzeigen



Mitarbeiter*in mit Erfahrung in Zellkultur / Fermentation für die Impfstoffproduktion

M/W/D

Für einen Impfstoffhersteller mit Standort zwischen Magdeburg und Leipzig suchen wir Mitarbeiter*innen mit dem Schwerpunkt Zellkultur/Fermentation. Das Gute daran: die Stellen sind sowohl für Bachelor- als auch Masterabsolventen geeignet und bieten daher eine super Gelegenheit für den ersten Schritt von der Uni in die bio-pharmazeutische Industrie. Ihr erlangt wertvolle GMP-Expertise, lernt die Laborarbeit und den Produktionsprozess im Kontext der Impfstoffherstellung kennen und verdient dafür 3200 € brutto pro Monat. Außerdem besteht ausdrücklich auch die Möglichkeit sich innerhalb des Unternehmens weiterzuentwickeln.



✉ Hayat.Tajouait@hox.de
☎ +49 698700664 13

NEU: Stellenmarkt-Newsletter

» Alle zwei Wochen – alle neuen Jobs auf LJ-online. Direkt klickbar.



» Hier anmelden:

www.laborjournal.de/stellen

Sie können den Newsletter jederzeit problemlos wieder abbestellen.

LABOR JOURNAL newsletter Stellen

Lieber Leser, liebe Leserin,

hier die aktuellen Job-Angebote aus dem Laborjournal-Stellenmarkt. Alle Angebote wurden nach dem 15.05.2021 eingegeben:

BIOMEX	Labor- / Produktionsleiter (m/w/d) Premium-Job Aufgaben: Sicherstellung der Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen im Produktionsbereich / Produktionsplanung / Delegation und Koordination von Aufgaben an die Produktionsmitarbeiter Umsetzung produktions technischer Anforderungen Durchführung von Qualifizierungen und Validierungen von Geräten und Prozessen / Durchführung von Studien und CE-Markierungen / Entscheiden von Maßnahmen bei Auffälligkeiten im Prozess oder an Geräten / Sicherstellung der Zuverlässigkeit... mehr Biomex GmbH Heidelberg 20.05.2021
MDC	Technical Assistant (m/f/d) RNA Biology and Posttranscriptional Regulation Job description: Generation of knockout and transgenic cell lines by stable transfection / Generation of mRNA-seq, scRNA-seq and ribo-seq next generation sequencing libraries / Generation of knockout targeting vectors and mammalian expression vectors... mehr Max Delbrück Center for Molecular Medicine Berlin 27.05.2021
	Wissenschaftliche/-r Mitarbeiter/-in / Doktorand/-in (d) Klinik und Poliklinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie Das interdisziplinäre Forschungsprojekt beschäftigt sich mit neuartigen mehrphasigen Biomaterialien für die Langzeit-Freisetzung von Therapeutika nach epikutaner und intradermaler Applikation. Es werden die Interaktionen der Haut mit den Materialien und die Wirkstofffreisetzung charakterisiert um die Eigenschaften der Materialien für die geplante Anwendung zu optimieren... mehr Universität Leipzig, Medizinische Fakultät Leipzig 26.05.2021
	Technischer Assistent (w/m/d) für die Arbeitsgruppe Immunsignale und Krebs Unsere internationale Arbeitsgruppe ist am Zentralinstitut für Transnationale Krebsforschung der TUM (TranslaTUM), am Campus des Klinikums rechts der Isar angesiedelt. Wir untersuchen die Signaltransduktionsprozesse der Immunabwehr und welchen Einfluss Veränderungen in



Speziallabor Wick
Priv.-Doz. Dr. Nikolaus Wick
Immun - Allergie - Hormondiagnostik

Das Speziallabor Priv.-Doz. Dr. Nikolaus Wick, in Innsbruck, sucht zum nächstmöglichen Zeitpunkt eine qualifizierte MitarbeiterIn:

BMA/MTA/MFA (m/w/d)

Das Labor Wick ist ein Privatlabor für humane Spezialdiagnostik in den Bereichen Autoimmunologie, Spezieller Immunologie, Allergologie und Endokrinologie.

Ihre Aufgaben:

Automatisierte und manuelle Immunoassays, Probenannahme und Probenarchivierung, Aufrechterhaltung der täglichen Laborprozesse und Qualitätssicherung.

Ihr Profil:

Abgeschlossene staatliche Ausbildung, EDV-Kenntnisse, Flexibilität, Engagement, Qualitätsbewusstsein, Sozial- und Fachkompetenz.

Die Vergütung erfolgt laut Kollektivvertrag mit möglicher Überzahlung.

Das Stellenausmaß beträgt 80-100%, unbefristet.

Bei Interesse senden Sie uns bitte Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen mit Motivationsschreiben via E-Mail an office@laborwick.com

Speziallabor Wick

Priv.-Doz. Dr. Nikolaus Wick

Facharzt für Pathologie

Diplom für medizinische Genetik

Allg. beid. gerichtl. zert. Sachverständiger

Speckbacherstrasse 23

A-6020 Innsbruck

office@laborwick.com

<http://www.laborwick.at>



Institut für Molekulare Biologie
gefördert durch die
Boehringer Ingelheim Stiftung

Das **Institut für Molekulare Biologie gGmbH (IMB)** ist auf dem Campus der Johannes Gutenberg Universität Mainz angesiedelt. Wir suchen:

- **Technical Assistant – Protein Production Core Facility (m/w/d)**
Bewerbungsschluss: 31. Juli 2021
- **Lab Manager (BTA/MTA) – Kubben Research Group (m/w/d)**
Bewerbungsschluss: 20. Juli 2021

Wir suchen Personen mit einem hohen Maß an Verantwortungsbewusstsein, Eigeninitiative, Flexibilität und Spaß an der Arbeit in einem internationalen und dynamischen Umfeld.

Informationen zu den Stellen finden Sie auf der Webpage des IMB:
<http://www.imb-mainz.de/jobs/>.

PASSION FOR
PERFORMANCE

GEMEINSAM GEGEN COVID-19

Erfahre mehr auf
unserer Website!

Wir suchen Dich!

Laborant/TA (m/w/d)
Prozessingenieur (m/w/d)
Prozessmanager (m/w/d)
Manager Quality (m/w/d)

Rentschler Biopharma SE
Erwin-Rentschler-Str. 21
88471 Laupheim
welcome@rentschler-biopharma.com

**Deutschlands
begehrteste
Arbeitgeber**

Basis: Arbeitgeberreputation
10|2020
www.faz.net/begehrteste-Arbeitgeber

PREISE FÜR STELLENANZEIGEN

» Print

Format (Breite x Höhe in mm)	s/w	farbig
1/1 Seite (185 x 260)	€ 2.150,-	€ 2.890,-
1/2 Seite (90 x 260 oder 185 x 130)	€ 1.150,-	€ 1.630,-
1/3 Seite (90 x 195)	€ 910,-	€ 1.330,-
1/4 Seite (90 x 130)	€ 650,-	€ 970,-
1/8 Seite (90 x 65)	€ 440,-	€ 640,-

Millimeterpreis	s/w	farbig
90 mm breit	€ 6,80	€ 9,90
185 mm breit	€ 13,60	€ 18,80

Eine Veröffentlichung auf unserem Online-Stellenmarkt (Laufzeit: 1 Monat) ist bei Printanzeigen inklusive. Auf Wunsch gestalten wir die Anzeigen nach Ihren Vorgaben. Dieser Service ist im Preis inbegriffen. Bei Rückfragen erreichen Sie uns unter der Telefonnummer +49(0)761/292 5885 oder unter der E-Mail-Adresse stellen@laborjournal.de

» Online

Online Classic (PDF-, HTML-Format):	€ 430,-/Monat
Online Premium (PDF-, HTML-Format):	€ 600,-/Monat

Platzierung im Stellenmarkt auf den ersten vier Positionen während der gesamten Laufzeit; maximal 4 Premium-Anzeigen pro Monat.
Senden Sie die Dateien bitte per E-Mail an stellen@laborjournal.de

ANZEIGENSCHLUSSTERMINE IM SERVICETEIL

Ausgabe 9-2021 (erscheint am 13.9.2021)	30.8.2021
Ausgabe 10-2021 (erscheint am 12.10.2021)	28.9.2021

Im Serviceteil gilt ein besonderer Anzeigenschluss. Stellen- und Kongressanzeigen nehmen wir bis kurz vor Druckbeginn an. Aus technischen Gründen können wir leider keine genauen Termine nennen. In der Praxis wird es am einfachsten sein, Sie rufen uns an (0761-2925885) oder Sie schicken uns eine E-Mail („stellen@laborjournal.de“).

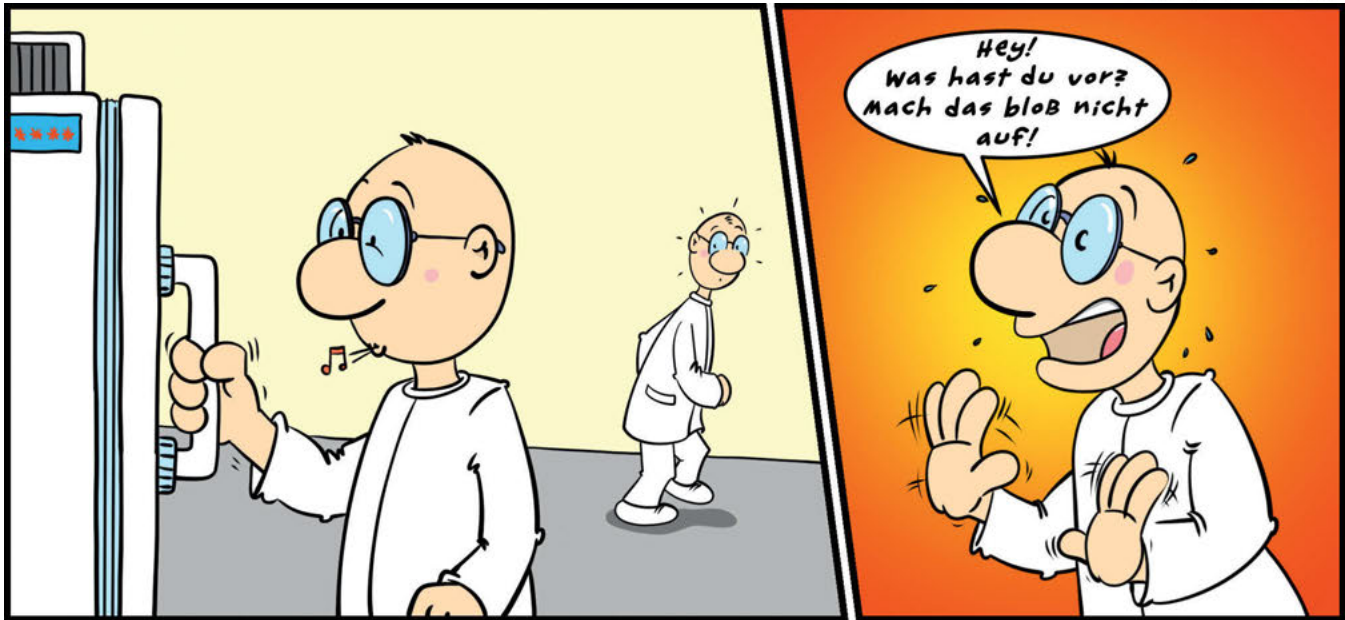
Weitere Stellenangebote

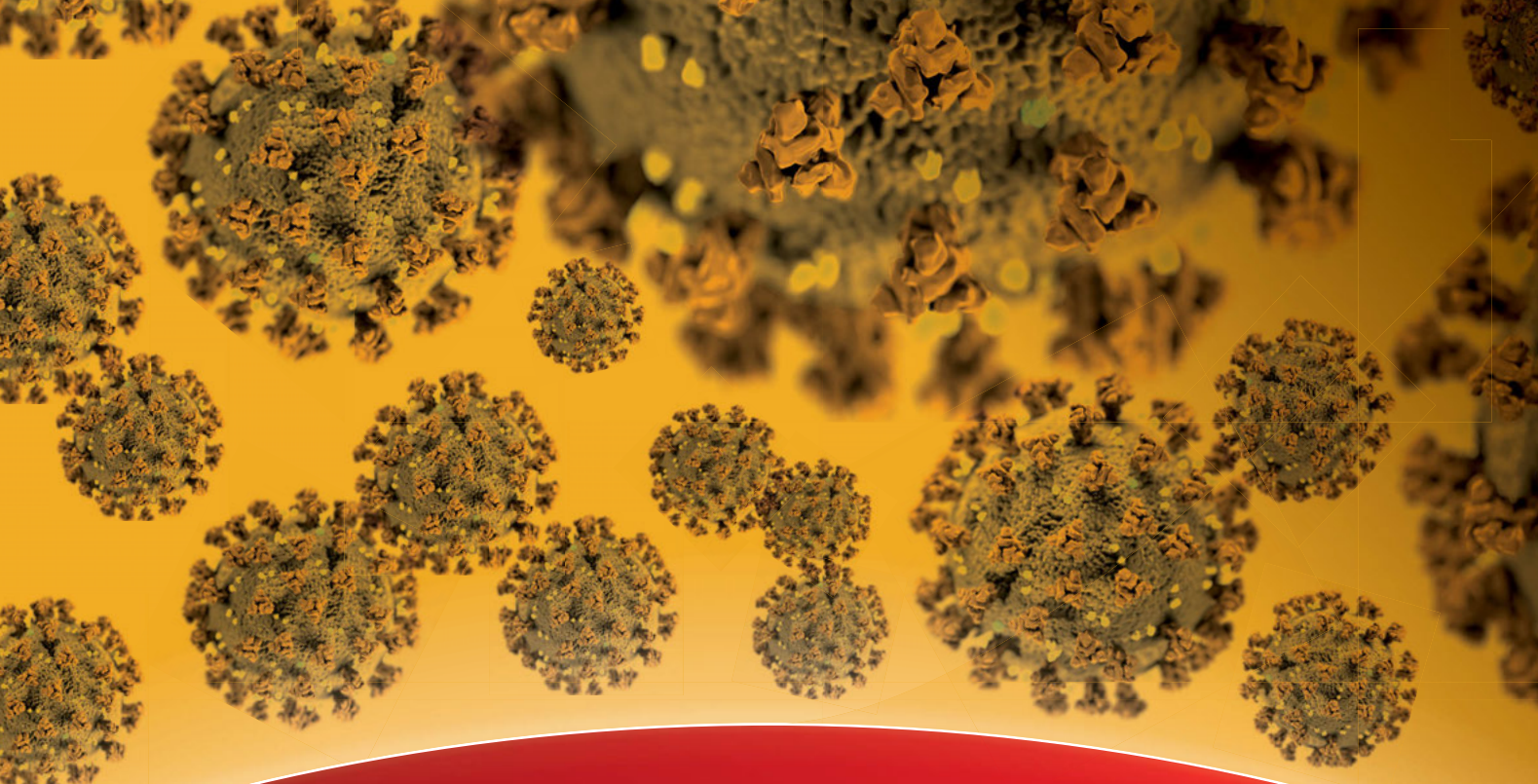
finden Sie auf unserem Online-Stellenmarkt (www.laborjournal.de/stellen). Wie in der Printausgabe können Sie auch dort gestaltete Anzeigen (im PDF-Format bzw. als HTML-Datei) aufgeben.

Noch Fragen?

Tel. +49-761-2925885 oder
E-Mail: stellen@laborjournal.de







ROTHERZONE

STERILISATIONSKONTROLLE

ROTI®DIPSLIDE

COMPACTDRY™

FLÄCHENDESINFEKTION

HYGIENEKONTROLLE
IM LABOR

DESINFEKTION

WE  PROTECT

HAUTDESINFEKTION

**Stopp für Viren,
Keime und Bakterien.**

DIPSLIDES

LUMITESTER

HANDHYGIENE

Unsere Produkte und unsere kompetente Beratung sind DER Erfolgsfaktor im Hygiene Monitoring. Unsere Spezialisten unterstützen Sie jederzeit. Die **Highprotection Zone**. Made by ROTH.

OBERFLÄCHENHYGIENE

HANDDESINFEKTION

KONTAKTPLATTEN

carlroth.de
[#rothezone](https://twitter.com/rothezone)

Ihr Partner für
Laborbedarf, Life Science
und **Chemikalien.**





Exzellente RNA-Produkte
für jeden Maßstab!

You heard the message.

Sie haben sicherlich bereits gehört, dass NEB die große Auswahl an Reagenzien für die Aufreinigung, Sequenzierung, Detektion & Quantifizierung sowie Synthese und Manipulation von RNA bietet. Aber wussten Sie auch, dass Ihnen diese Produkte nicht nur im akademischen Labormaßstab sondern auch in industriellen Mengen zur Verfügung stehen? Wir bieten Ihnen unsere RNA-Produkte in einer erstklassigen Qualität, die auch die strengen Anforderungen zur Herstellung von Impfstoffen und Diagnostika erfüllen. Profitieren Sie von unserer Expertise in der Enzymologie und genießen Sie verbesserte Performance, schnellere Workflows und höhere Ausbeuten.



RNA-Aufreinigung: Extrahieren Sie bis zu 100 µg Gesamt-RNA aus unterschiedlichen Probenarten mit dem Monarch® Total RNA Miniprep Kit. Und mit den Monarch® RNA Cleanup Kits reinigen und konzentrieren Sie RNA in nur wenigen Minuten auf.



RNA-Detektion: Nutzen Sie Luna® Universal qPCR Reagenzien für optimale Performance. Hochkonzentrierte Mastermixe und Kits ermöglichen eine sensitive Multiplex-Detektion von SARS-CoV-2. Oder Sie wählen die One-Step-Lösungen für (RT)-LAMP.



RNA-seq: Die automationsfreundlichen NEBNext® Kits verwenden Sie zur Herstellung von RNA-Libraries, zur rRNA-Depletion und Poly(A)-mRNA-Isolierung. Sparen Sie dabei Zeit mit optimierten Arbeitsabläufen und weniger Pipettierschritten.



RNA-Synthese: Synthetisieren Sie mit den HiScribe™ IVT-Kits und den Capping-Reagenzien hochwertige RNA. Für die mRNA-Synthese von Therapeutika und Impfstoffen stehen Ihnen diese auch in GMP-Qualität* zur Verfügung.



Für detaillierte Informationen, kostenfreie Testmuster sowie Tipps & Tricks zum Thema RNA besuchen Sie bitte www.neb-online.de/RNA.

**GMP-Qualität* ist eine Bezeichnung, die NEB verwendet, um Reagenzien zu beschreiben, die unter besonders kontrollierten Produktionsbedingungen hergestellt werden. Die Anlagen wurden für die Herstellung von Reagenzien unter strengeren Auflagen an Infrastruktur und Prozesskontrollen konzipiert, um besondere Produktspezifikationen und Kundenanforderungen zu erreichen. Reagenzien in *GMP-Qualität* werden unter Einhaltung der Vorgaben der Qualitätsmanagementsysteme ISO 9001 und ISO 13485 produziert.
Gegenwärtig werden von NEB weder Produkte hergestellt noch verkauft, die als aktive pharmazeutische Inhaltsstoffe (APIs) bekannt sind. NEB garantiert nicht die Beachtung aller Vorschriften der aktuellen Good Manufacturing Practice (GMP) Vorschriften bei der Produktion.