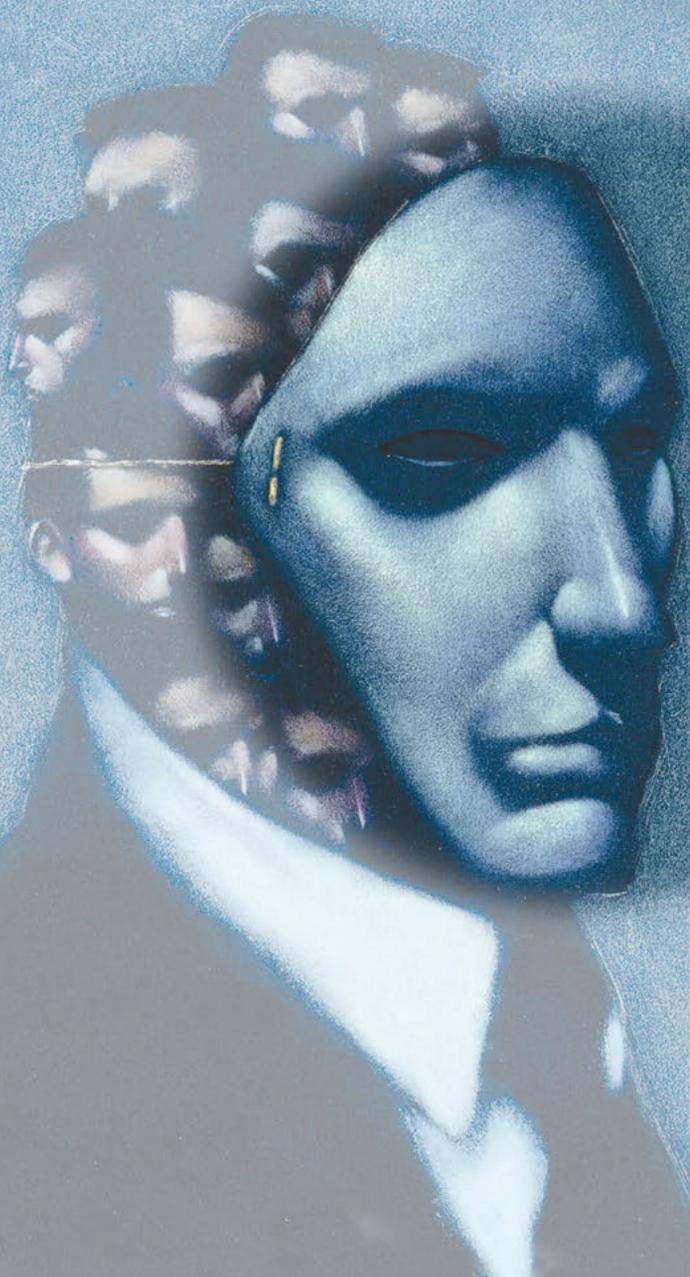


LABOR JOURNAL

Magazin für Medizin- und Biowissenschaften

7-8/2023

Das Essay-Heft



Wer
denkt
was?

PATRIK CRAMER
Wie geht disruptive
Forschung?

CHRISTOPH PLIET
Evolutionstheorie:
noch zu retten?

DIETHARD TAUTZ
Die Evolutionstheorie
braucht keine Rettung



Hettich

LEGACY MEETS FUTURE.

Hettich arbeitet seit über 115 Jahren an der Zukunft der Medizintechnik. Mit langlebigen Zentrifugen, die in der modernen Forschung und Diagnostik nicht nur Probenmaterial beschleunigen, sondern auch den medizinischen Fortschritt. Unter Erfüllung höchster Sicherheitsstandards. Für unsere Vision von einer rundum gesunden Welt.

www.hettichlab.com



Erasmus von Rotterdam

Die Entstehung des Essays

*Das Leben imitiert die Kunst viel mehr,
als die Kunst das Leben imitiert*

(Oscar Wilde)

Wenn man so einen Satz liest, bleiben einem nicht viele Möglichkeiten der Reaktion. Man kann ihn einfach ignorieren. Man kann ihm eine Minute gönnen und sich einen schnellen Reim darauf machen. „Ach ja der Wilde, das war doch so ein Exzentriker. Eine verrückte Idee, dass das Leben die Kunst imitieren soll, aber das passt zu ihm: immer provozieren.“ Die Minute ist um und damit ist das ganze schnell Geschichte, ebenso wie die Aufmerksamkeit für dieses Bonmot. Aber eigentlich ist das ein Jammer. Denn dieser Spruch ist das Ergebnis einer ausführlichen und tiefgründigen Betrachtung der Welt, oder zumindest eines Ausschnitts der Welt. Der Spruch ist sozusagen der Klappentext, der durch Zuspitzung dazu verführen soll, sich mit dem Buch, also der Weltsicht des Autors auseinanderzusetzen. Dabei entstehen Fragen. Beispielsweise: Was meint Wilde mit Leben? Wir „Lebens“wissenschaftler denken da natürlich gleich an die belebte Natur. Aber genau das meint Wilde eher gar nicht, sondern unser Dasein als Individuum und soziales Wesen. Wir reflektieren uns im Spiegel der Fotos, der Literatur – sei’s die Presse, sei’s der Roman – der Musik und heutzutage auch des Films oder Instagram. Und diese Reflektion bestimmt wiederum unsere Art zu leben, unsere Wünsche, unsere Selbstsicht. Sie als Leser denken vielleicht: Das ist die typische Sichtweise eines Großstädtlers – in diesem Fall eines Londoners. Und schon sind Sie dabei, in Gedanken einen Essay zu formulieren, nämlich Ihre persönliche Ansicht zur Wechselwirkung zwischen Kunst und Dasein, angetrieben von Ihrem Wissen und Ihren Erfahrungen. Und damit begeben Sie sich in die Fußstapfen großer Geister.

Die Literaturform Essay entstand im 16. Jahrhundert. Bis dahin wurden Texte handschriftlich verfasst, und wenn sie nach dem

Verfassen auch verbreitet werden sollten, wurden sie meist in Klöstern – ebenfalls handschriftlich – kopiert. Die Kirche konnte da stets ihr strenges Auge drauf werfen. Die Erfindung des Buchdrucks schließlich sprengte den Deckel, den die Kirche auf die Bücher hielt, ab. Und damit waren nicht nur die Gedanken frei, sondern auch deren Verbreitung einfacher. Mut musste man dennoch haben, wenn man der Kirche widersprach. Siehe Martin Luther, siehe Erasmus von Rotterdam (etwa 1466-1536).

Erasmus ist heute – völlig zu unrecht – wenig bekannt. Studenten kennen seinen Namen meist nur vom populären Erasmus-Programm der EU zum Studium im Ausland. Manche Studenten nennen das Erasmus-Programm auch Orgasmus-Programm. Uns soll’s egal sein, Hauptsache, es dient der Völkerverständigung.

Erasmus von Rotterdam war eine Ausnahmeerscheinung, ein Gelehrter ganz großen Ausmaßes. Er hat über 150 Bücher geschrieben. Er war Theologe, Philosoph, Historiker und sogar Politiker. Er war Vordenker des Humanismus, der Aufklärung und – ungewollt – der Reformation. Er wagte Kirchenkritik, er warb für Frauenbildung und für Gleichheit zwischen Jungen und Mädchen und er verdammte den Krieg, kurzum: Er war ein großer Geist, der bis heute nachwirkt.

Erasmus von Rotterdam hat die Literaturgattung Essay zwar nicht erfunden, aber durch ihn war die geistige Welt in Bewegung geraten und der Weg auf dem der Essay entstehen konnte war geebnet. Dazu kommt, dass er eine Sammlung von über 4.000 Sprüchen und Aphorismen gesammelt, kommentiert und herausgegeben hat. Und die sollten bei der Entwicklung der ersten Essays eine wichtige Rolle spielen.

Den Essay erfunden und benannt hat Michel de Montaigne (1533–1592). Und das ist eine traurig-schöne Geschichte. Montaigne war ein französischer Gelehrter und Jurist.

In Bordeaux schloss er eine enge, auch symbiontisch genannte, Freundschaft mit Étienne de la Boétie, einem ebenfalls hochgebildeten Richterkollegen. Dessen früher Tod hat ihn tief getroffen und dem Freund richtet er eine „immerwährende Totenfeier“ aus. Das heißt wohl, Montaigne lebt forthin immer in geistiger Auseinandersetzung mit dem gestorbenen Freund. 1571 zog sich Montaigne ins Private zurück, las viel und begann zu schreiben. Dabei begann er, Sprüche aus der Sammlung des Erasmus zu kommentieren und zu reflektieren. Dies nannte er Versuche (französisch *essais*). Sie waren streng subjektiv, denn er lehnte die Vorstellung einer absoluten Wahrheit ab. Er sah sich vielmehr als Fragender und seine Essays kann man als Mitteilungen an seinen verstorbenen Freund Boétie verstehen, in denen er seine Gedanken über das Leben und vor allem auch über den Tod mitteilte. Entscheidend dabei: Die Gedanken entwickeln sich vor den Augen des Lesers.

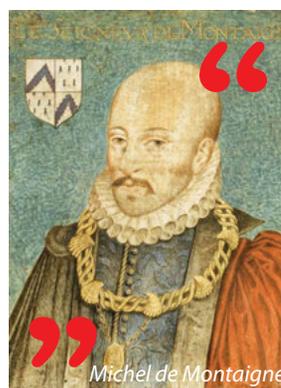
So schuf er Versuche über ihm wichtige Themen quasi im inneren Dialog und veröffentlichte sie als „essais“. Geblieben ist die Literatur-Gattung Essay, die vielleicht freieste

Form der Literatur. Sie wurde gezeugt von der neuen Freiheit des Denkens zusammen mit der ebenso neuen Freiheit des Publizierens und schließlich geboren durch die Trauer um den geliebten Freund.

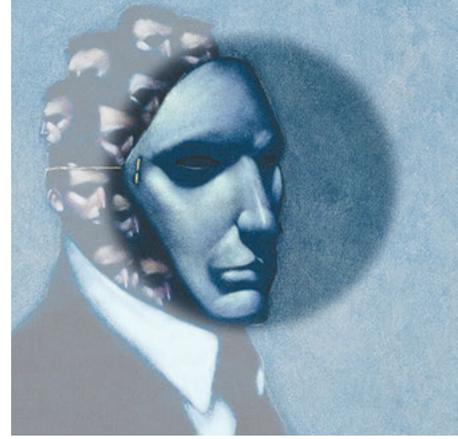
Wir geben Ihnen hier ein Heft voller Essays in die Hand. Essays verfasst von Ihren Kollegen. Forscher wie Sie. Ihre Kollegen können hier die formale und inhaltliche

Strenge der wissenschaftlichen Publikation einmal hinter sich lassen. Sie dürfen ihre eigene – gerne auch strikt subjektive – Sichtweise auf das, was sie gerade bewegt, Ihnen, liebe Leser und Leserinnen, entwickeln, ausbreiten. Sie waren also nicht nur in der Form des Schreibens frei, sondern auch frei in der Wahl ihrer Themen.

Vive la Liberté!



Michel de Montaigne



ESSAYS



- 8 Wie geht disruptive Forschung / *Patrick Cramer*
- 12 Über Exzellenz, Geld & Wissenschaft / *Gerald Schweiger*
- 16 Plädoyer für eine Schwur-bel-resistente Uni-Lehre / *Friedemann Weber*

ESSAYS



- 20 Linné 4.0 – Taxonomie und Beobachtung von Forschenden / *Björn Brembs*
- 24 Fortschritt wider die Fairness? – Ethische Betrachtungen zum Umgang mit Forschungsdaten / *Katrin Frisch*

ESSAYS



- 28 In Co-Autorschaft mit einem Belästiger? / *Hjördis Czesnick und Klaus Ferdinand Gärditz*
- 32 Was können Entscheidungsträger:innen von Promovierenden und Promovierten lernen / *Michael Gerloff*
- 37 Wem nützen offene Daten? / *Leonhard Held*

ESSAYS



- 40 Behindertenquoten als blinder Fleck in der akademischen Wissenschaft / *Bernhard Müller*
- 42 Synthetische Embryonen im deutschen Recht / *Im Gespräch mit Nils Hoppe*



Die COVID-19-Pandemie strotzte vor irreführenden Aussagen, Pseudowissenschaft und falschen Therapieversprechen. Die universitäre Ausbildung muss sich auf Wissenschaftlichkeit zurückbesinnen – zu unser aller Wohl.
Ab Seite 8



„Ihr wichtigster Mitarbeiter sind Sie selbst in sechs Monaten, aber ihr früheres Ich antwortet nicht auf E-Mails“. Stünden Forschungsdaten grundsätzlich allen offen, würden auch Ihnen selbst keine eigenen Daten verlorengehen. Über diesen und andere Vorteile des Konzepts der offenen Daten in der Wissenschaft ab Seite 37.

” Forscher-Meinungen: Wer denkt was?

Eine Sommer-Spezialausgabe: 16 Akteure aus Lebenswissenschaften und Biotech präsentieren Meinungen zu ihren „heißen“ Themen. Mit Illustrationen von Tim Teebken (Bearbeitung Ulrich Sillmann).

ESSAYS



- 46 Ist die Evolutionstheorie noch zu retten? / *Fragt Christoph Plieth*
- 50 Die Evolutionstheorie braucht keine Rettung / *Antwortet Diethard Tautz*

ESSAYS



- 54 Wie Maschinelles Lernen die Life Sciences revolutioniert, und was die KI von den Biowissenschaften lernen kann / *Carsten Ullrich*
- 58 Die Open-Source-Mikroskopie fördert Innovation und Gemeinschaft in den Biowissenschaften / *Benedict Diederich*

ESSAYS



- 62 Der europäische Galaxy-Server demokratisiert die Analyse biowissenschaftlicher Daten / *Anika Erxleben-Eggenhofer*

SONSTIGES



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

SERVICE

- 64 Kongresse
- 68 Fortbildungen
- 71 Stellenmarkt



Moderne Mikroskope und Bildgebungsverfahren bleiben für viele Forscher und Forscherinnen oft unerreichbar, weil die Instrumente genauso teuer wie kompliziert zu bedienen sind. Die Open-Source-Mikroskopie will dies mit einfach nachzubauenden Geräten ändern. Ab Seite 68

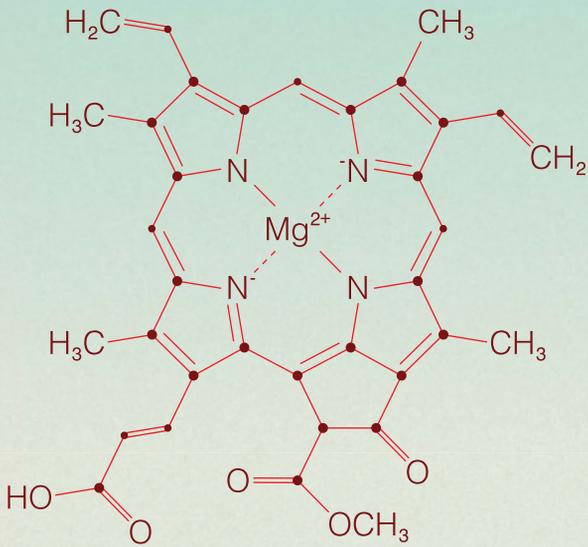
www.laborjournal.de

 @Lab_Journal

 laborjournal@mstdn.science

 www.facebook.de/laborjournal

Growing ideas for SCIENCE



Unsere Labore sind echte Innovationstreiber. Ihre Forschung steckt voller Ideen. Dadurch verändern sich auch Anforderungen. Unsere professionelle Beratung bringt genau das zusammen. Damit keine gute Idee verloren geht. Für mehr **Entfaltung**. — #growwithus

Laborbedarf,
Life Science und
Chemikalien.

www.carlroth.de

ROTH[®]
CARL

DER FUX & die Entdeckung

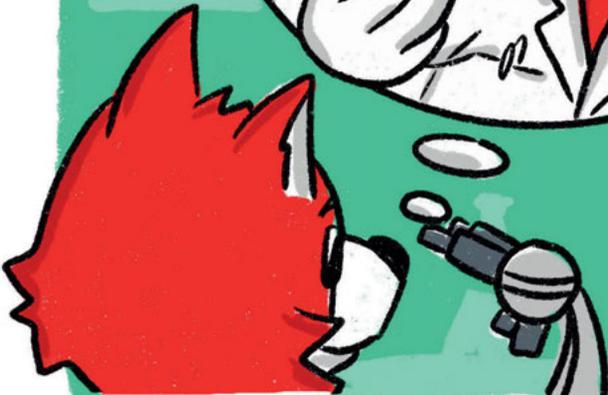
ROTH



© goetzinger + komplizen



Wow, schau, was ich entdeckt habe! Was das wohl für die Forschung bedeuten könnte?



Das bedeutet, du musst mal wieder die Objektträger ordentlich putzen!

Saubere Lösungen finden Sie auf carlroth.com

Wie geht disruptive Forschung?

VON PATRICK CRAMER, GÖTTINGEN

Bringen heutige wissenschaftliche Projekte seltener bahnbrechende Ergebnisse hervor? Ist die Spitzenforschung in Gefahr, weil Anreize für interdisziplinäre Forschung fehlen? Welche Rolle spielt Serendipity?

Die Nachricht schreckte viele auf: Wissenschaft wird weniger disruptiv! Laut einer neuen Studie [1] bringt Forschung immer seltener bahnbrechende Ergebnisse hervor. Mit diesem Befund begann in der ersten Jahreshälfte 2023 eine lebhafte Diskussion darüber, ob Spitzenforschung leidet. Falls die Diagnose stimmt: Was ist die Ursache und was die Therapie? Sollten wir Forschung anders organisieren, um die Chance auf Innovationen zu erhöhen?

Sehen wir uns die Originalstudie vom 4. Januar 2023 an. Die Arbeit analysiert insgesamt ~25 Millionen Publikationen im Zeitraum von 1945-2010 [1]. Dazu griff die Studie auf den sogenannten „CD-Index“ zurück, der 2017 zur Bewertung der Wirkung von Patenten eingeführt [2] und später so umfunktioniert wurde, dass man anhand von Veröffentlichungsdaten disruptive Forschungsergebnisse aufspüren kann [3].

Gleich vorab, um Missverständnissen vorzubeugen: Nur wenige als disruptiv klassifizierte Publikationen führen zu Paradigmenwechseln. Nach Wissenschaftsphilosoph Thomas Kuhn bezeichnet das Paradigma die allgemein akzeptierte Vorgehensweise, ein Natur-

»Der Baum der Erkenntnis kann nicht vollständig abgeerntet werden. Ideen erzeugen immer neue Ideen. An low-hanging fruit mangelt es nicht.«

oder Sozialphänomen zu untersuchen oder zu erklären [4]. Beispiele für Paradigmenwechsel sind die kopernikanische Wende oder die Evolutionstheorie. Die Latte liegt also hoch. Disruptive Publikationen können aber auch Weiterentwicklungen sein, die das Feld verändern, ohne dass das Paradigma wechselt.

Der CD-Index beschreibt, ob eine Publikation eher konsolidierend oder eher disruptiv wirkt. Eine konsolidierende Publikation fügt Wissen zum aktuellen Forschungsstand hinzu und ist in einen kontinuierlichen Zitationsstrom eingebunden. Im Gegensatz dazu eröffnet eine disruptive Publikation einen alternativen Weg: Sie bündelt Zitate neu, weil nachfolgende Publikationen seltener solche Arti-

kel zitieren, die vor der disruptiven Publikation erschienen sind. Auf einer Skala von -1 bis +1 erhalten konsolidierende oder disruptive Publikationen niedrige oder hohe CD-Werte.

Die neue Studie zeigt, dass der durchschnittliche CD-Index im untersuchten Zeitraum kontinuierlich abnahm [1]. Ob Lebens-, Natur- oder Sozialwissenschaften: Der CD-Index für Forschungspublikationen ging zwischen 1945 und 2010 deutlich zurück [5]. Allerdings blieb die absolute Zahl disruptiver Publikationen pro Jahr relativ stabil. Dies bedeutet, dass die ständig wachsende Zahl an Publikationen nicht zu einer ebenso wachsenden Zahl an bahnbrechenden Ergebnissen führte. Daraus schließen die Studienautoren, dass Wissenschaft weniger disruptiv wird.

Gefühlt stellt sich das allerdings ganz anders dar: Gab es nicht gerade in Rekordzeit einen mRNA-basierten Impfstoff? Seit der Jahrtausendwende brachte die Biomedizin ständig disruptive Technologien hervor: RNA-Interferenz, die Genschere CRISPR/Cas, Krebs-Immuntherapie, Einzelzellsequenzierung und viele mehr. Von anderen Feldern ganz zu schweigen: Das Sprachmodell ChatGPT oder Aufnahmen der Umgebung eines schwarzen Lochs. Also alles gut? Nun, die Zahlen sprechen eine andere Sprache: mehr vom Gleichen.

Die publizierten Beobachtungen könnten viele Gründe haben. So wurde vorgeschlagen, dass unerwartete Erkenntnisse heute schwerer zu erhalten sind, weil die „low-hanging fruit“ – die tief hängenden Früchte der Erkenntnis – bereits abgeerntet seien. Dieses Argument stelle ich in Frage, denn die Früchte disruptiver Forschungsarbeit waren sicher auch in früherer Zeit nicht leicht zu erreichen und damit per Definition keine *low-hanging fruit*. Außerdem muss man davon ausgehen, dass der Baum der Erkenntnis grundsätzlich nicht vollständig abgeerntet werden kann, denn Ideen erzeugen neue Ideen [6]. Dann sollte es auch nicht an solchen Früchten mangeln, die disruptiv wirken – sie müssen nur noch reifen.

Wahrscheinlicher ist hingegen die Erklärung, dass der beschriebene Trend durch eine zunehmende Spezialisierung der Forschung zustande kommt [7]. Denn große Forschungsfelder neigen zu einem verlangsamten, kanonischen Fortschritt [8]. Das mag am Herdentrieb vieler Forschender liegen, aber auch da-

ran, dass die wachsende Informationsflut nur schwer verarbeitet werden kann. Dies zeigt beispielsweise die Coronaforschung: In nur 3,5 Jahren sind in PubMed unter dem Stichwort „SARS-CoV-2“ über 200.000 Publikationen aufgelaufen. Solche Zuwachsraten führen unweigerlich zu Fokussierung. Deshalb können Forschende leicht in hoch spezialisierten Gebieten gefangen sein. Das große Ganze ist nicht im Blickfeld.

Es ist zudem wahrscheinlich, dass Wissenschaftssysteme die Spezialisierung in konsolidierten Feldern fördern. So könnten Metrik-ba-



sierte Evaluationen viele Forschende weg von riskanten Themen und hinein in den Mainstream treiben, wo mehr Zitate winken [9]. Auch überbordende Drittmittelwerbung könnte die Wissenschaft zunehmend zu einem wirtschaftlichen Prozess machen, der für Einzelne dann erfolgreich verläuft, wenn sie häufiger kleine Arbeiten mit wenig Daten publizieren. In solchen Systemen fehlt für Kreatives der nötige Freiraum.

Wie sollte hingegen ein Wissenschaftssystem aussehen, das bahnbrechende Forschung erleichtert? Zunächst muss es Qualität statt Quantität fördern. Die Qualität der Forschung ist eine *conditio sine qua non*, eine notwendige Voraussetzung für Durchbrüche. Hochwertige Ergebnisse schaffen ein tragfähiges Fundament, auf dem andere aufbauen [10]. Zudem führt exzellente Wissenschaft auch bevorzugt zu erfolgreichen Anwendungen [11].

Zum anderen sollte Forschung mittelfristig angelegt und so organisiert sein, dass originelle Kombinationen verschiedenartigen Wissens erleichtert werden. Das ist notwen-

dig, um einem grundsätzlichen, unvermeidbaren Dilemma zu begegnen, in das die Wissenschaft zu Beginn des 19. Jahrhunderts geriet: Im Prozess der Ausdifferenzierung in Disziplinen wurden Fragen, die sich nicht einfach einem Fachgebiet zuordnen ließen, seltener adressiert oder vergessen [12].

»Nachhaltiger wissenschaftlicher Fortschritt benötigt inkrementelle und disruptive Entwicklungen.«

Wohl deshalb entstehen disruptive Entwicklungen oft an den Grenzen der Disziplinen. Ein historisches Beispiel ist die Entstehung der physikalischen Chemie gegen Ende des 19. Jahrhunderts, als die Thermodynamik auf chemische Reaktionen angewandt wurde [13]. Eine andere Ausprägung interdisziplinärer Forschung besteht darin, die Methoden einer Disziplin auf Problemstellungen ei-

ner anderen zu übertragen [12]. So entstand etwa die Biophysik durch Anwendung physikalischer Methoden auf biologische Fragen.

Es erscheint daher sinnvoll, Anreize für interdisziplinäre Forschung zu schaffen. Die Umsetzung erfordert aber Zeit und Kraft. Denn es reicht nicht, an die Wissensgrenze des eigenen Felds vorzustößen, man muss auch in den Dialog mit anderen Disziplinen treten. Dabei gilt es, eine gemeinsam verstandene Sprache zu entwickeln, denn oft stellen schon Fachausdrücke hohe Barrieren für Fachfremde dar. Nehmen wir die moderne Verhaltensbiologie: Sie nutzt die Methoden der Astrophysik, um die Beobachtung von Tierbewegungen aus dem Weltraum zu ermöglichen [14]. Um sie aufzubauen, mussten Physiker, Ingenieure und Biologen zusammenarbeiten.

Allerdings ist disruptive Forschung nie in Isolation, sondern nur im großen Kontext der Wissenschaft möglich. Schon Kuhn war überzeugt, dass in der „Normalwissenschaft“ durch inkrementellen Fortschritt eine Wissensbasis aufgebaut wird [4]. Es bedarf oft einer großen



Zahl an kleinen, konsolidierenden Schritten, bevor der große, disruptive Schritt erfolgen kann, der möglicherweise zu einem Paradigmenwechsel führt. Nachhaltiger wissenschaftlicher Fortschritt benötigt inkrementelle und disruptive Entwicklungen [3].

»Wird Wissenschaft ein wirtschaftlicher Prozess, fehlt für Kreatives der nötige Freiraum.«

Das wird am Beispiel des Algorithmus AlphaFold2 deutlich. Er nutzt die Methoden des maschinellen Lernens, um dreidimensionale Proteinstrukturen vorherzusagen [15]. Über ein halbes Jahrhundert lang nutzte die weltweite Community experimentelle Methoden, um fast 200.000 Proteinstrukturen strukturell aufzuklären [16]. So entstand eine Datenbasis, die eine kritische Größe erlangen musste, damit der Algorithmus erfolgreich trainiert werden konnte. Ganz klar: Das Forschungsfeld muss ausreichend bestellt sein, bevor ein bahnbrechendes Resultat geerntet werden kann, das den Erkenntnisfortschritt dann oft weiter beschleunigt.

Zusammenfassend wird deutlich, dass erfolgreiche Wissenschaft Vielfalt benötigt. Und zwar in jeder Hinsicht – nicht nur was die Disziplinen, Methoden und Ansätze angeht. Auch die Größe der Arbeitsgruppen sollte nicht einheitlich sein. Es wurde zwar gezeigt, dass kleinere Teams kreativer sind [3,17]. Doch die neuen Fragen, die kleine Teams oft auf tun, benötigen zur Beantwortung meist große Teams [3]. Vielfalt sollte sich auch auf die Arbeitsgruppen selbst erstrecken. Vieles deutet darauf hin, dass Diversität die Kreativität fördert, auch wenn hierzu unterschiedliche, vielschichtige Studien vorliegen [18].

Ein Forschungsraum wie Europa sollte auf beides setzen: thematisch freie, am Einzelprojektorientierte Forschung sowie Programmfor-

schung. Zudem brauchen wir sowohl Grundlagenforschung wie auch anwendungsorientierte Forschung. So lassen sich die Chancen auf transformative Entwicklungen erhöhen: Ideen aus der Grundlagenforschung führen zu Anwendungen. Und Hindernisse in der Translation stellen neue Fragen an die Grundlagenforschung. Eine kategoriale Unterscheidung zwischen Grundlagen- und Anwendungsforschung ist aber künstlich: Es gibt nur eine Forschung, die verschiedene Facetten hat.

Da die nötigen Durchbrüche oft aus einer Ecke kommen, aus der sie keiner erwartet, kann man disruptive Forschung selten planen. Was können dann einzelne Forschende überhaupt tun, um die Chancen auf disruptive Erkenntnisse zu erhöhen? Es lohnt sich, achtsam zu sein und Serendipity zu nutzen – jenen glücklichen Umstand, der nur von solchen Menschen erkannt wird, die das Unerwartete errahnen [19]. Louis Pasteur soll es einmal so formuliert haben: „La chance ne sourit qu’aux esprits bien préparés“. Was in etwa bedeutet, dass das Glück nur denjenigen gewogen ist, die im Geiste darauf vorbereitet sind.

»Disruptive Entwicklungen entstehen oft an den Grenzen der Disziplinen.«

Auch wenn unklar bleibt, wie genau die Ergebnisse der Nature-Studie [1] zu interpretieren sind, so erinnert uns die aktuelle Diskussion doch daran, wie bahnbrechende Forschungsergebnisse erzielt werden. Perspektivenwechsel sind wichtig – übrigens nicht nur für die Forschung, sondern auch für die Lehre [20]. Unterschätzen wir nicht den fachfremden Vortrag, ein zufällig entdecktes Paper oder das Gespräch mit einer Expertin aus einer anderen Disziplin.

Der Blick zurück zeigt: Die Wege der Wissenschaft verlaufen nicht linear; ambitionierte Forschende sind Teil eines lebendigen Netz-

werks und disruptive Durchbrüche sind oft mit persönlichen Werdegängen auf schwer greifbare, fast magische Weise verknüpft. Deshalb sollten wir stets offen bleiben für Neues, Möglichkeiten zum Austausch über die Fachgrenzen hinaus nutzen und unvorhergesehene Chancen mutig ergreifen.

Ich danke C. Walch-Solimena, L. Bornmann, C. Ettl und C. Leibel (Max-Planck-Gesellschaft) sowie C. Cramer (Universität Tübingen) für wertvolle Informationen und kritische Kommentare.

Referenzen

[1] Park M., et al., 2023, Nature, 613: 138-144
 [2] Funk R.J. & Owen-Smith, J., 2017, Management Science, 63: 587-900
 [3] Wu, L., et al., 2019, Nature, 566: 378-382
 [4] Kuhn, T., 2012, University Of Chicago Press, ISBN: 978-0226458120
 [5] Kozlov, M., 2023, Nature, 613: 225
 [6] Wang, D. & Barabási, A.-L., 2021, Cambridge University Press, ISBN: 9781108610834
 [7] Ahuja, A., 2023, Financial Times, Science is losing its ability to disrupt
 [8] Chu, J.S.G. & Evans, J.A., 2021, PNAS, 118
 [9] Editorial, 2023, Nature, 614: 7-8
 [10] Bornmann, L., et al., 2010, PLoS One, 5: e13327
 [11] Poege, F., et al., 2019, Sci Adv, 5: eaay7323
 [12] Stichweh, R., 2013, Transcript Verlag, ISBN: 9783837623000
 [13] Dolby, R.G.A., 1977, Annals of Science, 34: 287-310
 [14] Kays, R., et al., 2015, Science, 348: aaa2478
 [15] Tunyasuvunakool, K., et al., 2021, Nature, 596: 590-596
 [16] Burley, S.K., et al., 2022, Protein Sci, 31: 187-208
 [17] Azoulay, P., 2019, Nature, 566: 330-332
 [18] Hundschell, A., et al., 2021, Applied Psychology, 71: 1598-1634
 [19] Merton, R.K. & Barber, E.G., 2006, Princeton University Press, ISBN: 9780691126302
 [20] Cramer, C., et al., 2023, J Teach Educ, doi.org/kgzr



Foto: Böttcher-Gajewski/MPI

Zur Person

Patrick Cramer ist seit 2014 Direktor am Göttinger MPI für biophysikalische Chemie, das 2022 mit dem MPI für experimentelle Medizin zum MPI für Multidisziplinäre Naturwissenschaften fusionierte. Dort leitet er die Abteilung Molekularbiologie. Im Juni 2022 wurde er für die Amtsperiode bis 2029 zum Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft gewählt.

WE ♥ LABOR

LABSOLUTIONS LIVE **BESUCHEN SIE UNSERE LABORFACHMESSEN**

Messestände namhafter Hersteller, praxisorientierte Fachvorträge mit Teilnahmezertifikat, Catering und Rahmenprogramm.
Die ganze Laborwelt an einem Tag und komplett kostenfrei für Sie.

IN HAMBURG

13. September 2023 · 9:00–15:30 Uhr
MesseHalle, Modering 1a, 22457 Hamburg-Schnelsen
Jetzt anmelden unter www.thgeyer.com/hamburg

IN STUTT GART

10. Oktober 2023 · 9:00–15:30 Uhr
Carl Benz Arena Stuttgart, Mercedesstraße 73, 70372 Stuttgart
Jetzt anmelden unter www.thgeyer.com/stuttgart

www.thgeyer.com



Über Exzellenz, Geld & Wissenschaft

VON GERALD SCHWEIGER, GRAZ

Wissenschaftliche Institutionen brüsten sich mit Exzellenz. Dass es keine klare Definition für diesen Begriff gibt, stört sie nicht. Gleichzeitig sind ihre Peer-Review-Verfahren und Panel-Entscheidungen fehleranfällig. Hemmen hoher Wettbewerb und niedrige Erfolgsraten vielleicht sogar Innovationen?

Alle beanspruchen es für sich. Die Platzhirsche der weltweiten Universitätsrankings, genauso wie die auf den hinteren Plätzen; es ist der Goldstandard der universitären Welt und gilt für das Erforschen von Quantenphänomenen genauso wie für die Interpretation heiliger Schriften: die akademische Exzellenz. Sie scheint ein situationselastischer Begriff zu sein. In der Literatur wird sie als unscharf, mehrdeutig [1] und als rationalisierender Mythos [2] beschrieben. Wir wissen eigentlich nicht genau, was wir mit Exzellenz meinen – messen tun wir sie trotzdem. Die wissenschaftliche Gemeinschaft hat verschiedene Metriken vorgeschlagen, um Exzellenz zu quantifizieren; in den meisten Fällen handelt es sich um bibliometrische Indikatoren wie die Anzahl an Publikationen oder Zitaten.

Um wissenschaftliche Exzellenz in der wie auch immer definierten Form zu erreichen, scheint Geld eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung zu sein. Wissenschaft ist teuer. Wissenschaftler sind zwar nicht für ihre hohen Gehälter bekannt, aber Wissenschaft braucht modernste Technologie, Labore, Büros und Verwaltung. Da die Arbeit von Wissenschaftlern keinen direkten Umsatz generiert, müssen die Gesellschaft und ihre Institutionen sie finanzieren. Wenn quantitative bibliometrische Indikatoren zur Messung wissenschaftlicher Exzellenz herangezogen werden, ist die Behauptung, wonach Geld eine notwendige Bedingung für akademische Exzellenz ist, gültig: Empirische Studien zeigen, dass

Geld etwa zwei Drittel der Varianz der Veränderung des wissenschaftlichen Outputs, gemessen an hoch zitierten Publikationen, erklärt; nach dem Motto: „Geld rein – hoch zitierte Veröffentlichungen raus“ [3]. Ein 2011 erscheinender *Nature*-Artikel kam zum Schluss, dass es ein Skandal ist, dass Milliarden für Forschung ausgegeben werden, ohne zu wissen, wie man das Geld am besten verteilt [3]. Sind wir mehr als zehn Jahre später schlauer? In diesem Artikel versuche ich die Frage zu beantworten, wie sich verschiedene Methoden der Verteilung auf die Exzellenz und auf andere Bereiche des wissenschaftlichen Betriebes auswirken.

»Die Befürworter der These, wonach Wettbewerb die Exzellenz positiv beeinflusst, haben immer noch keine empirischen Daten dafür vorgelegt.«

Die Wissenschaft ist ein komplexes System, das mit anderen komplexen Systemen in Wechselwirkung steht; nach Bruno Latour ist sie ein System, in dem Wissenschaftler und deren Institutionen „knit, weave and knot together into an overarching scientific fabric“. Die Verteilung von Forschungsgeldern ist ein kleiner Baustein dieses komplexen Systems. Vereinfacht kann zwischen zwei Arten der

Verteilung unterschieden werden: Entweder konkurrieren Wissenschaftler aktiv um Forschungsgelder, zum Beispiel durch das Schreiben von Förderanträgen, oder sie erhalten Gelder ohne aktives Zutun, zum Beispiel durch direkte Finanzierung der Universitäten. Nennen wir ersteres System „kompetitiv“ und zweiteres „nicht-kompetitiv“. Fördersysteme können alle Schattierungen von Grau aufweisen: Das gesamte Fördergeld kann nicht-kompetitiv, kompetitiv oder basierend auf einer Kombination der beiden Systeme verteilt werden.

Die wissenschaftliche Literatur, die sich mit den Auswirkungen der verschiedenen Verteilungssysteme befasst, vereinfacht in ihren Analysen meist das komplexe System Wissenschaft; zentrale Merkmale komplexer Systeme wie Nichtlinearität, Multidimensionalität oder Selbstorganisation werden nicht berücksichtigt. Die Aussagekraft dieser Analysen sind daher meiner Einschätzung nach stark eingeschränkt. In einer Studie wurde anhand von 17 Ländern der Einfluss kompetitiver Forschungsförderung auf die Effizienz analysiert, die als Änderung der Fördergelder im Vergleich zur Änderung hoch zitierter Veröffentlichungen definiert wurde [4]. Die Daten zeigen eine negative Korrelation von 0,3 zwischen der Effizienz und dem Grad der kompetitiven Förderung. Die Autoren weisen darauf hin, dass die Ergebnisse aufgrund der geringen Datenmenge mit Vorsicht interpretiert werden sollten; ich würde sogar behaupten, dass die Korrelation zufällig sein könnte. In einer anderen Studie wurden Daten aus acht Ländern analysiert, um die Auswirkung kompetitiver Forschungsförderung auf die Produktivität – gemessen an der Anzahl an Publikationen – zu erfassen [5]. Länder mit hohem Wettbewerb (wie zum Beispiel Großbritannien) sind effizient, konnten die Effizienz jedoch nicht verbessern; andere Länder mit weniger Wettbewerb (wie zum Beispiel Dänemark) sind entweder fast genauso effizient oder konnten (wie zum Beispiel Schweden) ihre Effizienz trotz relativ geringem Wettbewerb erhöhen. Eine Studie in Italien untersuchte die Auswirkungen nicht-kompetitiver Forschungsförderung auf die Produktivität [6]; für drei Jahre erhielten Forscher 14.000 Euro pro Jahr. Begleitend wurden die Auswirkungen auf die wissenschaftliche Produktivität anhand verschiedener biblio-

Zur Person

Gerald Schweiger leitet am Institut für Softwaretechnologie der TU Graz die Forschungsgruppe für intelligente Gebäude und Energiesysteme. Zuvor erwarb er einen Masterabschluss in Energietechnik, Philosophie und Global Studies. Für seinen Doktor in Sozialwissenschaften entwickelte er Methoden zur dynamischen Modellierung und Optimierung zukünftiger Energiesysteme.



Foto: S. Leitner

metrischer Indikatoren untersucht. Die Ergebnisse zeigen keine signifikanten Veränderungen. Wie die Autoren ausdrücklich feststellen, sollten die Ergebnisse jedoch mit Vorsicht betrachtet werden, da drei Jahre für die Beurteilung des Einflusses auf wissenschaftliche Veröffentlichungen zu kurz sind. Ich frage mich, welchen Effekt mit 14.000 Euro pro Jahr die Autoren erwartet haben? So viel kostet ein PhD-Student in Österreich pro Jahr für zehn Stunden pro Woche.

Es scheint, dass die Anreize zur Förderung der Exzellenz in der Wissenschaft komplexer sind, als es theoretische Behauptungen vermuten lassen. Die Befürworter der These, wonach Wettbewerb die Exzellenz positiv beeinflusst, haben immer noch keine empirischen Daten, auf deren Grundlage sie ein solides Fundament für ihr Argument aufbauen können. Im Moment sind wir im Blindflug unterwegs: Es werden Milliarden für Forschung ausgegeben, ohne zu wissen, wie das Geld am besten verteilt werden sollte. Aber wir sind noch nicht am Ziel unserer Betrachtungen gelangt – neben einer Input-Output-Analyse à la Geld rein, Publikationen raus gibt es noch weitere Faktoren, die wir meiner Meinung nach berücksichtigen sollten.

Normalerweise beginnt der Auswahlprozess in kompetitiven Systemen mit einem Peer-Review-Verfahren, in dem Gutachter Anträge basierend auf vordefinierten Kriterien bewerten. Manchmal werden diese Bewertungen als Grundlage für Förderentscheidungen verwendet. In anderen Fällen dienen sie dazu, die besten Anträge zu selektieren, die dann in einem weiteren Schritt von einem Panel bewertet werden [7]. Die Zuverlässigkeit

»Die Zuverlässigkeit von Peer-Review-Prozessen und Panel-Entscheidungen in der angewandten Forschung unterscheidet sich kaum von einer klassischen Münzwurf-Entscheidung.«

von Auswahlprozessen wird hinsichtlich der Variabilität der Peer-Review- und Panel-Bewertungen analysiert. Einige Studien zeigen keine Übereinstimmung bei der Bewertung derselben Anträge durch verschiedene Gutachter; diese Autoren betrachten den Peer-Review-Prozess als willkürlich [8]; andere Studien zeigten eine sehr geringe [9] bis moderate Übereinstimmung [7]. Einige dieser Studien sind jedoch statistisch fehlerhaft, da sie nur angenommene Anträge analysieren. Um die Variabilität der Peer-Review-Bewertungen zu untersuchen, müssen wir alle Daten berücksichtigen:



sichtigen: angenommene und abgelehnte Anträge. Dies ist besonders wichtig, da oftmals argumentiert wird, dass Peer-Review-Prozesse geeignet sind, um schlechte Anträge herauszufiltern – jedoch ungeeignet, um gute von ausgezeichneten zu unterscheiden [10].

Wie steht es um Panel-Entscheidungen? Im Jahr 1981 zeigten Stephen Cole und Kollegen erstmals, dass „getting a research grant depends to a significant extent on chance“ [11]. Eine aktuellere Studie analysierte 2.705 medizinische Forschungsanträge, die in Australien eingereicht wurden [12]. Jeder Antrag wurde von einem von 45 Panels mit jeweils 7 bis 13 Mitgliedern bewertet. Die Autoren schätzten die Variabilität der Bewertungen der Panel-Mitglieder und ermittelten, wie sich diese Variabilität auf die Variabilität der Förderentscheidungen auswirkt. Die Ergebnisse zeigten, dass etwa zwei Drittel der Anträge manchmal nicht gefördert wurden; nur neun Prozent wurden immer gefördert. Die Autoren kamen daher zu dem Schluss, dass es ein kostspieliger und nicht zuverlässiger Prozess ist. Dass der Zufall im Begutachtungsprozess eine Rolle spielt, wurde auch in qualitativen Studien bestätigt [13].

Ich möchte eine Hypothese hinzufügen: Ich glaube, dass die Zuverlässigkeit von Peer-Review-Prozessen und Panel-Entscheidungen in der angewandten Forschung noch geringer ist. In den Grundlagenwissenschaften kann meiner Einschätzung nach treffsicherer definiert werden, welche Personen für Reviews und Panels qualifiziert sind. In der angewandten Forschung muss beispielsweise ein Maschinenbauer beurteilen, ob probabilistische neuronale Netze für die Diagnose von Windkraftanlagen einen wissenschaftlichen Mehrwert bringen; neben der wissenschaftlichen Exzellenz müssen noch weitere Kriterien wie das Marktpotenzial oder der Beitrag zur Technologieführerschaft eines Landes beurteilt werden. Das führt auf Seiten der Antragsteller zu geschönten, mit Buzzwords geschmückten Forschungsanträgen – vor allem in Systemen ohne *Ex-post*-Evaluierung –

und auf Seiten der Begutachtung zu einem Auswahlprozess, dessen Zuverlässigkeit sich kaum von einer klassischen Münzwurf-Entscheidung unterscheiden lässt.

Können wir etwas aus den Peer-Review-Verfahren von Journalen und Konferenzen lernen? Eine Metaanalyse zur Übereinstimmung bei Peer-Reviews zeigt, dass das durchschnittliche Maß an Übereinstimmung niedrig ist – weit unter dem, was in anderen Bereichen mit quantitativer Bewertung als angemessen betrachtet wird [14]. Es braucht Zeit, um Forschungsanträge zu schreiben – viel Zeit.

»Hoher Wettbewerb und niedrige Erfolgsraten führen zu konservativem und kurzfristigem Denken, das Ergebnisse garantiert, anstatt radikale Innovationen zu fördern.«

Studien in verschiedenen Disziplinen zeigen, dass das Schreiben eines einzelnen Antrags etwa 25 bis 50 Tage in Anspruch nimmt. Bei durchschnittlichen Akzeptanzraten zwischen 10 und 25 Prozent sind das 100 bis 500 Personentage für ein einzelnes gefördertes Projekt [15,16]. Um ein Gefühl für die Größenordnung zu bekommen: Eine Studie zur Förderung medizinischer Forschung in Australien zeigt, dass Forscher im Jahr 2013 rund 550 Arbeitsjahre investierten, um Forschungsanträge zu schreiben; dies entspricht 41 Millionen Euro an Gehältern und 14 Prozent des gesamten Budgets für medizinische Forschung [16].

Abgesehen von der Maximierung quantitativer bibliometrischer Metriken: Was sind die besten Projekte? Solche Projekte, die potenziell den Stand der Technik revolutionieren, was äußerst schwierig und äußerst unwahrscheinlich ist? Oder solche Projekte, die mit großer Wahrscheinlichkeit ein für die Gesellschaft wichtiges Thema einen kleinen Schritt vorwärts bringen? Empirische Studien zeigen, dass hoch-



her Wettbewerb und niedrige Erfolgsraten zu konservativem und kurzfristigem Denken führen, das Ergebnisse garantiert, anstatt radikale Innovationen zu fördern [17]. Dies steht im Einklang mit (i) Studien, die zeigen, dass die Beurteilungen der Gutachter auf aktuellen Wissensparadigmen beruhen, die unkonventionelle und potenziell radikale innovative Ideen benachteiligen und (ii) Studien, die zeigen, dass Gutachter vergangene Leistungen belohnen und damit potenziell innovative Ideen hemmen [18]. Ist die Wissenschaft zu risikoavers geworden?

Wie sieht es mit Geschlechterbias aus? Eine Metaanalyse fand keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede [19].

Was wissen wir noch?

» Konzentration oder Verteilung von Fördergeldern? Eine Studie zeigt, dass eine breitere Verteilung von Ressourcen die Chancen auf wissenschaftliche Durchbrüche erhöht [20]. Eine andere Studie kommt zum Schluss, dass der Output gemessen an Publikationen pro Geldeinheit bei großen Projekten kleiner ist und dass daher Förderstrategien, die auf Diversität abzielen, den Output erhöhen [21].

» 30 Prozent der grundlegenden Arbeiten von Nobelpreisträgern in Medizin, Physik und Chemie wurden ohne finanzierte Projekte in Institutionen durchgeführt, die den Wissenschaftlern ein geschütztes Umfeld boten [22].

» 90 Prozent der Forscher sind der Meinung, dass sie zu viel Zeit für das Schreiben von Forschungsanträgen aufbringen; nur zehn

Prozent der Forscher glauben, dass sich kompetitive Fördersysteme positiv auf die Qualität der Forschung auswirken [15]. Andere Studien zeigen, dass sich kompetitive Systeme und der damit verbundene Stress negativ auf die Gesundheit und das Familienleben der Forscher auswirken [23].

» Macht und Einfluss von universitärem Management wirken sich negativ, Autonomie und Freiheit der Forscher positiv auf den Output gemessen an hoch zitierten Publikationen aus [4].

»Manchmal vermisse ich eine gewisse Arroganz gegenüber Schwachsinn und deren Verbreitern. Wir brauchen keine Schönwetter-Wissenschaft.«

» Einige Autoren argumentieren, dass starker Wettbewerb zur Entstehung von Hyperkonkurrenz beiträgt, die unethisches Verhalten fördert [1].

» Es wurden mehrere Alternativen vorgeschlagen; viel diskutiert ist die Verteilung via Lotterie. Die Idee, Forschungsgelder per Losverfahren zu verteilen, mag absurd klingen und im Widerspruch zu einem Grundprinzip der Wissenschaft stehen: der Objektivität. Das Losverfahren scheint jedoch viele Probleme der wettbewerbsorientierten Förderung zu lösen, einschließlich der Tatsache, dass eine klei-

ne Gruppe von Personen die Karrieren von Wissenschaftlern und die Entwicklung ganzer Disziplinen beeinflussen kann.

Mein Fazit: Wenn öffentliches Geld die wissenschaftliche Exzellenz maximieren soll, braucht es eine klare Definition von Exzellenz. Ich bin der Meinung, dass die Disziplinen diese Definitionen gemeinsam mit einem kritischen Gegenüber erarbeiten sollten. Vor allem in den angewandten Disziplinen macht man es sich oft gemütlich hinter einem äußerst dehnbaren Begriff der Exzellenz. Ich glaube, dass die Meta-Science-Community so ein kritisches Gegenüber wäre.

Abschließend noch eine interessante Beobachtung rund um die Relevanz bibliometrischer Metriken: Die Leichtgewichte im Wettbewerb um Hirsch-Indizes und Co. bestreiten meist reflexartig die Relevanz bibliometrischer Metriken. Ich schlage für die allermeisten Disziplinen eine österreichische Lösung vor: Bibliometrische Metriken sagen nicht alles aus – aber doch einiges. Ich glaube, dass große Teile der Wissenschaft in hohem Maße kompetitiv sind und es schon immer waren: Der Drang, Neues zu entdecken und dabei Erster zu sein, oder der Wettbewerb um begrenzte Feststellungen. Vielleicht sind dies gewichtigere Anreize für das Streben nach Exzellenz als das zeit-, kosten- und energieintensive Schreiben von Forschungsanträgen?

Ich möchte diesen Essay mit der Diskussion zweier Holzwege abrunden: (i) Emotionale und ideologisch gefärbte Diskussionen sind

schwierig. Wenn jedoch durch das „Unrecht haben“ die eigene Existenz auf dem Spiel steht, wird ein schwieriges oft zu einem unmöglichen Unterfangen. Fördereinrichtungen haben ein klares Interesse: Sie wollen nicht abgeschafft werden. Politische Entscheidungsträger werden nur ungern eingestehen, dass sie Steuergeld suboptimal eingesetzt haben. Als Wissenschaftler hoffe ich insgeheim, dass wir nicht unter Zeitdruck, im Kampf um begrenzte Mittel und in ständiger Unsicherheit über unsere Karriere und Zukunft zur Höchstform auflaufen. Ich weiß nicht, wie ein konstruktiver Diskurs angestoßen werden kann – ich bin skeptisch. (ii) „Die Leute sind eh schon skeptisch gegenüber der Wissenschaft; wir müssen vorsichtig sein mit kritischen Diskussionen über die Wissenschaft ...“. Manchmal vermissem ich eine gewisse Arroganz gegenüber Schwachsinn und deren Verbreitern. Ich bin der Meinung, dass wir keine Schönwetter-Wissenschaft brauchen, sondern mehr Skepsis und Zweifel; wir sollten uns jedoch nicht bei jedem Zwischenruf aus den hinteren Reihen aus der Fassung bringen lassen und sofort Gespräche auf Augenhöhe suchen.

Referenzen

- [1] Moore, S., et al., 2017, *Palgrave Communications*, 3:16105
- [2] Jong, L., et al., 2021, *RoRI Working Paper No. 5*
- [3] Ioannidis, J.P.A., 2011, *Nature*, 477: 529-531
- [4] Sandström, U. & Van den Besselaar, P., 2018, *J Informetr*, 12: 365-384
- [5] Auranen, O. & Nieminen, M., 2010, *Res Policy*, 39: 822-834
- [6] Maisano, A.M., et al., 2020, *Scientometrics*, 123: 1261-1280
- [7] Eroshva, E.A., et al. 2021, *J R Stat Soc*, 184: 904-919
- [8] Pier, E., et al. 2018, *PNAS*, 115:2952-2957
- [9] Mayo, E.N., et al., 2006, *J Clin Epidemiol*, 59: 842-8
- [10] Opthof, T. & Wilde, A.A.M., 2009, *Neth Heart J*, 17:145-54
- [11] Cole, S., et al., 1981, *Science*, 214:881-6
- [12] Graves, N., et al., 2011, *BMJ*, 343: d4797
- [13] Roumbanis, L., 2017, *Soc Stud Sci*, 47: 95-116
- [14] Bornmann, L., et al., 2010, *PloS One*, 5: e14331
- [15] Schweiger, G., 2023, *PloS One*, 18: e0282320
- [16] Herbert, D. L., et al., 2013 *BMJ Open*, 3: e002800
- [17] Lane, N.L., et al., 2022, *Manage Sci*, 68: 4478-4495
- [18] Bloch, C. & Sørensen, M.P., 2015, *Sci. Public Policy*, 42: 30-43
- [19] Marsh, H.W., et al., 2009, *Rev Educ Res*, 79: 1290-1326
- [20] Aagaard, K., et al., 2020, *Quant Sc Stud*, 1: 117-149
- [21] Fortin, J.M. & Currie, D.J., 2013, *PloS One*, 8: e65263
- [22] Tatsioni, A., et al., 2010 *FASEB J*, 24: 1335-9
- [23] Herbert, D., et al., 2014, *BMJ*, 4: e004462

Campus 1

Fertigstellung Juni 2024

ca. 600m² freie Mietfläche noch zur Verfügung

Labor mieten

im neu erbauten CSTBi Campus for Science and Technology Bielefeld

Campus 2

Fertigstellung 2026

ca. 10.000m² freie Mietfläche

CSTBi

Weitere Informationen:



Kupferhammer, 33649 Bielefeld

Hr. Denis Rauhut

E-Mail: info@moellerrealestate.de

Telefon: 0521/4477-650

www.moellerrealestate.de

Einige Eckdaten:

- Nachhaltigkeitszertifizierung nach DGNB-Gold / KfW40-NH
- Labor- & Bürolayout können gemeinsam geplant und festgelegt werden
- auf Wunsch: Sammelbestellung von Labormöbeln möglich (mit hohen Rabatten)
- 300m² PV-Anlage auf dem Dach
- Moderne Luft-Wasser-Wärmepumpen
- Anschluss an das Glasfasernetz
- Labore der Sicherheitsstufe 1 und 2
- Zentrale Versorgung: Trinkwasser, Brauchwasser, Kühlwasser, Abwasser, Druckluft, Notdusche, Handwaschbecken, Achtfacher Luftwechsel im Labor, Abluft, Druckluft, Stickstoff 5.0
- Dezentrale Versorgung: VE-Wasser, Kühlwasser und weitere Sondermedien wie z. B. Sauerstoff, Helium, Argon etc.
- Heizen und Kühlen über akustisch wirksame Deckensegel

Plädoyer für eine Schwurbel-resistente Uni-Lehre

VON FRIEDEMANN WEBER, GIESSEN

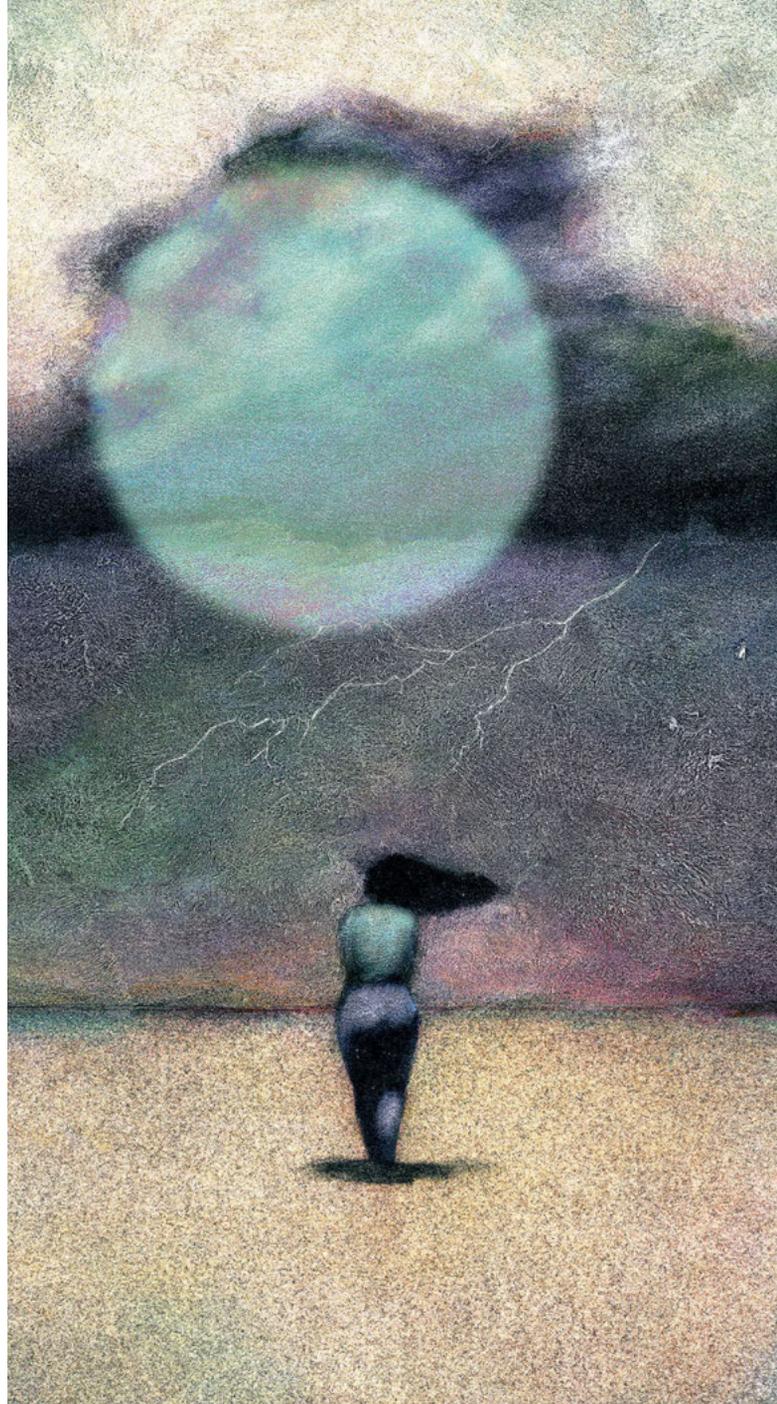
Die COVID-19-Pandemie strotzte vor irreführenden Aussagen, Pseudowissenschaft und falschen Therapieversprechen. Die universitäre Ausbildung muss sich auf Wissenschaftlichkeit zurückbesinnen – zu unser aller Wohl.

Die COVID-19-Krise hat die Virologie von einem dünn besiedelten Außenbezirk der Lebenswissenschaften in das Epizentrum der globalen Aufmerksamkeit katapultiert. Dass es irgendwann – nach SARS anno 2003 und MERS 2013 – zu einem weiteren Ausbruch eines Coronavirus kommen wird, hatten viele ja erwartet. Überraschend aber waren die Wucht und Dauer der Pandemie, getragen von der Ansteckung durch Symptomlose, hohe Infektions- und Mutationsraten sowie andere, immer neue Volten, die dieser Seuchenerreger schlägt.

Überraschend war allerdings auch, wie viel Unsinn erzählt wurde, leider oft von Menschen, die irgendwann einmal eine Lebenswissenschaft – meist Medizin, Tiermedizin oder Biologie – studiert hatten. An sich war das Szenario ja „von der Stange“: Wir hatten es mit dem Eindringen eines hochansteckenden Pathogens in eine immun-naive Population – nämlich uns – zu tun. Was das bedeutet, kennt man von SARS-CoV-1, HIV, Zika-, Ebolavirus und zahlreichen Tierseuchenerregern wie zum Beispiel aktuell H5N1. Gleichzeitig gibt es diverse Nachweisverfahren, um Infizierte zu erkennen und die Ausbreitung zu verhindern – und das Prinzip der Impfung ist jetzt auch kein Geheimwissen. Es sollte also auch für Fachleute ohne 100-prozentige passgenaue Expertise möglich sein, die Basics des Geschehens korrekt einzuordnen.

»Wir sollten den Student:innen beibringen, wie sie Wissenschaft von Quatsch abgrenzen können, auch wenn er einen wissenschaftlichen Anstrich bekommen hat.«

Während es zu Beginn 2020 tatsächlich auch noch weitgehend Konsensus war, dass das neue Virus ernst zu nehmen ist und was man in dieser Notsituation tun sollte, schwollen über Sommer und Herbst des Jahres Stimmen an, die für einen angemessenen Umgang mit dem Virus eher weniger zuträglich waren. Das Spektrum reichte dabei von lückenhaftem Grundlagenwissen, persönlichen Befindlichkeiten, die zur fachlichen Einschätzung gepimpt wurden, über Falschbehauptungen bis hin zu gemeingefährlichem Quatsch. Letzteres hört auf das schöne Wort „Schwurbel“, und die Grundregel dabei ist: Je abenteuerlicher und selbstbewusster die Behauptungen, desto wahrscheinlicher ist es, dass der Urheber nicht auf dem entsprechenden Fachgebiet ausgewiesen ist – oder gar kein Fachgebiet hat, da seit der lange zurückliegenden Dissertation keine ernsthafte Forschung mehr betrieben wurde. Das konstante Säurebad des Peer-Review – sowohl als Objekt als auch als Reviewer – ist aber essentiell, um Daten und Wissen auf dem aktuellen Stand einordnen zu können und die Antenne für Unsinn gut geputzt zu halten.



In diesem Beitrag möchte ich einige Dinge kommentieren, die während des wilden Ritts durch die Pandemie aufgefallen sind und die ich wenigstens aus dem Bereich der Lebenswissenschaften bitte nicht mehr hören oder lesen möchte. Dieser fromme Wunsch kann vielleicht in Erfüllung gehen, wenn wir uns in Ergänzung zu den Fakten, die wir an den Unis lehren, wie zum Beispiel tollen molekularen Mechanismen, auch wieder darauf besinnen, wie unser Wissen eigentlich zustande kommt. Wir sollten den Student:innen beibringen, wie sie Wissenschaft von Quatsch abgrenzen können, auch wenn er einen wissenschaftlichen Anstrich bekommen hat. Das *Laborjournal* hat mir nach Ausfüllen eines handgeschriebenen DIN-A4-Antrags mit drei Durchschlägen maximal 17.000 Zeichen genehmigt; das will ich ausnutzen für einen bunten Mix aus Beobachtungen und deren Einordnung, und eine gar nicht neue Idee, wie man die Situation verbessern könnte.

Fangen wir also mit 2020 an, als die diagnostische RT-PCR, die unzählige Leben gerettet hat, rasch unter Beschuss geriet. So wurde von einem bunten Konsortium aus fachfremden Wissenschaftlern und niedergelassenen Ärzten bis hin zu einem „Digital Artist“ in einem als Peer Review bezeichneten Online-Pamphlet unter anderem behauptet, dass dieser Test nichts aussagen würde, da er nur „Virus-schnipsel“ findet. Eine solche Formulierung führt aber grob in die Irre, denn wenn Teile des Virusgenoms vorhanden sind, dann hat auch

eine Infektion stattgefunden. Man muss nicht das gesamte Genom von über 30.000 Basen nachweisen, denn auch die Schnipsel waren vorher noch nicht da.

Ein weiterer Punkt betrifft die Verwendung des Wortes „Infektion“. Tatsächlich wird der Begriff oft synonym für „Krankheit“ verwendet, bedeutet aber eigentlich etwas anderes, nämlich die Aufnahme und Vermehrung eines Krankheitserregers. So etwas kann durchaus auch glimpflich ausgehen: Man kann ja infiziert sein, ohne krank zu werden. Wenn jemand also behauptet, die RT-PCR könne keine „Infektion“ nachweisen, dann wird dieses Missverständnis ausgenutzt. Es wurde

»Man muss weder untersuchen, ob es Viren überhaupt gibt, noch ob der Mond aus Käse besteht.«

damit ein etablierter Test in Misskredit gebracht, der dazu dient, Virus-träger rechtzeitig zu erkennen und zu isolieren, bevor sie andere anstecken. Die etwas härtere Spielart der „PCR-Leugnung“ besteht übrigens darin zu behaupten, es gäbe gar keine Viren und die ganzen sequenzierten Full-length-Genome – also mehr als 15 Millionen alleine für SARS-CoV-2 bei GISAID – wären nur am Computer zusammengebastelte Genschnipsel. Da sind sie wieder, die „Schnipsel“, Grundlage einer besonders absurden Form der Schwurbelei, übrigens betrieben von einem promovierten Lebenswissenschaftler.

Ein oft vorgebrachter Kritikpunkt ist, dass die Wissenschaft sowieso ständig ihre Meinung ändert. Man hörte das von Politiker:innen, kennt es aber seit jeher auch von Freunden der Pseudowissenschaft. Letzte-

re sind sich seit Jahrzehnten 100 Prozent sicher, dass ihr großartiges &!\$\$ – hier ein beliebiges Schwurbelthema einsetzen – irgendwann von der etablierten Wissenschaft bewiesen wird, wenn diese nur endlich auch mal so weit ist. Wir alle wissen – hoffentlich – jedoch, dass hier ein Missverständnis vorliegt. Geforscht wird nur an den Rändern des Wissens, also da, wo die Datenlage noch zu schwach ist, um etwas abschließend zu beurteilen. Man muss weder untersuchen, ob es Viren überhaupt gibt, noch ob der Mond aus Käse besteht. Das ist alles abgeklärt und daran zu forschen, wäre Geld- und Ressourcenverschwendung – und auch furchtbar langweilig. Viel spannender ist es doch, zum Beispiel zu untersuchen, wie so ein Virus mit seiner minimalen genetischen Ausstattung – Circovirus SFBeef hat 859 Basenpaare und ein Gen – es schafft, den Wirtsorganismus in eine Partikel-schleuder umzuprogrammieren. Da weiß man sehr vieles noch nicht und wird sicher noch oft seine „Meinung“ revidieren müssen.

Weiter geht's mit falschen Therapieversprechen und Impfgegner-schaft. Da wurden Vitaminpillen, das Desinfektionsmittel Chlordioxid oder der Entwurmer Ivermectin – im Labor als praktischer Blocker des Kerntransports beliebt – als Heilmittel gegen Corona angepriesen. Alles besser als diese in kürzester Zeit entwickelten mRNA-Impfstoffe! Eigentlich enthalten die Impfstoffe ja nur ein – meist mutiertes – Virusgen, während das als wenig problematisch empfundene SARS-CoV-2 circa 30 verschiedene Proteine produziert und mit Anti-Immunkomplexen nur so vollgetackert ist. Und ein Impfstoff mit Virusgenen drin ist weiß Gott nichts Ungewöhnliches.

Natürlich musste man den mRNA-Vakzinen noch alles mögliche andere Schlechte andichten; angeblich machen sie aufgrund gewisser Ähnlichkeit des Spike-Proteins mit einem Plazenta-Protein unfruchtbar,

VETTER

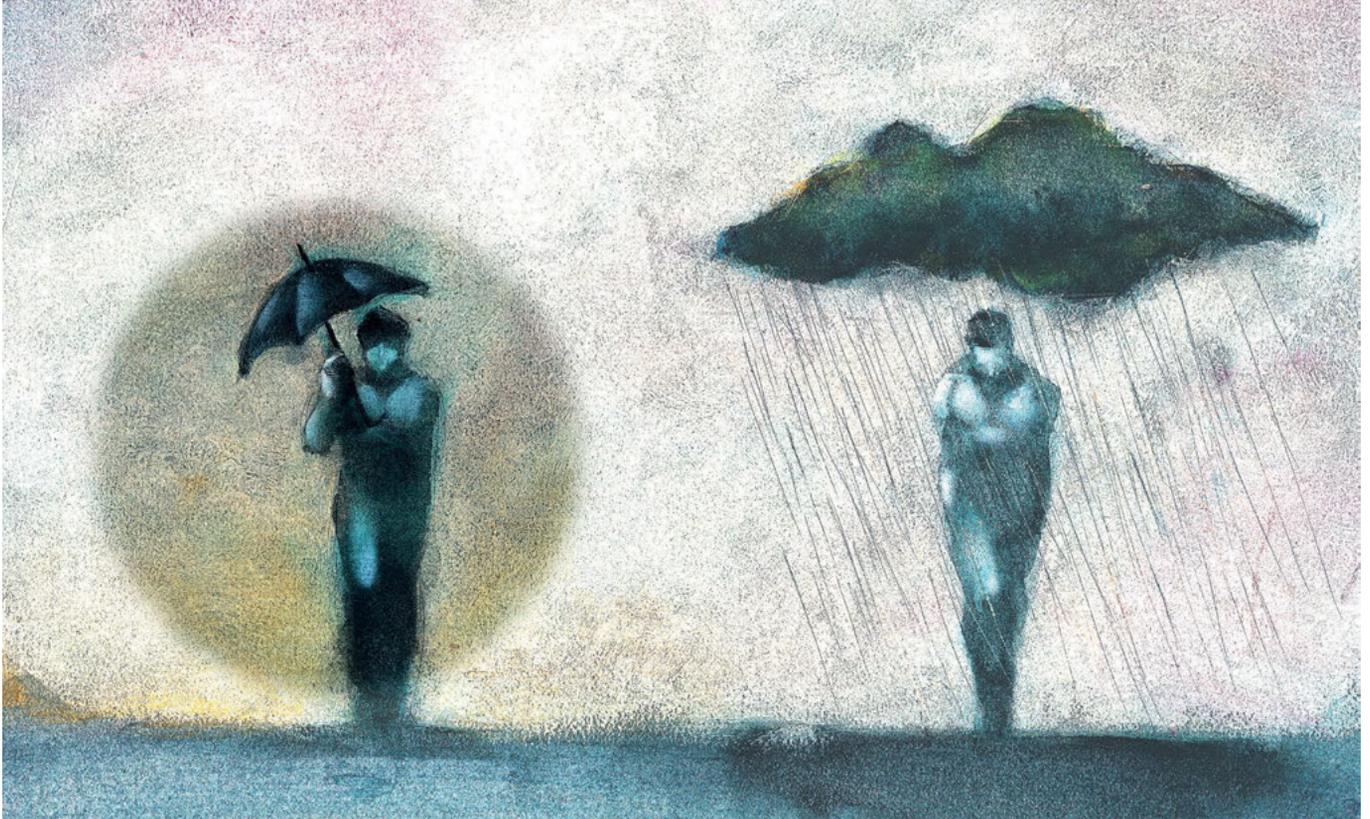
Hier entfaltet Teamplay die beste Wirkung.

Darauf ist Verlass.

Ob im Labor oder in der Produktion – bei uns unterstützen Sie die globale Medikamentenversorgung.

Jetzt entdecken:
vetter-pharma.com/karriere

Rely on us.



oder verursachen durch DNA-Integration Krebs. Das sind alles durchaus testbare Hypothesen mit allerdings eher lausigem Plausibilitätsgrad, aber die Widerlegung kostet halt Zeit. Wie viel Verunsicherung und konkretes Leid bei Betroffenen wie etwa Schwangeren, die besonders COVID-19-gefährdet sind, durch das systematische Verbreiten solcher unbewiesener Behauptungen verursacht wurde, ist kaum mehr zu erfassen. Man kann aber davon ausgehen, dass diese „scien- cy“ dargebrachten Fehlinformationen erhebliche Konsequenzen hatten. Der neueste Trend sind ja „Impfauflösungen“, mit der vermeintliche Langzeitschäden mittels Ivermectin, „Mitochondrienmedizin“, „Mikroimmuntherapie“, Blutwäsche etc. sowie – natürlich – Homöopathie abgewendet werden sollen.

Wenn es nicht einen so ernsten Hintergrund hätte, dann wären manche der orchestriert verbreiteten Desinformationen, produziert von an der Uni ausgebildeten „Variants of Concern“, ja eher belustigend. Wer glaubt denn wirklich, dass man wegen der mRNA-Vakzine Spike-Proteine ausscheidet, mit denen die Verwandt- und Bekanntschaft gleich mitgeimpft wird? Da hat jemand munter das von Viren und manchen Lebendimpfstoffen bekannte „Shedding“ in einen Topf mit den – nicht vermehrungsfähigen – Spike-Vakzinen geworfen, und fertig ist der nächste Impf-„Scare“. Oder dass Schutzmasken und Teststäbchen „Morgelons“ enthalten würden, also kleine Würmer oder Nano-

roboter, die ihren Wirt durch die Nase infizieren. Bitte, was? Ein paar Textilfasern reagieren auf Temperaturschwankungen, werden vom Billigmikroskop per Handy abgefilmt, fertig ist die Maskenpanik. Überhaupt, die Masken: Viruspartikel lassen sie barrierefrei durch, aber CO₂ sammelt sich in bedenklichen Mengen an? Und gegen mRNA-Shedding werden sie dann doch getragen ... Man hatte mitunter den Eindruck, dass die Logik selbst gerade Kreide holen war.

So, jetzt gehen mir langsam die „mpf“'s aus. Kommen wir deshalb zum „ö“, das ist noch verfügbar. Homöopathie. Angeblich lassen sich damit akutes COVID-19, Long-COVID oder Impfkomplicationen behandeln. Das Konzept besteht ja darin, dass Stoffe mittels seriellem Ausschütteln so lange in Wasser verdünnt werden, bis sie verschwunden sind. Das so produzierte Nichts wird hernach auf Rohrzuckerkügelchen



Foto: R.K. Wegst

Zur Person

Friedemann Weber ist Direktor des Instituts für Virologie der Justus-Liebig-Universität Gießen. Mit seiner Arbeitsgruppe untersucht er die Interaktionen hochpathogener RNA-Viren mit dem antiviralen Interferon-System. Als Modelle setzt er Vertreter der Bunyaviren, Coronaviren und Influenzaviren ein.

getropft und verabreicht. In den Illustrierten werden gerne Heilpflanzen neben ein paar ausgeschütteten Kügelchen gezeigt, obwohl es sich weder um Naturheilkunde handelt, noch die Ausgangsstoffe zwingend botanisch sind. Da kommt auch mal ein Stück Berliner Mauer – gegen seelische Blockaden –, Hundekot oder Elektrosmog zum Einsatz, aber damit lässt sich halt schlecht werben. Die vermeintliche Wirkung des abwesenden Stoffes muss man ja irgendwie erklären, wird sie doch mit zunehmendem Dahinschwinden sogar „potenziert“. Das soll das berühmte Gedächtnis des Lösungsmittels Wasser richten, denn laut der merkwürdigen Lehre ist Wasser sehr nachtragend. Jedenfalls, wenn man es gegen den Erdmittelpunkt schüttelt. OK, aber was ist dann mit den Globuli? Hat die Saccharose auch ein Gedächtnis und bekommt vom draufgetropften Wasser Unterricht? Schwierig ...

Manche nennen es die Luftgitarre der Medizin, Jörg Kachelmann nennt es Betrug. Bereits 1992 wandte sich die „Marburger Erklärung“ des dortigen Fachbereichs Humanmedizin gegen den zunehmenden Einfluss der Homöopathie in der Lehre. Dennoch ist diese vollkommen absurde Lügeln-Alchemie hoch populär, und fest an den Universitäten verankert. Laut dem Deutschen Zentralverein homöopathischer Ärzte wird es in Deutschland an 15 der insgesamt 37 Universitäten mit medizinischer Fakultät als Wahlpflichtfach angeboten. Weiterhin gibt es Arbeitskreise, Vorlesungen, Sommerakademien und Fakulturen. An. Den. Unis.

»Homöopathie sollte an den Universitäten behandelt werden – als Demonstrationsobjekt für Unfug.«

Wenn wir uns also fragen, was bei manchen Menschen mit Immatrikulationshintergrund schiefgelaufen ist, dann ist für mich das schlechende Gift der Pseudowissenschaften an den Universitäten ein Premiumkandidat für die Ursache. Letztlich wird da im Mäntelchen der Offenheit für „Neues“ – seit 200 Jahren unverändert – eine Beliebigkeit toleriert, die dafür sorgt, dass man auch den größten Blödsinn akademisch schminken kann. Weißer Kittel, Reagenzgläser oder ein Mikroskop machen aber noch lange keine Wissenschaft, selbst wenn es sogar eigene Lehrbücher gibt und man möglichst viele Fremdwörter einsetzt.

Die Homöopathie ist nicht alleine verantwortlich für den ganzen Unsinn, der in der Pandemie hochvirulent wurde. Sie ist aber sicherlich der größte Pseudowissenschafts-Unfall in der akademischen Ausbildung – und in den Apotheken. Sie sollte durchaus an den Universitäten behandelt werden, allerdings als Demonstrationsobjekt für groben Unfug und nicht als Fach. Eine „Heilmethode“, die wirkt wie von Helge Schneider und Petrosilius Zwackelman an einem Kneipenabend ausgeheckt, eignet sich doch hervorragend, um die Unterschiede zwischen seriös und pseudo herauszuarbeiten. Warum zum Beispiel ist anerkannt, dass Proteine ohne Erbsubstanz infektiös sein können, während so ein Wassergedächtnis höchstens Lachtränen verursacht? Warum ergeben drei zufriedene Großcousinen und ein fideler Hund noch keine aussagekräftige Statistik? Was sind geeignete Kontrollen und was nicht? Was ist der Placebo-Effekt und warum funktioniert er auch bei sozialen Tieren? Und wer von den Studierenden die meisten Naturgesetze nennen kann, die beim Wirkstoff-Verschütteln gleich mit im Gulli landen, bekommt eine C200-potenzierte Million Euro.

Schwurbler und Faktenverdrehen wird es immer geben, aber sie sollten sich nicht auf an der Uni vermittelten Lernstoff berufen können. Gerade in Notsituationen wie einer Pandemie muss sich die Gesellschaft auf die Naturwissenschaft verlassen können. Quatschlehre verwässert nicht nur Wirkstoffe, sondern auch das Denken. Sie existiert nicht einfach in einer Parallelwelt vor sich hin, sondern vernichtet aktiv Wissen, Energie und manchmal sogar die Gesundheit. Wir brauchen aber Hirnschmalz, keine Hirnschmelze!



FERNSTUDIUM MIT SPRINGER CAMPUS

Biologie | Chemie | Biotechnologie

Fernstudium Biologie

Für labortechnische Fachkräfte in biomolekularen Berufen

Start dreimal jährlich zu unterschiedlichen Terminen

Fernstudium B Sc. Chemie

Für Laborant*innen & TAs im chemischen Bereich

Start zweimal jährlich zum Sommer- und Wintersemester

Fernstudium M Sc. Biotechnologie

Für Biotechnolog*innen & Laborfachkräfte

Start einmal jährlich zum Wintersemester

Berufsbegleitend zum Bachelor oder Master – mit den Springer Campus Fernstudiengängen ist es möglich!

Sie interessieren sich für ein Fernstudium?

Lassen Sie bei Ihrer Entscheidung keine Frage offen und kommen Sie für eine kostenlose und unverbindliche Studienberatung auf uns zu.

Jetzt informieren!



springernature-campus.de



Linné 4.0 – Taxonomie und Beobachtung von Forschenden

VON BJÖRN BREMBS, REGENSBURG

Wissenschaftliche Verlage sind zu akademischen Datenkraken mutiert. Gierig greifen sie die Daten der Nutzerinnen und Nutzer ihrer Journal-Plattformen ab, um sie zu analysieren und zu monetarisieren. Damit überwachen sie inzwischen den gesamten Research Lifecycle.

Wer hat nicht schon über die großen Verlage und deren Journale geschimpft? Entweder veröffentlichen sie die falschen Artikel oder lehnen die eigenen ab, oder sie verlangen zu viel Geld, das System zum Einreichen und Begutachten ist vorsintflutlich, oder es dauert ewig, bis der akzeptierte Artikel endlich erscheint. Es ist schwer, noch etwas Gutes zu finden bei diesem System von zehntausenden Journalen, in denen wir seit 1665 veröffentlichen.

Als wäre all das nicht schon schlimm genug, deckte die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) vor ein paar Jahren auch noch auf, dass die großen Verlage in den letzten Jahren noch ein ganz anderes Geschäftsfeld für sich entdeckt haben: die Beobachtung und Verwertung des Verhaltens von For-

schenden auf ihren digitalen Plattformen und Werkzeugen.

Ähnlich wie ihre Vorbilder aus dem nicht-akademischen Überwachungskapitalismus greifen die akademischen Datenkraken mittlerweile großzügig Nutzendaten ab, um sie zu analysieren und zu monetarisieren. Dabei fließen ihnen nicht nur die Daten der Nutzenden ihrer Journal-Plattformen zu, sondern die Konzerne überwachen nun großflächig den gesamten Research Lifecycle.

Nutzen Sie beispielsweise Scopus oder Web of Science für die Literaturrecherche, Mendeley zum Zitieren, Authorea zum Schreiben, FigShare, um Ihre Daten zugänglich zu machen, oder LabGuru für Ihr Labormanagement? Vielleicht nutzt ja Ihre Uni-Leitung Plum Analytics, Pure oder Elements, um die Forschungs-

leistung Ihrer Fakultät mit der von anderen Fakultäten zu vergleichen? Alle diese Werkzeuge sind mittlerweile Überwachungstools für die Data-Analytics-Konzerne, die sich früher „Verlage“ nannten. Elsevier zum Beispiel verlautbarte kürzlich, dass weniger als 50 Prozent des Umsatzes noch aus ihren Journalen käme.

Auch wenn die Ex-Verlage dabei vielfach auf die gleichen Werkzeuge aus der digitalen Werbetechnik zurückgreifen wie die Unternehmen im außer-akademischen Überwachungskapitalismus, so geht es ihnen wohl kaum um personalisierte Werbung auf den Seiten ihrer Journale – schließlich erhalten sie für diese ja bereits das Fünf- bis Zehnfache der Publikationskosten über die diversen Zahlungen wissenschaftlicher Institute und Autor*innen. Nein, die Überwachung eröffnet den Konzer-

nen ein viel breiteres Einkommensspektrum als schnöde Werbung – auch wenn die gewonnenen Beobachtungsdaten vielfach in deren Infrastrukturen landen.

Kürzlich wurde etwa eine Angebotsliste des Datenmarktplatzes Xandr (Microsoft) veröffentlicht, auf der unzählige Gruppen von „scientist“ oder „researcher“ zu finden waren, von „data scientist“ über „chemist“ oder „applied research scientist“ bis hin zur „Union of Concerned Scientists“. Sie alle waren von digitaler Werbetechnik ausspioniert worden und standen listenweise zum Verkauf. Amüsanterweise führt die Datei unter „science“ neben „biology“, „chemistry“, „physics“ auch „astrology“. An Angeboten im Bereich der Biologie finden sich unter Rubriken wie „education“, „interests“ oder „professors“ die Einträge „biology majors“, „biological products“, „flora & fauna“, „genetics“, „neuroscience“ und „molecular & cell biology“. Gleichzeitig enthält diese Liste auch diverse Schlagworte zu sensibleren Themen wie Religionszugehörigkeit, Gesundheitszustand, LGBTQ, „climate change believer“/„climate change non-believer“, „vaccine propensity“, „don't trust vaccine“ und „pro

life high-income Republican voter“, die es jedem mit genug Geld ermöglichen, eben auch Datensegmente mit entsprechenden Wissenschafter*innen zu kaufen, oft inklusive Geofencing- bzw. Geolocation-Daten.

»Ein Nutzen, den die Konzerne von ihren gesammelten Daten haben, ist, sie gezielt zur Lenkung der Wissenschaft zu verwenden.«

Dabei tummeln sich auf diesen Datenmärkten weit mehr als nur Online-Werbeanbieter. Diverse Behörden und Strafverfolgungsorgane zum Beispiel dürfen derartige Daten nur mit einem Durchsuchungsbeschluss selbst erheben; beim Erwerb von Daten sind solche Beschränkungen gewöhnlich nicht vorgesehen. So erfreut sich der Datenkauf auch bei Nachrichtendiensten großer Beliebtheit, spart man sich mit Data Shopping doch eine Menge Arbeit. Laut einem kürzlich

zugänglich gemachten Report tritt „commercially available information“ immer mehr in Konkurrenz zur klassischen Intelligence-Arbeit und ist im Gegensatz zu dieser auf Massenbasis verfügbar.

Für diese Art personalisierter Daten werden die Datensätze aus den verschiedenen Werkzeugen und wohl auch aus verschiedenen Tochterfirmen der Mutterkonzerne algorithmisch aggregiert und zu Paketen geschnürt. Schon 2021 schloss Elseviers Schwesterfirma LexisNexis Risk Solutions (nicht zu verwechseln mit dem Fachanbieter für Rechtswissenschaften) einen viel beachteten Vertrag für personalisierte Daten über 16,8 Millionen US-Dollar mit der US-amerikanischen Grenzschutzbehörde ICE ab. Wie groß sind diese Datenbanken? Nach RELX-Verlautbarungen überwachte der Konzern über die Tochterfirma ThreatMetrix damals bereits 4,5 Milliarden Endgeräte von 1,4 Milliarden Personen aus weit über 100 Ländern. Mittlerweile dürften diese Zahlen deutlich gewachsen sein.

Welches Interesse hat ICE an einer derartigen Datensammlung? Wie andere Law Enforcement Agencies nutzt ICE diese Werk-

Breaking barriers in single-cell research with the BD Rhapsody™ HT Xpress and BD FACSDiscover™ S8



Every cell tells a story!

The BD FACSDiscover™ S8 is the first spectral flow cytometer sorter with sort-capable image analysis. Gain real time insights into morphology and image parameters providing a comprehensive understanding of cellular characteristics. Then seamlessly transition to the BD Rhapsody™ HT Xpress system for high throughput transcriptomic analysis of the sorted cells. This integration streamlines your workflow, enabling complex research questions with unprecedented speed and accuracy.

Discover more at bdbiosciences.com



zeuge für Razzien und Deportationen von Migrant*innen. Auch viele US-Bürger*innen selbst sind betroffen, weil beispielsweise Führerscheindatenbanken und Bewegungsmuster ihrer Fahrzeuge ausgewertet werden. Über andere Szenarien können wir immer noch nur spekulieren: Zum Beispiel könnten Recherchen von Jurist*innen darauf hindeuten, dass sie rechtlichen Beistand „illegaler“ Migranten vorbereiten. Durch Kombination mit personalisierten Daten aus anderen Quellen und diversen Endgeräten können die Nutzen identifiziert und per Bewegungsmuster auch deren Aufenthaltsorte festgestellt werden. Mit Kenntnis dieser Daten könnte ICE die entsprechenden Migranten lokalisieren und deportieren.

»Egal wohin man sich wendet, überall spionieren, klassifizieren und vermarkten die datafizierten Linnés unserer Zeit.«

Ein weiteres Geschäftsfeld sind Fachbereichsanalysen: Durch die Kenntnis, wer in welchen Bereichen gerade welche Daten analysiert, wen zitiert und welche Texte schreibt, lassen sich detaillierte Echtzeit-Analysen erstellen, die reinen Publikationsanalysen teils um Jahre voraus sein können. Regierungen, Industrie-Vertreter oder finanzkräftige Forschungsinstitute können hier Informationen über die Arbeit unliebsamer Intellektueller, die nächste umwälzende Erfindung oder die kommenden Stars des jeweiligen Forschungsfeldes einkaufen, noch bevor man darüber in den Journalen lesen kann.

Die Science Foundation Ireland etwa fürchtet die internationale Konkurrenz und nutzt einen Deal mit Datenanalyst Elsevier für „eine vorausschauende Übung, um zum frühestmöglichen Zeitpunkt im Voraus über neue und aufkommende Technologien informiert zu werden“. Auch die kommerzielle Konkurrenz der öffentlich finanzierten Forschung könnte Geld in die Hand nehmen und sich durch die Trackingdaten ein Bild davon verschaffen, wie weit man an den Universitäten und Forschungsinstituten wohl so ist bei einem lukrativen Thema.

Ein dritter Nutzen, den die Konzerne von ihren gesammelten Daten haben, ist die gezielte Verwendung der Daten zur Lenkung der Wissenschaft. Wenn man Daten hat, die zeigen, was „gute Wissenschaft“ ist, kann man diese Daten gezielt nutzen, um die eigenen Produkte nicht nur in solchen Analysen von anderen Anbietern hervorzuheben, sondern

auch um eigene Neu-Akquisitionen strategisch zu planen und zu lancieren.

Damit verbunden ist ein vierter Vorteil, den die Datenkraken nutzen, um ihre Monetarisierungsströme zu verstetigen. Die nahezu vollständige Abdeckung des Research Lifecycles erlaubt es den Konzernen, ihre Werkzeugpalette als Pakete zu verkaufen: alles, was den Forschenden und vor allem der Leitungsebene bei ihrer Arbeit hilft, „aus einer Hand“. Institute, die ein solches Paket einmal gekauft haben, können nie wieder auf einen anderen Anbieter wechseln – ein Vendor Lock-in par excellence, der vor Jahren schon von Claudio Aspesi als „the next battleground“ beschrieben wurde.

Waren die Verlage von früher bereits in einer Monopolstellung, was die Journale anging, so streben sie nun danach, diese Monopolstellung auf den gesamten Workflow der Forschenden auszuweiten – „from cradle to grave“ sozusagen. Dabei gilt das beschwingte Wort des Überwachungskapitalismus – „if you are not paying for the product, you are the product“ – in der Academia nicht. Akademiker bezahlen auch noch das Vielfache der Publikationskosten für das Privileg, zu einer Corporate Commodity werden zu dürfen. Eine Wahl, diese Plattformen beziehungsweise Werkzeuge einfach nicht zu nutzen, haben Akademiker oft nicht: Entweder müssen sie dort publizieren, um eine Stelle, Beförderung oder Forschungsmittel zu bekommen, oder die Artikel, Datenbanken oder Dienstleistungen gibt es eben nur bei den Überwachungsverlagen – der übliche wissenschaftliche Vendor Lock-in.

Bei dieser Art von Big Brother könnte man schon verzweifeln: Egal wohin man sich wendet, überall spionieren, klassifizieren und vermarkten schon die datafizierten Linnés unserer Zeit. Doch seit dem 23. Mai 2023 erscheint ein Silberstreif am Horizont. Der Rat der EU hat an diesem Tag Beschlüsse zum „hochwertigen, transparenten, offenen, vertrauenswürdigen und fairen wissenschaftlichen Publizieren“ ver-

öffentlicht. Hinter dem sperrigen Titel steckt bei näherem Hinsehen ein echter Hammer: Die EU-Kommission und die Mitgliedsländer der EU werden unter anderem dazu angehalten, in digitale Informationsinfrastrukturen zu investieren. Dabei sollen folgende Eigenschaften erzielt werden:

- » Interoperabel
- » Gemeinnützig
- » Open-Source-Software
- » Offene Standards
- » Vermeidung von Bindung zu Diensten und proprietären Systemen
- » Verbindung mit der European Open Science Cloud
- » Keine Gebühren für Autor*innen oder Leser*innen

Die traditionellen Verlage erfüllen nicht einen einzigen Punkt dieser Checkliste! Eine Umsetzung dieser Vorgaben aus der EU würde unser jetziges Zeitschriften-System aus dem 17. Jahrhundert durch eine moderne Infrastruktur aus dem 21. Jahrhundert ersetzen. Damit entspricht der Rat der EU langjährigen Forderungen und Wünschen aus der wissenschaftlichen Gemeinschaft, die bis auf die Erfindung des Internets zurückgehen. Bereits in den 1990er-Jahren wurde nach so einer Modernisierung gerufen und auch der Autor dieser Zeilen macht sich seit über 15 Jahren für genau diese Reformen stark. Jedoch standen dem Ganzen bisher die Beharrungstendenzen der Wissenschaft und die Marktmacht der Konzerne entgegen.

Was könnten die Gründe sein, die die EU veranlasst haben, den jetzigen Schritt endlich und nach so langen Diskussionen nun doch zu gehen? Haben TAFKAP („The Associations Formerly Known As Publishers“) nun vielleicht doch den Bogen überspannt? Was in der Politik als „digitale Souveränität“ gehandelt und in die Datenstrategie der EU gegossen wird, steht ja ganz eindeutig solchen Geschäftsmodellen entgegen. Die Gesetzespakete „Digital Services Act“ und „Digital Markets Act“ (DSA/DMA) wurden aus genau diesen Gründen für die „großen Brüder“ der Überwachungsverlage auf den Weg gebracht. Vielleicht haben auch die jahrzehntelangen Open-Science-Kampagnen und -Aktivitäten Spuren im Rat der EU hinterlassen, nachdem sie bereits seit Langem auch bei der UNESCO Wiederhall gefunden haben. Klar ist zumindest, dass Vertreter*innen der Open-Science-Bewegung seit vielen Jahren auch mit der EU im engen Dialog stehen – ein Dialog, der zum Beispiel letztes Jahr in der Gründung der „Coalition for Advancing Research Assessment“ (CoARA) mündete, die Evaluationen nach bibliometrischen Gesichtspunkten zurückdrängen will. Aus der Perspekti-

Zur Person

Björn Brembs
ist Professor für Neurogenetik an der Universität Regensburg und bloggt auf bjoern.brembs.net über wissenschaftspolitische Themen.



tive von CoARA ist ein Beschluss, der die veralteten Publikationsorte durch moderne ersetzt, nur ein konsequenter und folgerichtiger nächster Schritt.

»Den Schlussfolgerungen des Rates der EU zu folgen, verspricht also eine Vielzahl von Vorteilen und kaum Nachteile.«

Während große Wissenschaftsorganisationen schnell deutliche Unterstützung für die Beschlüsse des Rates signalisierten, bleibt es in Deutschland bisher seltsam still. Vom Wissenschaftsrat hört man nichts, in der Allianz der Wissenschaftsorganisationen scheint man noch zu sehr mit sich selbst beschäftigt zu sein und DEAL verhandelt munter weiter mit Elsevier und betont damit wissenschaftsschädigende Strukturen, so als gäbe es keinen EU-Beschluss, der in letzter Konsequenz

eigentlich derartige Verhandlungen komplett ablehnt. Lediglich die DFG stellte sich noch am selben Tag an die Seite der anderen EU-Wissenschaftsorganisationen und begrüßte ebenfalls explizit die Schlussfolgerungen des Rates der EU, vielleicht weil die DFG als einzige bisher realisiert hat, wie besonders gut aufgestellt Deutschland mit der DFG-geförderten Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NF-DI) wäre, was die Implementierung der geforderten Infrastrukturen angeht?

Für den Autor sind die Schlussfolgerungen des EU-Rates auch eine Bestätigung des jahrelangen Engagements in genau die Richtung, in die die EU nun marschiert. Erst vor zwei Jahren hat der Autor mit neun weiteren Expert*innen ein Papier veröffentlicht, in dem sie exakt so eine Infrastruktur vorschlagen, wie sie der EU-Rat nun ebenfalls fordert („Replacing academic journals“, doi.org/kf24). Diese Vorschläge von internationalen Expert*innen aus diversen Fachbereichen waren eben keine spinnerten Aktivistenfantasien, sondern sind überlebensnotwendig, wenn wir nicht alle in einer Art Linnés Herbarium 4.0 landen wollen.

Dem Herbarium zu entgehen, ist jedoch nur einer von vielen Vorteilen, die uns ein Ersatz unserer Altlasten von 1665 durch zeitgemäße Strukturen bringen würde. Durch Automatisierung und Standardisierung von Open-Science-Strukturen werden Forschungsdaten und Quellcode ohne zusätzlichen Aufwand zugänglich und überprüfbar, was uns bei der Replikationskrise helfen würde. Moderne Funktionalitäten, die das Begutachten erleichtern und unterstützen, helfen dabei ebenfalls. Die Zeitersparnis beim Begutachten, Finden oder Einreichen von Artikeln erlaubt mehr Fokus auf das Wesentliche. Durch Ausschreibungsverfahren für Dienstleistungen an der Infrastruktur statt Verhandlungen mit Monopolisten werden Mittel frei, die in die Weiterentwicklung der Infrastruktur investiert werden können. Den Schlussfolgerungen des Rates der EU zu folgen, und zwar so schnell wie möglich, verspricht also eine Vielzahl von Vorteilen und kaum Nachteile – außer für TAFKAP-Datenkraken, die sich nun woanders nach Proben für ihr Herbarium umsehen müssen.

DISPENSIEREN IN MIKROTITERPLATTEN JETZT KOSTENGÜNSTIG UND ZEITSPAREND

INTEGRA



Revolutionäre
Kassettentechnologie
senkt Betriebskosten!

WELLJET Reagenziendispenser

Der **WELLJET**-Dispenser und der Plattenstapler bieten zusammen mit der **EasySnap™**-Dispensierkassette eine hervorragende Benutzerfreundlichkeit und Flexibilität für Anwendungen, die eine kostengünstige und präzise Reagenziendispensierung bei minimalem Platzbedarf erfordern.

Sparen auch Sie Zeit, Platz und Geld!



integra-biosciences.com

Fortschritt wider die Fairness? Ethische Betrachtungen zum Umgang mit Forschungsdaten

VON KATRIN FRISCH, BERLIN

Das Narrativ des wissenschaftlichen Fortschritts ist einseitig und verzerrt. Noch immer bestehen unethische Forschungspraktiken und strukturelle Ungleichheiten in der Wissenschaft fort. Bevor sie aufgearbeitet werden können, müssen sie anerkannt werden.

Wissenschaftlicher Fortschritt gilt gemeinhin als positives Gut. Rasche wissenschaftliche Fortschritte werden gefeiert, das Ausbleiben bahnbrechenden Fortschritts moniert. Nicht neu ist die Kritik, dass das Narrativ über den wissenschaftlichen Fortschritt einseitig und stark verzerrt ist. Was als Fortschritt galt, war geprägt von Ideen aus dem globalen Norden und stand lange im Dienst von ausbeuterischen und diskriminierenden Machtstrukturen. So war der vermeintliche wissenschaftliche Fortschritt eng mit politischen Projekten wie Imperialismus und Kolonialismus verbunden, denn imperialistische und koloniale Projekte erforderten neues Wissen; gleichzeitig waren Forschungsprojekte und besonders Forschungsreisen Teil von imperialistischen Selbstverständnissen. Diese Selbstverständnisse sind in die daraus resultierende Forschung in Form von Erkenntnissen, Werkzeugen und Praktiken eingeschrieben. Ebenso finden sie konkrete Gestalt in den Objekten vieler Sammlungen aus kolonialen, imperialistischen, nationalsozialistischen oder anderen Unrechtskontexten. In den letzten Jahren erhält diese Kritik immer mehr Aufmerksamkeit. Ein Aspekt, der dabei mehr im Fokus stehen sollte, ist der faire Umgang mit Forschungsdaten.

»Wiegt wissenschaftlicher Gewinn damaliges Unrecht auf? Die Antwort ist ein klares „Nein“.«

Es scheint Einigkeit darüber zu herrschen, dass das historische Unrecht, welches in materialisierter Form in vielen Sammlungen an Universitäten vorliegt, aufgearbeitet werden muss. Wie genau das in Bezug auf die konkreten Objekte geschehen soll, ist jedoch häufig strittig. Denn viel zu oft werden die gesammelten und verwahrten Objekte losgelöst von ihrem Erhebungs- und Sammlungskontext betrachtet und reduziert auf den Daten- und In-

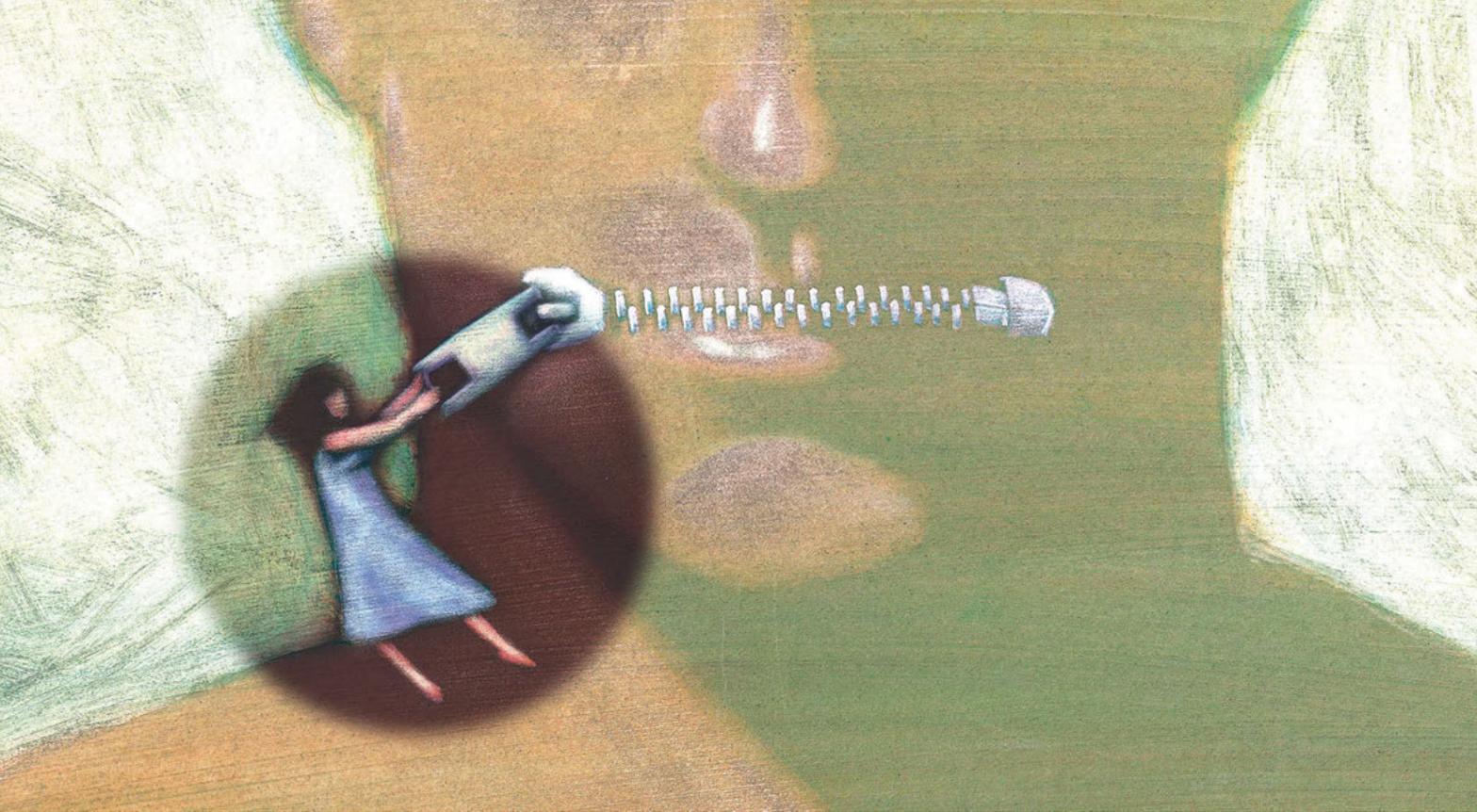
formationsschatz, der in ihnen schlummert. Dementsprechend schwer tun sich einige Forschende und Institutionen, nicht nur den ehemaligen Forschungskontext zu hinterfragen, sondern auch den Prozess konsequent zu Ende zu denken. Dies kann bedeuten, die Objekte nicht weiter zu beforschen, zurückzugeben oder im Fall von zum Beispiel Schädelnsammlungen diese ordnungsgemäß zu bestatten und ihnen damit den Objektcharakter zu nehmen. In einem rezenten Fall an der Freien Universität Berlin (FU) entschied man sich genau für dieses Vorgehen. Nachdem 2015/16 tausende Knochenteile auf dem Campus der FU gefunden wurden, die höchstwahrscheinlich der „völkerkundlichen“ Sammlung des ehemaligen Kaiser-Wilhelm-Instituts entstammten, wurden diese „Opfer von Verbrechen im Namen der Wissenschaft“ bestattet [1]. Eine Entscheidung, die gemeinsam mit verschiedenen Gruppen, jedoch nicht ohne Gegenstimmen, getroffen worden war: So hatten sich einige Forschende dafür ausgesprochen, die Knochen zu untersuchen, um die Opfer und deren Biographien zu rekonstruieren. Mit dem Hinweis darauf, keine „rassistischen Methoden der Vergangenheit reproduzieren“ zu wollen, hatte sich die Leitung dagegen entschieden. Interessant dabei ist, dass beide Seiten mit der Würde der Opfer argumentierten.

Keineswegs handelt es sich bei menschlichen Knochen in Universitätsmuseen immer um historische, sprich aus weit zurückliegenden und damit vermeintlich überwundenen Unrechtskontexten stammende, Zeugen. Während der Corona-Pandemie bekam ein Onlinekurs mit dem Titel „Real Bones: Adventures in Forensic Anthropology“ der Princeton University ungewollt viel Aufmerksamkeit, nachdem Kritik an den dort verwendeten Knochenfragmenten aufkam. Die im Video gezeigten Knochen stammten von einem Opfer eines rassistischen Anschlags des Philadelphia Police Departments auf die schwarze ökologische Widerstandsbewegung MOVE aus dem Jahr 1985. Die Sprengsätze, abgeworfen aus

einem Polizeihubschrauber auf ein Wohnhaus, in dem sich Mitglieder der Gruppe aufhielten, rissen elf Menschen in den Tod, darunter fünf Kinder. Dass einige Knochen der Opfer ohne das Wissen der Angehörigen zuerst an der University of Pennsylvania und später an der Princeton University landeten, sagt einiges darüber aus, wie langlebig vermeintlich historisch überwundene Denkstrukturen und Praktiken sind. So wurden die Knochen von den betreffenden Forschenden primär als Forschungsobjekte gesehen und erst in einem zweiten Schritt als Teile menschlicher Individuen.

»Meine Kritik richtet sich gegen die vereinfachte Erzählung, die Vergangenheit mit ihren Abgründen sei überwunden.«

Unschwer lässt sich eine Verbindung zwischen diesen Knochenfragmenten und ihrer Nutzung mit der an der University of Pennsylvania angesiedelten Schädelnsammlung des Rassentheoretikers Samuel G. Morton ziehen. Der Rassismus, der zugleich Grundlage und Forschungsprodukt von Mortons Schädelnsammlung war, findet sich in der unerlaubten Nutzung von schwarzen Opfern staatlicher Gewalt wieder, um in die „Abenteuer der Forensik“ einzuführen. Auch wenn die Knochenfragmente mittlerweile – und infolge des öffentlichen Drucks – an Hinterbliebene zurückgegeben wurden und die Schädelnsammlung Mortons ebenfalls aufgearbeitet – und bestattet – wird, zeigt das Beispiel, dass wir es keineswegs nur mit der Aufarbeitung *historischen* Unrechts zu tun haben. Viele Sammlungen strahlen in die Gegenwart und Zukunft aus. So problematisiert der Historiker Jürgen Zimmerer in einem rezenten Artikel die Generierung neuen Wissens aus alten Sammlungen: „Dass durch die Fortschritte der modernen Biologie nun auch auf die DNA aus Objekten zurückgegriffen wird, die unter kolonia-



len Bedingungen angeeignet wurde, wirft hier auch die Frage nach der Kontinuität kolonialer Verhältnisse auf“ [2]. Wenn aus alten Sammlungen neue Daten entstehen, macht das deren Aufarbeitung umso dringlicher.

Kontinuität lässt sich nicht nur in Bezug auf alte Sammlungsbestände ausmachen. Die bis heute genutzte HeLa-Zelllinie, auf die vier Nobelpreise, 11.000 Patente und 75.000 wissenschaftliche Veröffentlichungen zurückgehen, entstammt Krebszellen, die ein Arzt des Johns Hopkins Hospital seiner schwarzen Patientin Henrietta Lacks ohne ihr Einverständnis (und ohne das ihrer Familie) 1951 entnahm. Das Krankenhaus bot der lokalen schwarzen Bevölkerung kostenlose Behandlungen an, diese wurde jedoch im Gegenzug unfreiwillig und ohne ihr Einverständnis für Forschungszwecke instrumentalisiert – eine Praxis, die übrigens auch in der problematischen Tuskegee-Syphilis-Studie Anwendung fand und zeigt, wie strukturell verankert dieses Vorgehen und die zugrunde liegenden rassistischen Denkmuster waren. Wesentliche wissenschaftliche Fortschritte und auf der materiellen Ebene Forschungskarrieren und Einnahmen durch Patente sind – so zeigt dieses Beispiel – eng verknüpft mit unethischer und hier konkret rassistischer Praxis. Lange war nicht nur der Ursprung der HeLa-Zellen unbekannt, auch die Familie besaß weder Entscheidungsbefugnis, noch wurde sie an Gewinnen beteiligt. Lacks' Nachfahren, die erstmals 1973 von der Nutzung der Zelllinie erfuhren, wurden erst 2013 in die Diskussion um die Veröffentlichung des HeLa-Genoms miteinbezogen. Ein deutsches Forschungsteam hatte jedoch bereits zuvor einen Artikel zum HeLa-Genom veröffentlicht [3].

Wiegt der beschriebene wissenschaftliche Gewinn das damalige Unrecht auf? Aus Sicht der wissenschaftlichen Fairness betrachtet ist die Antwort ein klares „Nein“. Denn viel grundlegender ist ein anderes Problem. Der wissenschaftliche Fortschritt, der aus dem Gebrauch der HeLa-Zellen resultierte, kam und kommt immer noch nicht allen gesellschaftlichen Gruppen gleichermaßen zugute. So ist die Gesundheitsversorgung der schwarzen Bevölkerung in den USA ungleich schlechter als die der weißen Bevölkerung. Mehr noch: Schwarze Menschen wurden in der Vergangenheit oft bewusst als Versuchspersonen für experimentelle Versuche und neuartige schmerzhaft eingriffe missbraucht.

James Marion Sims, oft bezeichnet als Vater der modernen Gynäkologie, entwickelte seine chirurgischen Techniken zur Entfernung von vaginalen Fisteln an schwarzen versklavten Frauen ohne Narkose. Die daraus entwickelten Methoden wurden dann professionell

nur zur Behandlung von weißen bürgerlichen Frauen angewandt. Noch heute sterben in den USA und auch in Großbritannien [4] schwarze Frauen drei- bis viermal häufiger durch Komplikationen bei der Geburt als weiße Frauen – unabhängig von der sozialen Schicht [5]. Die vermeintlichen Fortschritte im Bereich der Gynäkologie, die auf Kosten schwarzer Frauen erzielt wurden, stehen eben diesen nicht im gleichen Maße zur Verfügung. Im Gegenteil: Die unethischen Praktiken, insbesondere die Forschungsobjektwerdung ohne Einwilligung und Wissen, wie sie durch die Tuskegee-Syphilis-Studie als eine unter vielen landesweit bekannt wurde, führen bis heute dazu, dass schwarze Menschen in den USA weniger Vertrauen in ärztliche Behandlung und Forschung haben als weiße Menschen und zu-

Zur Person

Katrin Frisch ist wissenschaftliche Mitarbeiterin beim Ombudsman für die Wissenschaft. In dessen Projekt „Dialogforen zur guten wissenschaftlichen Praxis“ koordiniert sie den Themenkomplex „Umgang mit Forschungsdaten“. Von 2013 bis 2018 absolvierte sie einen Joint-PhD an der Humboldt-Universität zu Berlin und dem King's College, London.



Foto: K.Frisch

sätzlich rassistischen Strukturen im Gesundheitswesen ausgesetzt sind. Der vermeintliche wissenschaftliche Fortschritt sorgte auch für die Aufrechterhaltung von Macht- und Diskriminierungsstrukturen.

Die Beispiele stehen sinnbildlich für eine Kontinuität unethischer Forschungspraxis im Umgang mit Daten, die selten zur Sprache kommt. Im Gegenteil gehört zum Fortschrittsdiskurs oft die Herstellung einer Binarität von Vergangenheit und Gegenwart. So wird ein Bild kreiert, in dem historische Unrechtskontexte und ethische Verfehlungen in der Wissenschaft als Blaupause dienen, die Andersartigkeit der Gegenwart zu betonen. Im Kontext der Wissenschaft lassen sich entsprechend Narrative identifizieren, die unethische Forschung als Ausgangspunkt positiver Entwicklungen rahmen. Die oben angeführte Tuskegee-Syphilis-Studie stieß die Schaffung des Belmont Reports an, der ethische Prinzipien für den Umgang mit menschlichen Testpersonen festlegt. Die weltweit anerkannte Deklaration von Helsinki des Weltärztebunds geht auf den Nürnberger Ärztoprozess zurück, der die nationalsozialistischen Verbrechen im Namen der Wissenschaft aufarbeitete.

Dabei richtet sich meine Kritik nicht gegen den Inhalt der Guidelines, sondern gilt der vereinfachten Erzählung, die die Vergangenheit mit ihren Abgründen als überwunden darstellt. Dies gilt umso mehr, wenn diese Erzählung suggeriert, dass unethisches Verhalten in der Vergangenheit normalisiert und strukturell war, heutzutage jedoch nur eine singuläre Aberration darstellt. Dass unethische Forschung erst in der Gegenwart als problematisch wahrgenommen wird, ist ein weit verbreiteter Trugschluss. So führte die Aufdeckung der unethischen Praktiken der Tuskegee-Syphilis-Studie durch einen Whistleblower und eine Journalistin sowie der darauffolgende mediale Druck zur Einstellung der Studie.

»Forschung im globalen Süden dient häufig nicht den lokalen Interessen.«

Ähnliche Dynamiken lassen sich auch bei anderen bekannten unethischen Studien beobachten. Die Karies-Studie im schwedischen Vipeholm-Krankenhaus für Menschen mit geistiger Behinderung machte dessen Bewohner:innen zu unfreiwilligen Testsubjekten,

indem sie eine besonders zuckerhaltige Ernährung erhielten, um auf diese Weise die Kariesbildung zu studieren. Die ethischen Problematiken der Studie wurden bereits in den 1950ern öffentlich diskutiert und führten dazu, dass im Vipeholm-Krankenhaus nicht länger geforscht werden durfte. 2021 legte einer der damals beteiligten Wissenschaftler:innen die Studie immer noch als eine „sinnvolle Beschäftigungstherapie“ [6] für die ehemaligen Bewohner:innen aus, während der „Handikappombudsmann“ ein Jahr zuvor resümierte, dass die Ergebnisse nicht die unethischen Experimente rechtfertigen.

Schon diese Gegenüberstellung verkompliziert das Bild einer linearen Entwicklung hin zu einem immer ausgeprägteren ethischen Verständnis der Gegenwart. Abgesehen da-



von also, dass es die Vergangenheit unzutreffend abbildet, erschwert es dieses Narrativ, heutige ethische Problematiken als strukturell zu analysieren und auf die Kontinuitäten hinzuweisen. Dies soll nicht suggerieren, dass sich unsere Referenzrahmen dessen, was wir als ethisch vertretbar hinnehmen, nicht angepasst hätten. Doch profitieren westliche Forschungsinstitutionen und -interessen weiterhin von Ungleichverhältnissen und bedienen sich unethischer Forschungspraktiken im vermeintlichen Rennen um wissenschaftlichen Fortschritt.

In Bezug auf Forschungsdaten lässt sich das an verschiedenen Beispielen illustrieren. In der Genforschung gab es in letzter Zeit Diskussionen um Datenentnahme und Nutzung

von Daten verschiedener marginalisierter beziehungsweise diskriminierter Gruppen wie zum Beispiel Indigene, Sinti:zze und Rom:nja sowie von Uigur:innen. So kam und kommt es hier im Kontext von Forschungsprojekten un-

»Open Access in seiner von großen Wissenschaftsverlagen pervertierten Form löst seine Versprechen nicht für alle Forschenden gleichermaßen ein.«

ter Einbezug dieser Gruppen zu verschiedenen unethischen Praktiken. Oft wird berichtet, dass bei der Datensammlung gegen bestehende Standards verstoßen wird, zum Beispiel durch das Nicht-Einholen von Einverständnissen oder die unzureichende Aufklärung, was mit den Daten geschieht. Insbesondere indigene Communities und Wissenschaftler:innen prangern seit langem die einseitige Zusammenarbeit in solchen Forschungsprojekten an. So erfahren sie ein großes Interesse an ihren Daten – zum Beispiel im Bereich der Gesundheitsforschung – aber weder werden die Communities weiter in die Forschung eingebunden, noch kommt ihnen der wissenschaftliche Fortschritt zugute – ein sich wiederholendes Muster, das oben bereits beschrieben wurde.

Doch lohnt es sich nochmals darauf zu verweisen, dass sich hiermit vermeintlich überwundene ausbeuterische, Machtverhältnisse ausnutzende Prozesse fortsetzen. Dabei geht es nicht nur um die Teilhabe von marginalisierten und diskriminierten Gruppen, sondern auch um deren Schutz. In Datenbanken, die in der Forensik genutzt werden, sind beispielsweise Daten von Sinti:zze und Rom:nja überrepräsentiert. Chinesische Gendaten, deren Ursprungsproben mit großer Wahrscheinlichkeit der uigurischen Minderheit ohne ihr Einverständnis entnommen worden sind, liegen in der Charité in Berlin und finden sich in wissenschaftlichen Artikeln wieder [7]. Klar ist, dass Daten von marginalisierten Gruppen besonders vulnerabel und gefährdet sind, für den Einsatz von staatlicher Repression verwendet zu werden. Der Schutz dieser Gruppen wiegt höher als der vermeintliche Erkenntnisgewinn, der aus ihren Daten gewonnen werden könnte.

Ein unethischer Umgang mit Daten lässt sich jedoch nicht nur beobachten, wenn es um vulnerable Forschungssubjekte geht. Auch un-

gleiche Machtverhältnisse zwischen Forschenden können dazu führen, dass im Prozess von der Datensammlung bis zur Veröffentlichung und Archivierung Fortschritt auf Kosten von Fairness stattfindet. So ist es nicht nur relevant zu fragen, wessen Daten für welchen Zweck erhoben werden, sondern auch, wer dies tut und welche Anerkennung Forschende für die verschiedenen Forschungsbeiträge bekommen. Zu oft noch tragen Forschende aus dem globalen Süden die Arbeitslast, Daten vor Ort zu erheben, erhalten im Gegenzug dafür aber nicht den Credit zum Beispiel in Form einer Autorschaft [8]. Dabei ist hinreichend bekannt, dass Autorschaften die oberste Währung im Wissenschaftssystem darstellen und nicht nur für Bewerbungen und Mitteleinwerbung relevant sind, sondern auch dezidiert als Expertise-Marker genutzt werden. Hinzu kommt, dass erhobene Daten oft in westlichen Forschungsinstitutionen analysiert und ausgewertet werden und danach dort verbleiben. Dies erschwert den Zugang für Forschende aus dem globalen Süden oder macht ihn gar unmöglich, wenn Ressourcen oder Zugangsinfrastrukturen fehlen. Die DFG schreibt in ihrem Kodex „Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“, dass die Nutzung der Daten insbesondere den Wissenschaftler:innen zustehen sollte, die sie erhoben haben. Wenn dies für den nationalen Kontext gilt, wäre es fair, wenn dies auch für den internationalen Rahmen geltend gemacht würde.

Außerdem berichten Forschende aus dem globalen Süden, dass lokal stattfindende Forschung häufig nicht ihren Interessen dient – weil wichtige Kooperationspartner und anhängige Finanzierung aus dem globalen Norden kommt oder aber die Wahl des Themas beeinflusst, in einem angesehenen Journal zu publizieren. Der vermeintliche wissenschaftliche Fortschritt geht somit an der einheimischen Bevölkerung vorbei, weil wichtige lokale Themen vernachlässigt werden oder weil schlicht kein Zugang – aufgrund von Sprachbarrieren oder Bezahlschranken – besteht. Zumindest Letzteres kann durch Open-Access-Publikationen adressiert werden, die wiederum aber die Teilhabe von Forschenden aus dem globalen Süden und anderen Gruppen ohne zahlungskräftige Institution im Rücken aufgrund der hohen Article Processing Charges einschränken.

Dass Open Access, insbesondere in seiner von den großen Wissenschaftsverlagen pervertierten Form, seine Versprechen nicht für alle Forschenden gleichermaßen einlösen kann, wird immer wieder adressiert. Das freie Teilen von Daten kann für Forschende aus dem globalen Süden zu Nachteilen im ungleichen Forschungswettbewerb führen. Argumente, dass das freie Teilen der Daten dem wissenschaft-

lichen Fortschritt dient, sind nicht zwingend überzeugend. So leisteten zum Beispiel Forschende aus Nigeria Beiträge zur Sequenzierung des COVID-19 auslösenden SARS-CoV-2-Virus und teilten diese Daten mit westlichen Forschenden. Zugang zu den daraus resultierenden Impfstoffen erhielt die Bevölkerung jedoch nicht [9]. Auch das Modell der „Helicopter Research“ wird zunehmend kritisiert. Doch Verbesserungen kommen nur langsam voran, weil bestehende Machtstrukturen und Ungleichheiten nur langsam abgebaut werden können. Jedoch ist es schlicht unehrlich, wenn westliche Forschende zwar die Gegebenheiten bedauern, aber mit Hinweis auf die nun mal bestehenden Strukturen und Inzentiven, denen sie vermeintlich unterworfen sind, einfach so weitermachen. Denn es gibt bereits Lösungsansätze und faire Praktiken im Umgang mit Forschungsdaten wie zum Beispiel die CARE-Prinzipien, die insbesondere die Rechte von Indigenen in den Blick nehmen [10].

Es wäre an der Zeit, dass die Teile der Wissenschaft, die seit langem und bis heute von Ungleichheit und Diskriminierung profitieren, mit kritischer Selbstreflexion und tatkräftiger Entschiedenheit in Zusammenarbeit mit strukturell Benachteiligten zur Überwindung eben dieser Strukturen beitragen. Ziel sollte dabei nicht nur sein, entstehenden Schaden zu minimieren und zu vermeiden, sondern alle, und insbesondere die in die Forschung einbezogenen Gruppen, von den Resultaten profitieren zu lassen. Der erste Schritt wäre zu realisieren, wie oft wissenschaftlicher Fortschritt nicht nur damals nicht fair war, sondern es bis heute immer noch nicht ist.

Referenzen

- [1] Petersen, L., *Rbb24*, 19.03.23
- [2] Zimmerer, J., 2023, *Forschung & Lehre*, 6: 426-427
- [3] Callaway, E., 2013, *Nature*, 500: 132-133
- [4] *Women and Equalities Committee, Third Report of Session 2022-23*, 18.04.2023
- [5] MacDorman, M.F., et al., 2021, *Am J Public Health*, 111: 1673-1681
- [6] Krasse, B., 2011, *J Dent Res*, 80: 1785-1788
- [7] Normile, D., 2021, *Science*, doi: 10.1126/science.abl8764
- [8] Horn, L. et al. 2023, *Nature*, 615: 790-793
- [9] Maxmen, A., 2021, *Nature*, 593: 176-177
- [10] Carroll, S.R., et al., 2020, *Data Sci J*, 19: 1-12

revvity

A whole new perspective on ultrasound.

The world's first hands-free, preclinical automated high-throughput ultrasound system

Vega® is a next-gen preclinical ultrasound system. It offers high-res 2D/3D imaging of multiple mice in minutes. With automated transducer positioning and movement, fast high-throughput imaging, 3D widefield capabilities, shear wave elastography (SWE), and acoustic angiography (AA) modes, Vega ensures you experience all the benefits of advanced imaging—right on your benchtop.

www.revvity.com



In Co-Autorschaft mit einem Belästiger?

VON HJÖRDIS CZESNICK, BERLIN, UND KLAUS FERDINAND GÄRDITZ, BONN

Welche Folgen hat sexuelle Belästigung für gemeinsame Publikationen? Gar nicht selten gerät man dabei in eine vertrackte Zwickmühle zwischen notwendigem Opferschutz und Verantwortung für wissenschaftliche Redlichkeit.

N eulich fand sich in *Science* der Bericht über eine amerikanische Publikationskontroverse, der aufhorchen lässt („Authorship listing for a harasser roils astronomy“, *Science* 380: 680-681, 2023): Einem Astronomen, der früher an der University of California (Berkeley) lehrte, waren einige Jahre zuvor sexuelle Belästigungen von Studentinnen vorgeworfen worden. Im Zuge der Untersuchung gab er seine Professur auf. Als er als Mitautor (unter 16 Autorinnen und Autoren) eines Preprint-Papers auftauchte, das auf der Grundlage von Forschungsdaten veröffentlicht werden sollte, die das Team gemeinsam im Rahmen eines vom diskreditierten Professor geleiteten Forschungsprojekts erhoben hatte, schlugen Wogen des Protests hoch. Der Betroffene zog daher seine Mitautorschaft zurück, obwohl er maßgeblich an der Forschung mitgewirkt hatte. Eine gemeinsame Veröffentlichung – so die Begründung der Co-Autorinnen und -Autoren – könne insofern fehlverstanden werden, dass man sexuelle Belästigung dulde.

»Aus Trotz oder Vergeltungsbedürfnis verweigern manche mutmaßliche Täter die Zustimmung zu Publikationen.«

Auch in Deutschland gibt es Fälle, in denen Hochschullehrende wegen Belästigungen oder Übergriffen dienstrechtlich suspendiert wurden. So kommt es vor, dass diese nach der Suspendierung – etwa aus Trotz oder Vergeltungsbedürfnis – die Zustimmung zu Publikationen verweigern, an deren Entstehung sie maßgeblich beteiligt waren. Für Mitarbeitende, Promovierende oder Postdocs kann ein Publikationsabbruch zu gravierenden Einschnitten in der Karriere führen, wenn Forschungsarbeiten nicht oder nicht rechtzeitig publiziert werden. Schlimmstenfalls werden Opfer von Belästigungen erneut geschädigt.

Es kommt also zum einen vor, dass Betroffene mutmaßlicher Übergriffe oder Mitarbeitende, die um ihre Reputation aufgrund der Assoziierung fürchten, ohne einen Belästiger publizieren möchten, weil ihnen die Mit-

autorschaft unangenehm ist oder sie diese schlimmstenfalls als psychische Gewalt erleben. Zum anderen kann es umgekehrt sein, dass auf Vorwürfe mit einer willkürlichen Blockade von Publikationen reagiert wird, obwohl unmittelbare Opfer oder sonstige Beteiligte aber (notfalls eben auch mit dem mutmaßlichen Täter beziehungsweise der Täterin) publizieren möchten.

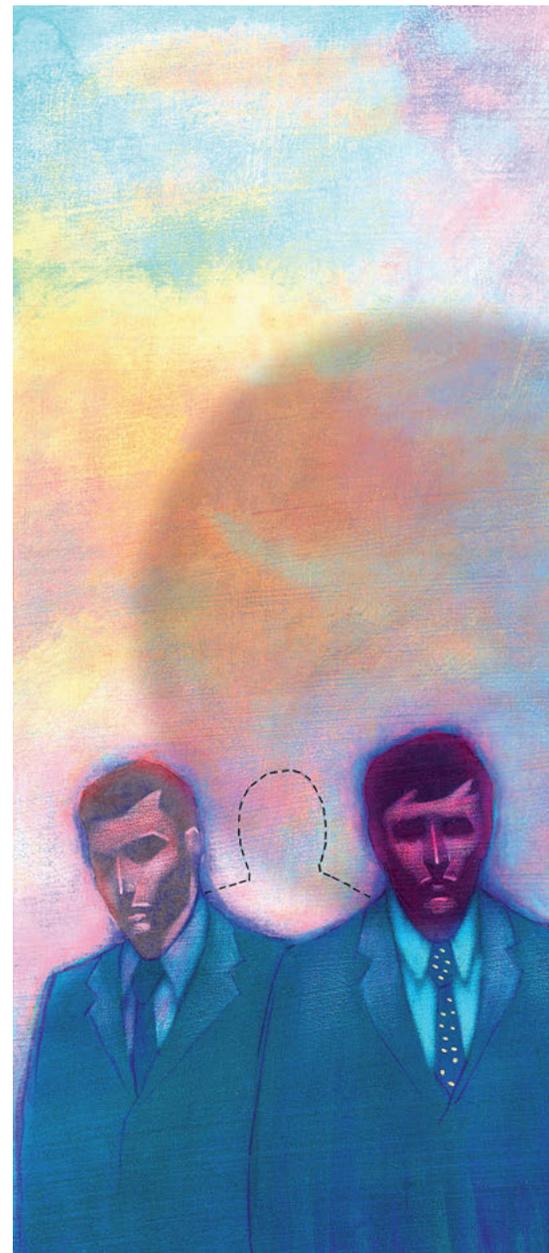
»Wer wissenschaftliche Leistung redlich erbracht hat, kann nicht einfach als Autor einer Veröffentlichung gestrichen werden.«

Für Hochschulen und Forschungseinrichtungen, nicht zuletzt für angerufene Ombudspersonen, die für Verdachtsfälle wissenschaftlichen Fehlverhaltens zuständig sind, führt dies in ein Dilemma zwischen notwendigem Opferschutz und Verantwortung für wissenschaftliche Redlichkeit:

Erwiesenes Fehlverhalten (zum Beispiel sexuelle Belästigung, Diskriminierung oder Mobbing) beseitigt nicht die Mitautorschaft an gemeinsam erhobenen Forschungsdaten oder die konzeptionellen Leistungen für ein gemeinsames Forschungsprojekt. Das Autorenteam im kalifornischen Fall argumentierte hingegen, dass das massive Fehlverhalten des Professors schwerer wiegen würde als dessen wissenschaftliche Leistung, was ihn als Co-Autor disqualifiziere. Es wurde zudem gefordert, dass in Autorschaftsleitlinien eine Klausel aufgenommen werden solle, die es ermöglicht, Personen auszuschließen, die gegen einen Verhaltenskodex verstoßen.

Ein großes inneres Störgefühl gegenüber einer gemeinsamen Publikation mit einem Belästiger ist selbstverständlich nachvollziehbar. Wissenschaftliche Autorschaft ist jedoch keine moralische Auszeichnung, sondern ein Ausweis epistemischer Leistungen, die nicht verloren gehen, weil sich jemand anderweitig pflichtwidrig verhalten hat. Das gilt selbst in drastischen Fällen. Man denke etwa an den wegen sexuellen Missbrauchs verurteilten Nobelpreisträger Daniel Carleton Gajdusek. Da-

her kann man Autoren oder Autorinnen, deren wissenschaftliche Leistungen redlich erbracht wurden, nicht einfach aus der Autorenliste einer Veröffentlichung streichen. Ein solches Vorgehen würde im Umkehrschluss zudem bedeuten, dass sich der Rest des Teams Leistungen zuschreibt, die er als solche nicht allein erbracht hat. Zugespielt: Wenn jemand gemeinsam mit einer Kollegin eine nobelpreisverdächtige Theorie entwickelt, und diese später ein Opfer von dessen Belästigung wird, macht das die Kollegin dennoch nicht zur wissenschaftlichen Alleinautorin der Theorie. Mögli-



cherweise lässt sich ein Konflikt dadurch entschärfen, dass man Eigenanteile der einzelnen Personen an einem Forschungsprojekt wieder auseinanderdividiert und separat veröffentlicht. Das wird jedoch bei Großprojekten im Rahmen einer Laborinfrastruktur oftmals nicht möglich sein.

»Es wäre nicht zulässig, wissenschaftliche Autorschaft aufgrund nicht-wissenschaftlichen Fehlverhaltens in Geiselhaft zu nehmen.«

Reziprok bildet die Mitautorschaft auch die gemeinsame Verantwortung für die Richtigkeit und Redlichkeit der Daten oder Forschungsergebnisse ab, die einer Publikation zugrunde liegen. Würde eine einzelne Person, die eine Mitverantwortung trägt, aus der Mitautor-

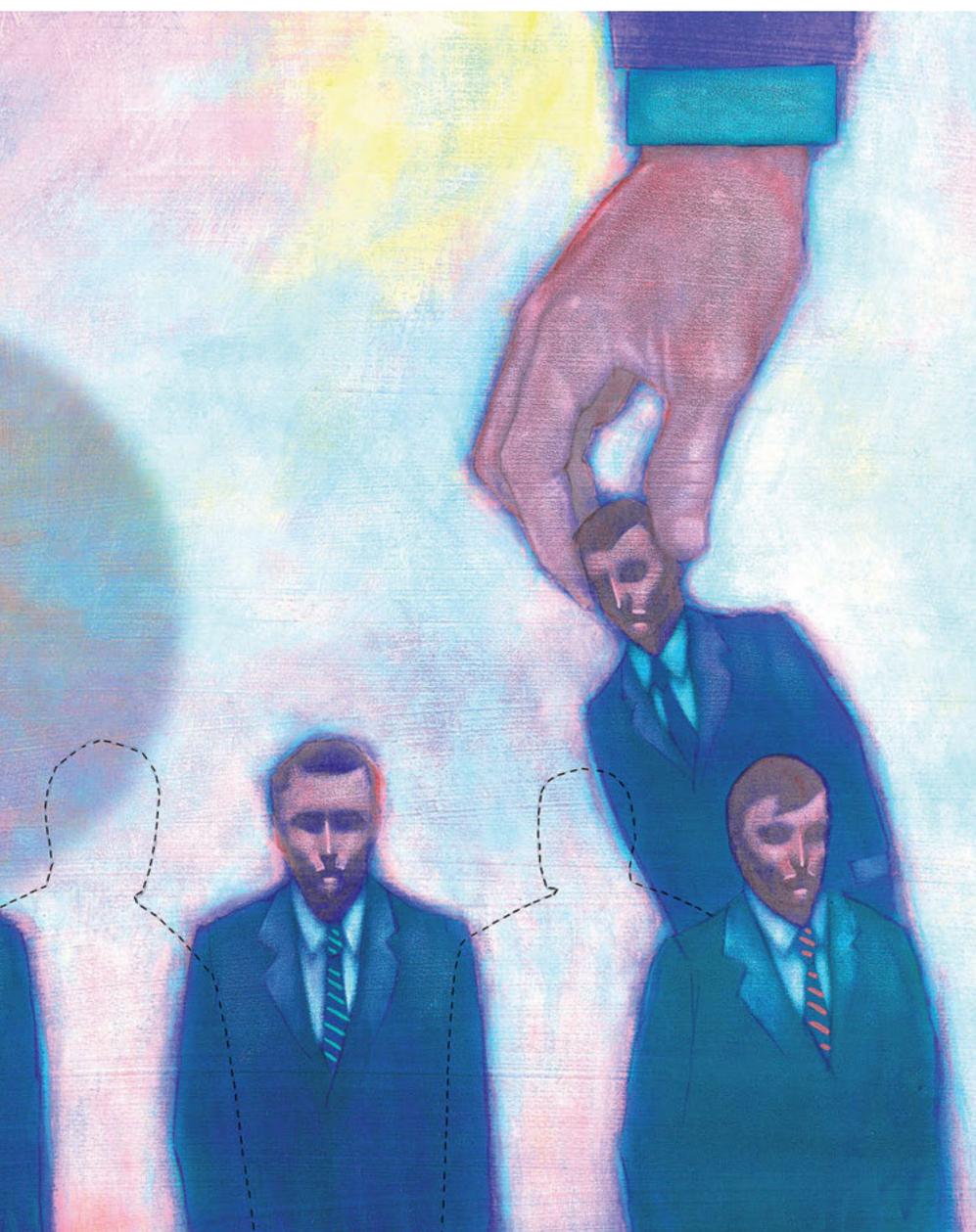
schaft entlassen, bleibt die Verantwortungsdeckung unvollständig. Zwar könnte das verbleibende Autorenteam angeben, es würde die wissenschaftliche Verantwortung für die Beiträge der „gestrichenen“ Person übernehmen. Ein solches Vorgehen führt aber spätestens dann zu Problemen bei der Zuordnung, wenn die Forschungsgrundlagen fehlerbehaftet sind, wenn zum Beispiel Daten manipuliert oder Textelemente plagiiert wurden. Beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern muss ihr Beitrag in Publikationen daher korrekt zugeschrieben werden.

Dass es höchst unangenehm sein kann, mit einer Person gemeinsam als Autorin oder Autor in Erscheinung zu treten, die öffentlich diskreditiert ist, wird jeder verstehen. An der kalten Rationalität wissenschaftlicher Autorschaft ändert das aber nichts. Regeln guter wissenschaftlicher Praxis (GWP) dienen nicht dazu, außerwissenschaftliche Verhaltensstandards des Rechts oder der Ethik durchzusetzen, sie sichern allein die Integrität des wis-

senchaftlichen Diskurses. Einen einmal akzeptierten oder aufgrund des Gewichts des wissenschaftlichen Eigenanteils zwingend zu akzeptierenden Mitautor insbesondere ohne dessen Einverständnis zu streichen, wäre daher wissenschaftliches Fehlverhalten (Anmaßung von fremder Autorschaft), zu dessen Sanktionierung nach Vorbild von Leitlinie 14 des DFG-Kodex „Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ die GWP-Ordnungen verpflichten.

Auch ein freiwilliger Rückzug wie in dem berichteten Fall des Astronomen, dessen Beiträge wohl zweifelsohne eine Autorschaft rechtfertigen, würde daher gegen GWP-Standards verstoßen. Wissenschaftliche Autorschaft ist nicht disponibel wie ein Urheberrecht oder verleihbar wie ein Wissenschaftspreis oder Ehrentitel, sondern beruht auf einer hinreichend objektivierten Zuordnung von erbrachten Forschungsleistungen. So sind auch Ghostwriting oder der Missbrauch von Mitarbeitenden, sich Texte „schreiben zu lassen“, unbestritten wissenschaftliches Fehlverhalten: Die wahren Urheber eines wissenschaftlichen Beitrags müssen stets als Autorin oder Autor erscheinen. Eine Autorschaft ist weder handelbar noch verzichtbar. Kann man sich hierauf nicht (mehr) verständigen, ist eine Publikation eben nicht möglich. Das passiert auch sonst bei Zerwürfnissen gelegentlich.

Die Grenzen zwischen Mitautorschaft und bloßer Unterstützung sind freilich fließend. Es gibt eine Bandbreite des Vertretbaren, niederschwellige Mitwirkung noch nicht als Forschungsbeitrag zu bewerten. Etwa die bloße Verantwortung für die genutzte Infrastruktur oder einzelne Datenerhebungen, die lange zurückliegen und für die Ergebnisse, die der Publikation zugrunde liegen, nicht mehr prägend sind, mögen vertretbar als nicht autorschaftsbegründend bewertet werden. Dann kann man Ergebnisse ohne die Mitwirkung einer belasteten Person veröffentlichen. Die Konfliktverantwortlichkeit führt insoweit lediglich dazu, dass man dem Konfliktverursacher das Recht entzieht, gleichberechtigt über die Frage seiner Mitautorschaft zu entscheiden, was zum Beispiel aus einer Leitungsfunktion gegebenenfalls möglich gewesen wäre. Die Herabstufung des Forschungsbeitrags erfolgt dann allerdings auf eigenes Risiko der Publizierenden. Wenn der Betroffene – wie in dem Fall des Astronomen – freiwillig akzeptiert, dass seine Mitwirkung keine hinreichend gewichtige Forschungsleistung darstellt (und sich gegebenenfalls mit einer Danksagung oder Erwähnung zufriedengibt), wird man diese Selbsteinstufung grundsätzlich akzeptieren können, solange nicht erwiesen ist, dass sie aus taktischen Gründen erfolgt ist, aber inhaltlich unvertretbar die reale Arbeitsteilung verzerrt.



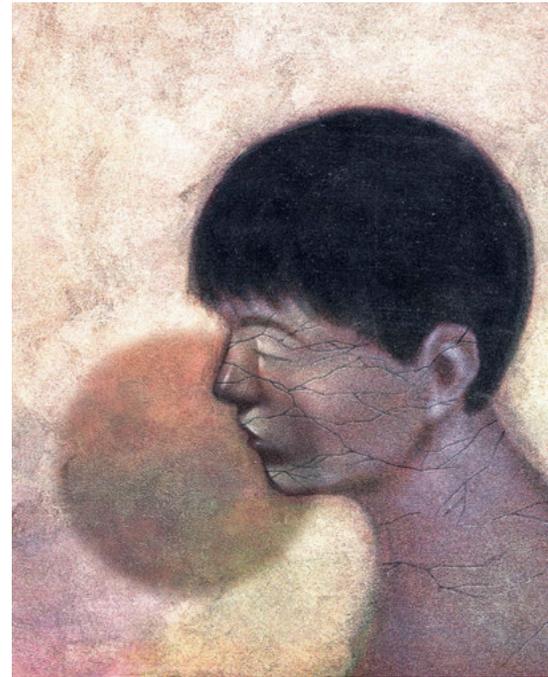
Auch rechtlich wäre es nicht zulässig, wissenschaftliche Autorschaft aufgrund von nicht-wissenschaftlichem Fehlverhalten in Geiselhaft zu nehmen. Das Bundesverwaltungsgericht hatte über einen Fall zu entscheiden, in dem ein Ingenieur für Werkstofftechnik wegen sexueller Nötigung zu einer Bewährungsstrafe verurteilt worden war, dies aber bei seinem Antrag auf Promotionszulassung verschwieg. Seine Universität nahm dies zum Anlass, ihm den später erlangten Doktorgrad wegen Täuschung zu entziehen. Das Gericht hat dieses Vorgehen überzeugend als rechtswidrig beanstandet und den Bescheid aufgehoben, weil er insoweit mit dem Grundrecht der Wissenschaftsfreiheit (Art. 5 Abs. 3 Satz 1 Grundgesetz) unvereinbar war: „Die Universitäten sind generell nicht zur Abgabe und Durchsetzung von Werturteilen berufen, die außerhalb der Wissenschaft angesiedelt sind.“ Gesetzliche Ermächtigungen zur Entziehung eines Doktorgrades dürften nur „bei wissenschaftsbezogenen Verfehlungen“ in Anspruch genommen werden (Urt. v. 30.09.2015 – 6 C 45/14, BVerwGE 153, 79). Entsprechendes hatte das Gericht für den in einigen Hochschulgesetzen und nicht wenigen Promotionsordnungen vorgesehenen Entziehungstatbestand der nachträglichen „Unwürdigkeit“ festgestellt (Urt. v. 31.07.2013 – 6 C 9.12, BVerwGE 147, 292). Das Bundesverfassungsgericht hat diese Rechtsprechungslinie übernommen (Beschl. v. 03.09.2014 – 1 BvR 3353/13, NVwZ 2014, 1571).

»Das Bundesverwaltungsgericht hat den Schluss gezogen, dass eine Verpflichtung besteht, Fehlverhalten zu sanktionieren.«

Die Rechtsprechung ist inhaltlich nicht auf das Promotionsrecht beschränkt, sondern wird auf die Wissenschaftsfreiheit gestützt, die die möglichen Reaktionen von Hochschulen und Forschungseinrichtungen auf Fehlverhalten beschränkt. Zwar sind Co-Autorinnen und Co-Autoren nicht unmittelbar an das Grundrecht der Wissenschaftsfreiheit gebunden. Allerdings sind Forschende den in Hochschulgesetzen, Satzungen und dienstlichen Leitlinien niedergelegten GWP-Standards verpflichtet. Diese enthalten gerade auch Regeln im Umgang einzelner Forschender untereinander. Staatliche Hochschulen und Forschungseinrichtungen sind kraft ihrer Grundrechtsbindung (Art. 1 Abs. 3 Grundgesetz) verpflichtet, die Wissenschaftsfreiheit zu achten. Das schlägt sich dann in der Auslegung und

Anwendung des Wissenschaftsrechts nieder, auch soweit dieses das faire Verhältnis privater Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untereinander regelt. Im Ergebnis müssen also Forschende die Wissenschaftsfreiheit anderer Forschender respektieren, was es einschließt, deren wissenschaftliche Autorschaft nicht zu verletzen. Hierzu gehört es wiederum verallgemeinernd, dass wissenschaftliche Nachteile (wie ein Autorschaftsentzug) nur mit wissenschaftsimmanenten Gründen gerechtfertigt werden können, nicht aber mit Fehlverhalten, das die wissenschaftliche Leistung als solche nicht in Frage stellt.

Neben dem Beisteuern eines wissenschaftlich-inhaltlichen – wie es in Leitlinie 14 (Autorschaft) des DFG-Kodex heißt: genuinen – Beitrags zu einem Manuskript sollen Co-Autorinnen und Co-Autoren auch am Verfassen des Entwurfs mitgewirkt, diesen kritisch gegengelesen und ihm letztlich auch zugestimmt haben. Mit der Bestätigung ihrer Co-Autorschaft gegenüber dem Verlag stimmen sie zu, die Verantwortung für die Inhalte zu übernehmen. Der Hebel der Zustimmung wird bei Konflikten mitunter instrumentalisiert, um sachfremde Interessen durchzusetzen. Werden vordergründig Fachgründe ins Feld geführt, müssen diese auch für die weiteren Co-Autorinnen und Co-Autoren bei objektiver Betrachtung nachvollziehbar dargelegt werden. Die Obstruktion einer Publikation ohne fachliche Einwände stellt gemäß DFG-Kodex ein wissenschaftliches Fehlverhalten dar. Dies gilt auch, wenn Personen im Zuge einer Untersuchung von Belästigungsvorfällen vom Dienst befreit werden und sich im Anschluss weigern, ihr Einverständnis für ausstehende Publikationen zu geben. Da es sich bei Tätern sexueller Übergriffe in der Wissenschaft überwiegend um Personen in Leitungspositionen handelt („Sexual Harassment of Women“, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2018), haben diese oft die Projektleitung inne und sind als Letzt- und korrespondierende Autoren vorgesehen, deren Zustimmung unverzichtbar ist.



Aber wie kann man entsprechende Kooperationsbereitschaft durchsetzen? Dass man nach der Suspendierung nun ja nicht mehr weiterarbeiten könne, stellt weder einen Fachnoch einen Sachgrund dar, zumal niemand gehindert werden kann, als Privatperson Wissenschaft zu betreiben. Das nachträgliche Ausnutzen einer (prominenten) Autorschaftsposition, um die Einreichung von Manuskripten zu verhindern, ist zweifelsohne ein GWP-Verstoß. Natürlich gibt es dafür die üblichen Ombuds- und sich anschließende Untersuchungsverfahren, die Fehlverhalten feststellen können – die sind hier aber zu schwerfällig. Praktisch bietet sich ein anderes Verstärkungsmittel an: Wissenschaftliches Fehlverhalten von Personal an Hochschulen oder Forschungseinrichtungen ist zugleich ein Dienstvergehen, das beamten- oder arbeitsrechtliche Konsequenzen haben kann. Das Bundesverwaltungsgericht hat sogar eine objektive Schutzverantwortung für eine redliche Wissenschaft aus

Fotos: Ombudsman DFG (l.), J. Liebers (r.)

Zu den Personen

Hjördis Czesnick (l.)

leitet die Geschäftsstelle des Ombudsmans für die Wissenschaft der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Berlin.

Klaus Ferdinand Gärditz (r.)

ist Professor für Öffentliches Recht an der Universität Bonn





der Wissenschaftsfreiheit abgeleitet und hieraus den zutreffenden Schluss gezogen, dass eine grundsätzliche Verpflichtung besteht, Fehlverhalten zu sanktionieren (Urt. v. 21.06.2017 – 6 C 3/16, BVerwGE 159, 148). Für die Dosierung der konkreten Sanktion kommt es entscheidend darauf an, wie man mit der aufgedeckten Verfehlung umgeht. Etwa Unrechtseinsicht, Bemühungen um Schadensbegrenzung oder Kooperationsbereitschaft wirken sich in der Regel mildernd aus, eine Vertiefung von Schäden – nicht zuletzt auf Kosten abhängiger Beschäftigter – wäre im Rahmen des immer einheitlich betrachteten Dienstvergehens ein Grund, im Sanktionenkanon höher zu greifen.

Ungeachtet der Wahrung von Verteidigungsrechten ist dies ein gewichtiges Instrument, Kooperationsbereitschaft zu fördern.

Letztlich lassen sich Konflikte während des Publikationsprozesses nur dadurch entschärfen, dass man jeden Fall einzeln in seinen Kontexten betrachtet und mit Empathie für die (mutmaßlichen) Opfer, lösungsorientiertem Pragmatismus und aktiver Kommunikation angeht, die die konkreten Interessen sowie Vulnerabilitäten ermittelt. Im Bereich des wissenschaftlichen Fehlverhaltens hat eine Studie in der Tat gezeigt, dass sich Retraktionen von Artikeln in den Folgejahren negativ auf die Zitationszahlen aller Autorinnen und Autoren auswirken („Stigma durch Assoziierung“), unabhängig davon, ob sie den Fehler im Artikel verursacht haben („Guilt by Association: How Scientific Misconduct Harms Prior Collaborators“, ZEW Discussion Paper No. 17-051). Für nicht-wissenschaftliches Fehlverhalten ist Vergleichbares aber bislang (unseres Wissens) nicht belegt, wohl auch, weil die Qualität der Artikelinhalte nicht betroffen ist und keine Retraction oder anderweitige „Markierung“ der Artikel erfolgt.

»Man sollte nicht weiterhin mit einem Täter oder einer Täterin zusammenarbeiten müssen.«

Man wird den Opfern von Übergriffen – ohne Verletzung von Regel 14 des DFG-Kodex – unter Umständen ein Recht zugestehen müssen, ein Veto gegen eine gemeinsame Publikation einzulegen, wenn der Zwang, mit dem Peiniger gemeinsam zu publizieren, das allgemeine Persönlichkeitsrecht verletzen würde. Hier kommt es aber entscheidend auf die Schwere des Übergriffs an, zumal ein Veto unter Umständen auch andere – unschuldige – Mitautorinnen und Mitautoren in einem Team schädigt und Karrierechancen beeinträchtigt. Da wird es einen Unterschied machen, ob es um sexistische Kommentare oder um Nötigung zum Beischlaf geht. Abhängig von den Folgen für Dritte und der Qualität der Rechtsverletzung wird man die Zumutbarkeitschwelle hier unterschiedlich tarieren müssen. Versucht werden kann zudem, die Kommunikation zwischen den Konfliktbeteiligten über eine Mittelsperson herzustellen. So könnten zum Beispiel die zuständige Ombudsperson oder jemand aus dem Autorenkreis die verbleibenden Klärungen koordinieren, sodass den Betroffenen zumindest der direkte Kontakt erspart bleibt.

sen, ein Veto gegen eine gemeinsame Publikation einzulegen, wenn der Zwang, mit dem Peiniger gemeinsam zu publizieren, das allgemeine Persönlichkeitsrecht verletzen würde. Hier kommt es aber entscheidend auf die Schwere des Übergriffs an, zumal ein Veto unter Umständen auch andere – unschuldige – Mitautorinnen und Mitautoren in einem Team schädigt und Karrierechancen beeinträchtigt. Da wird es einen Unterschied machen, ob es um sexistische Kommentare oder um Nötigung zum Beischlaf geht. Abhängig von den Folgen für Dritte und der Qualität der Rechtsverletzung wird man die Zumutbarkeitschwelle hier unterschiedlich tarieren müssen. Versucht werden kann zudem, die Kommunikation zwischen den Konfliktbeteiligten über eine Mittelsperson herzustellen. So könnten zum Beispiel die zuständige Ombudsperson oder jemand aus dem Autorenkreis die verbleibenden Klärungen koordinieren, sodass den Betroffenen zumindest der direkte Kontakt erspart bleibt.

»Zweifelsohne handelt es sich bei Belästigungen im Wissenschafts- und Hochschulumfeld um ein systemisches Problem.«

Die vorliegenden Erwägungen beziehen sich allein auf gemeinsame Publikationsprojekte, die *ex ante* gestartet sind – also bevor die Co-Autorinnen und Co-Autoren von den Taten wussten oder gar betroffen waren. Im Hinblick auf zukünftige Projekte obliegt es den Forschenden, selbst zu entscheiden, ob sie Kooperationen beenden. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sollten daher nicht aufgrund von Abhängigkeiten in die Position versetzt werden, weiterhin mit einem Täter oder einer Täterin zusammenarbeiten zu müssen. Sind weitere Kooperationsprojekte und Manuskripte geplant, so sollte die Einbindung dieser Person mit allen Beteiligten abgestimmt werden. In jedem Fall ist ein sensibles und differenziertes Vorgehen nötig. Die jeweiligen Zumutbarkeitsgrenzen müssen tastend, kontextbezogen und rücksichtsvoll ausgelotet werden.

Zweifelsohne handelt es sich bei Belästigungen im Wissenschafts- und Hochschulumfeld um ein systemisches Problem, das nicht allein auf der Ebene der GWP gelöst werden kann, sondern auch die vielfältigen strukturellen Probleme im Gesamtkontext in den Blick nehmen muss. Wichtig ist in jedem Fall, für die Vielschichtigkeit des Themas verstärkte Aufmerksamkeit zu schaffen.

TEMPORAL SINGLE CELL
PROFILING ON BIOPSIES
TAKEN FROM LIVING CELLS



FluidFM OMNIUM



Biopsies without compromising viability



Live monitoring of single-cells



Temporal gene expression profiling



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

Was Entscheidungsträger:innen von Promovierenden und Promovierten lernen können

VON MICHAEL GERLOFF, BERLIN

Eine Anregung, denjenigen zuzuhören, die die Reform des Wissenschaftszeitvertragsgesetzes (WissZeitVG) direkt betreffen wird: den Promovierenden und Promovierten.

Im Zuge der Reform des WissZeitVGs wird in der Akademie darüber diskutiert, wie die Phase der Promotion und des Postdocs ausgestaltet werden muss, um den Bedürfnissen der Institutionen einerseits und denjenigen der Promovierenden und Promovierten andererseits gerecht zu werden. In der Diskussion habe ich ein bestimmtes Phänomen beobachten können: Menschen, die in der Debatte ein hohes Gewicht haben – weil sie etwa Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen (AuF), Fachgesellschaften oder ganze Forschungsgesellschaften führen – meldeten sich zu Wort und begannen über die Wünsche und Ziele von Promovierenden und Postdocs zu sprechen [1].

»[...] nur wenn auch die künftigen Wissenschaftler:innen [...] überzeugt sind, wird aus einem ‚brain drain‘ ein ‚brain gain‘.«

Zur selben Zeit regte sich öffentlicher Protest in den sozialen Medien. Unter den Hashtags #IchBinHanna und #IchBinReyhan berichteten Studierende, Promovierende und Postdocs von ihren Erfahrungen. Ihre Wünsche und Ziele waren dabei nicht deckungsgleich mit den Aussagen der Menschen, die in Diskussionsrunden und Interviews über „ihre“ Promovierenden und Postdocs sprachen. Wo Promovierende und Postdocs die Probleme der späten und intransparenten Selektion in der Akademie beschrieben, warnten akademische Entscheidungsträger:innen – angeblich im Interesse ihrer Mitarbeiter:innen sprechend – davon, die Höchstbefristungsdauer so zu gestalten, dass eine frühe und transparente Selektion stattfinden würde [2]. Wo Postdocs über ihre beruflichen Ambitionen abseits der Professur sprachen, behaupteten Entscheidungsträger:innen, dass Postdocs mehrheitlich eine Professur erreichen wollen [3].

Diese Situation gipfelte darin, dass sowohl die Vertreter der Allianz der Wissenschaftsorganisationen [4] und Vertreter:innen von #Ich-

BinHanna und #IchBinReyhan [5] Folgendes äußerten: „Wir empfehlen der Bundesregierung, den Dialog mit den Doktorand:innen und Postdocs [...] zu führen, denn nur wenn auch die künftigen Wissenschaftler:innen [...] von der Novelle überzeugt sind, wird aus einem ‚brain drain‘ ein ‚brain gain‘“.

Einen ehrlichen Einblick in die Herausforderungen, vor denen die Promovierenden und Postdocs in der Akademie stehen, liefern die Befragungen des Mittelbaus. Diese sollten als Grundlage des Dialogs mit dem Mittelbau genutzt werden.

In Deutschland haben sich Promovierenden- und Postdoc-Befragungen etabliert. Zu den bekanntesten Promovierendenumfragen gehören die Nacaps-Studie des Deutschen Zentrums für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW) sowie diejenige der Mitglieder des N² – Network of Doctoral Researcher Networks [6]. Für promovierte Wissenschaftler:innen konstituieren sich in den letzten Jahren Befragungen des Max-Planck-PostdocNets und des Leibniz-PostDoc-Networks. Die Befragung der Stipendiat:innen der Alexander-von-Humboldt-Stiftung beleuchtet die Situation internationaler Postdocs. Eine weitere Befragung von Promovierenden und Postdocs zur Evaluation des WissZeitVGs führte das Netzwerk für Gute Arbeit in der Wissenschaft (NGAWiss) durch.

»Viel zu häufig wird noch davon ausgegangen, dass Promovierende und Promovierte vor allem eine Professur anstreben.«

Gerade zum Thema Karrierewünsche und Perspektiven der Promovierenden und Promovierten gehen die Meinungen der Betroffenen sowie der Leitungsebenen der Forschungsinstitutionen stark auseinander. Viel zu häufig wird noch davon ausgegangen, dass Promovierende und Promovierte vor allem eine Professur anstreben. Dabei gaben 74 Prozent der befragten Promovierenden der

Max-Planck-Gesellschaft an, dass sie im Bereich der außerakademischen Forschung arbeiten wollen. In der akademischen Forschung möchten lediglich 59 Prozent der befragten Promovierenden arbeiten. Für 29 Prozent der Befragten kommt eine akademische Karriere nicht in Frage [7].

Das Karriereziel der Professur wurde insbesondere in der Nacaps-Studie abgefragt. In der für das *Laborjournal* wichtigen Fächergruppe „Mathematik und Naturwissenschaften“ gaben 40 Prozent der befragten Promovierenden an, keine Professur anzustreben. Nur 25 Prozent streben eine Professur an.

Die Postdoc-Befragungen des Leibniz-PostDoc-Networks und des Max-Planck-Postdoc-Nets nehmen ebenfalls eine Ausdifferenzierung der Karrierepfade vor. Die befragten Leibniz-Postdocs gaben an, dass für sie akademische Stellen mit Forschungsbezug ohne Professur am attraktivsten sind (rund 8,5 von 10 Punkten). Eine ähnliche Stelle außerhalb der Akademie wurde mit einem Attraktivitätswert von circa 7,2 bewertet. Auf dem dritten Platz folgte die Professur mit einem Wert von etwa 5,9. Darüber hinaus gaben die befragten Postdocs an, dass sie vor allem die akademische wissenschaftliche Karriere ohne Professur aktiv verfolgen (6,2). Die Professur (4,0) und die außerakademische Wissenschaftskarriere (3,9) werden weniger aktiv verfolgt [8].

Bei der Befragung der Postdocs in der Max-Planck-Gesellschaft gaben die Umfrageteilnehmer:innen an, dass die Karriereziele „unabhängige Gruppenleitung“ (inklusive, aber nicht ausschließlich der Professur) und „Wissenschaftliche:r Mitarbeiter:in“ gleich attraktiv sind. Die Arbeit in der industriellen Forschung war weniger attraktiv [9].

Für einen internationalen Blick auf die deutsche akademische Landschaft lohnt eine Betrachtung der Befragung promovierter Stipendiat:innen durch die Alexander-von-Humboldt-Stiftung [10]. Hinsichtlich der beruflichen Perspektiven für Wissenschaftler:innen vergaben Stipendiat:innen aus den großen Forschungsnationen beziehungsweise -regionen USA (5,1/10), Frankreich (5,4), UK (6,0), Skandinavien (6,3), Australien und Japan (bei-



de 6,4) verhaltene Noten. Deutschland bietet demnach keine signifikant besseren beruflichen Perspektiven im Vergleich zu Heimatland oder -region.

Dass „Postdocs [...] mehrheitlich den Wunsch [haben], in der Forschung zu bleiben und den Karriereweg des Gruppenleiters und später des Professors einzuschlagen“ [3], ist anhand der Daten aus den Postdoc-Befragungen nicht zu verifizieren. Die Priorisierung des Karrierepfads der Professur, die öffentlich immer wieder vorgenommen wird, entspricht nicht den Karrierezielen und Wünschen der meisten Promovierenden und Postdocs.

»Erschreckenderweise gaben [...] nur 5 Prozent der befragten Promovierenden an, dass sie wissenschaftliches Fehlverhalten gemeldet hatten.«

Ein weiteres Feld, in dem die Erfahrungen von Promovierenden und Postdocs einerseits und der akademischen Entscheidungsträger:innen andererseits divergieren, betrifft das Herz des wissenschaftlichen Arbeitens: Gute wissenschaftliche Praxis (GWP) und das Verhalten im akademischen Diskurs.

In der Befragung der Promovierenden in der Max-Planck-Gesellschaft aus dem Jahr 2018 gaben 23 Prozent an, dass sie bewusst schlechte und nachlässige Arbeit gesehen

oder selbst geleistet haben – beispielsweise um Deadlines oder Hypothesen nicht zu gefährden. 20 Prozent der Promovierenden gaben an, dass sie in Konflikte um Autorschaften verwickelt waren oder diese wahrgenommen haben. 17 Prozent berichteten von Ehrenautorschaften, 4 Prozent von Plagiiierung, Datenmanipulation und Datenklau [11].

Die gute wissenschaftliche Praxis verbietet dieses Verhalten und hält alle Akteure an, dieses zu melden. Erschreckenderweise gaben in derselben Befragung nur 5 Prozent der befragten Promovierenden an, dass sie wissenschaftliches Fehlverhalten gemeldet hatten. Von diesen 5 Prozent berichtete wiederum ein knappes Drittel, dass nach ihrer Meldung nichts passierte. 13 Prozent gaben an, dass die Meldung mit negativen Konsequenzen für sie einherging [12].

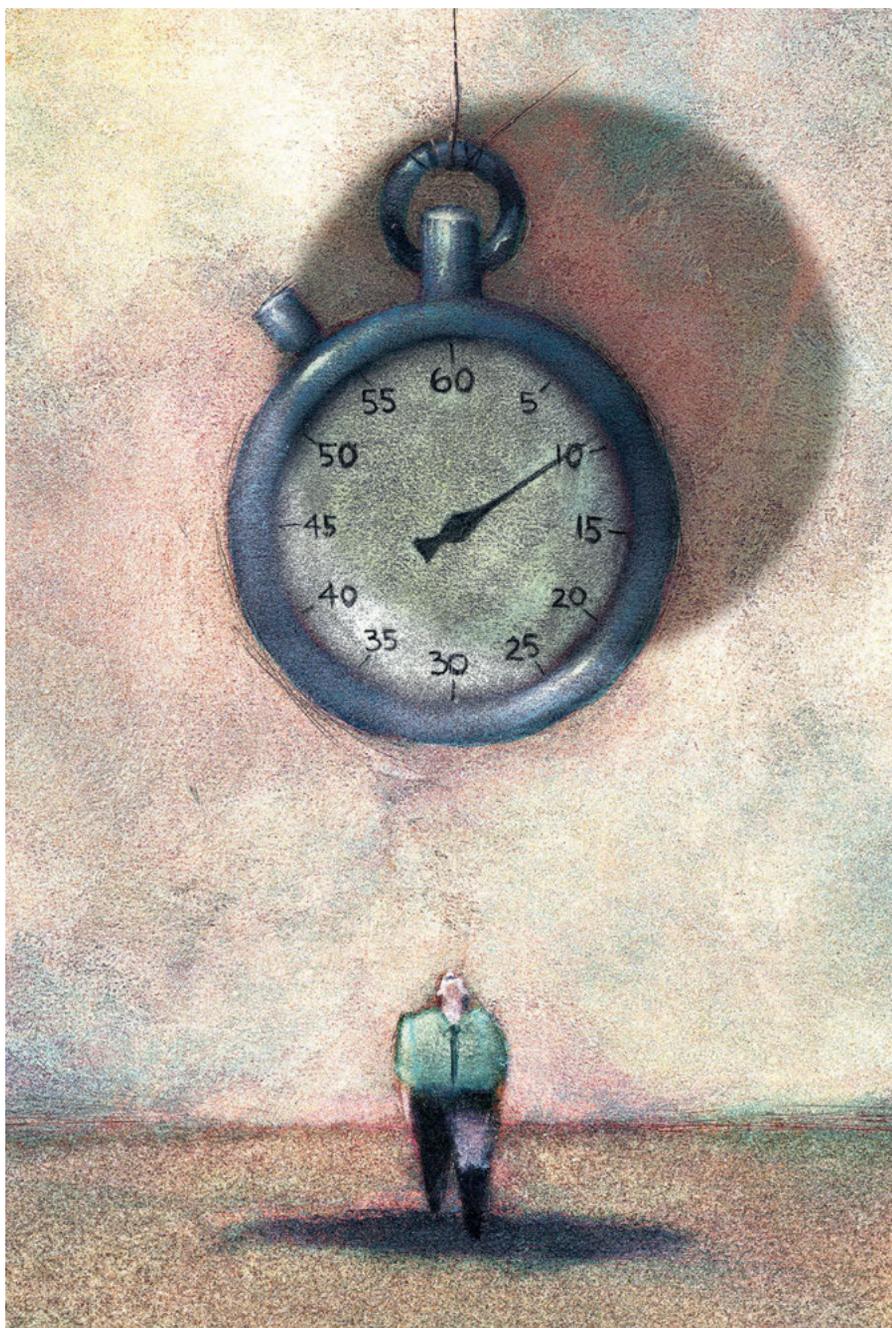
Auf die Frage, ob die Promovierenden negative persönliche Konsequenzen erwarten würden, wenn sie Vorgesetzte melden, antworteten lediglich 21 Prozent mit Nein. 28 Prozent würden keine persönlichen Konsequenzen erwarten, wenn sie das Fehlverhalten gleich- oder niedrigrangiger Personen melden. 25 Prozent würden nach einer Meldung eines wissenschaftlichen Fehlverhaltens in jedem Fall negative Konsequenzen erwarten [13].

Dass diese Problematik nicht spezifisch für die Promovierenden in der Max-Planck-Gesellschaft ist, zeigt eine Evaluation des Wissen-ZeitVGs durch das Netzwerk für Gute Arbeit in der Wissenschaft (NGAWiss), für die Promo-

vierende und Postdocs aus Hochschulen befragt wurden. 16 Prozent der Befragten gaben an, im Falle von wissenschaftlichem Fehlverhalten bewusst die entsprechenden Stellen nicht kontaktiert zu haben [14]. Zudem gaben in derselben Umfrage 39 Prozent der befristet beschäftigten Teilnehmer:innen an, sich teilweise, häufig oder immer mit wissenschaftlicher Kritik zurückzuhalten, um sich zukünftige Beschäftigungsperspektiven oder Karrierechancen nicht zu verbauen. Lediglich 29 Prozent gaben an, sich nie mit wissenschaftlicher Kritik zurückzuhalten. Unter den unbefristet beschäftigten Teilnehmer:innen gaben 41 Prozent an, sich nie mit wissenschaftlicher Kritik zurückzuhalten [15].

»Auch jenseits der Befragungen gibt es Gründe, an der Einhaltung der guten wissenschaftlichen Praxis zu zweifeln.«

Die Einhaltung der Regeln zur guten wissenschaftlichen Praxis sowie die Bereitschaft zum offenen akademischen Diskurs sind Grundwerte der akademischen Institutionen. Entsprechend wird es aus der Leitungsebene einer akademischen Forschungsinstitution kaum jemand geben, der öffentlich zugibt, dass es bei dem Leben und der Umsetzung dieser Werte an der jeweiligen Institution Probleme gibt. Die anonymen Befra-



gungen von Promovierenden und Postdocs zeigen indes, dass dies offensichtlich doch der Fall ist.

Dabei gibt es auch jenseits der Befragungen weitere Gründe, an der konsequenten Einhaltung der guten wissenschaftlichen Praxis zu zweifeln. In der Biomedizin mehren sich die Berichte darüber, dass ein Großteil der biomedizinischen Studien nicht reproduzierbar ist [16]. Es ist anzunehmen, dass das Nichteinhalten der guten wissenschaftlichen Praxis sowie das Zurückhalten der akademischen Kritik einen signifikanten Einfluss auf die Nichtreproduzierbarkeit dieser Studien hat.

Für die folgende Thematik, so möchte ich voranstellen, gibt es keine grundsätzliche Uneinigkeit in der Kenntnis der Problematik, sondern eine Uneinigkeit in der Herangehensweise an das Problem.

Weltweit zeigen Befragungen von Promovierenden und Postdocs, dass sich die psychische Gesundheit der Teilnehmer:innen verschlechtert [17]. 55 Prozent der befragten Postdocs in der Max-Planck-Gesellschaft weisen mindestens milde depressive Symptome auf. 22 Prozent der Postdocs zeigen moderate bis schwere depressive Symptome. Bezüglich Ängstlichkeit (Anxiety) berichten 48 Prozent der Postdocs von mindestens milden Symptomen, 18 Prozent weisen moderate bis schwere Symptome auf [18]. Die Autor:innen des Survey Reports stellen dabei fest, dass die Prävalenz moderater bis schwerer depressiver Symptome im Vergleich zur entsprechenden Alterskohorte in der Gesamtbevölkerung um das Dreifache erhöht ist.

Basierend auf demselben Fragenkatalog erfragte das Max-Planck-PhDNet den psychi-

schen Zustand der Promovierenden in der Max-Planck-Gesellschaft. 52 Prozent der Promovierenden zeigten mindestens milde depressive Symptome, 20 Prozent zeigten moderate bis schwere Symptome [19]. Im Komplex der Eigenschafts-Ängstlichkeit (trait anxiety) berichten 94 Prozent der befragten Promovierenden von mindestens milden Symptomen. 53 Prozent zeigten moderate bis schwere Symptome [20].

»Inzwischen wird von einer globalen Mental Health Crisis in Academia gesprochen, die auf toxische akademische Strukturen zurückzuführen ist.«

Dass diese Werte nicht spezifisch für die Max-Planck-Gesellschaft sind, zeigt die Umfrage der Helmholtz-Juniors unter den Promovierenden der Helmholtz-Gemeinschaft aus dem Jahr 2021 [21].

Inzwischen wird von einer globalen Mental Health Crisis in Academia gesprochen, die auf toxische akademische Strukturen zurückzuführen ist [22]. In „Mental Health Awareness Months“ wird auf das Thema aufmerksam gemacht. Es werden Artikel und Kontaktadressen bereitgestellt. Hochschulen verfügen darüber hinaus über psychologische Beratungsstellen. Trotz dieser Maßnahmen lässt sich keine Besserung in der Mental-Health-Situation der Promovierenden und Postdocs feststellen. Dies ist auch nicht zu erwarten, da die grundsätzliche Problematik der ungünstigen akademischen Strukturen nicht angegangen wird.

Befragungen von Promovierenden und Postdocs geben seit Jahren Einblicke in die systemischen Herausforderungen, mit denen diese zu kämpfen haben. Sie zeigen, wie sich Promovierende und Postdocs an die Gegebenheiten anpassen. Sie zeigen auch, wie sich diese Gegebenheiten auf die Karrierewünsche und -perspektiven auswirken. Wer ein Bild von der Zukunft der Akademie bekommen möchte, kann in den Befragungen erste Anhaltspunkte finden.

Umso erstaunlicher ist es, dass die Ergebnisse der Befragungen nicht viel breiter im akademischen System wahrgenommen und diskutiert werden. Häufig verlassen sich Entscheidungsträger:innen darauf, welche Rückmeldungen sie von einzelnen Promovierenden und Postdocs erhalten. Dass diese Antworten einerseits nicht repräsentativ und andererseits nicht ehrlich sein könnten, ist ihnen offensichtlich nicht immer bewusst.

Studierende lernen früh, strategisch richtige Antworten zu geben. Sie wissen, dass sie

auf die Frage im Einstellungsgespräch zur Promotionsstelle, ob sie eine Professur anstreben würden, mit Ja antworten müssen, um eine Benachteiligung im Rekrutierungsprozess zu vermeiden. Dasselbe gilt für Postdocs. Sie wissen, dass vor allem die Projekte von denjenigen gefördert werden, die glaubhaft machen, dass sie Ambitionen auf eine Gruppenleitung beziehungsweise Professur haben.

»Eine negativ aufgefasste Kritik oder eine missverstandene Antwort kann fatale Konsequenzen für die eigene Karriere haben.«

Trotz der viel beschworenen Meritokratie in der Akademie sind sich die meisten Menschen im Mittelbau bewusst, dass ihre Karriere maßgeblich von den Empfehlungen derjenigen Personen abhängt, die hierarchisch über ihnen stehen. Eine negativ aufgefasste Kritik oder eine missverstandene Antwort kann fatale Konsequenzen für die eigene Karriere haben. Dieses Phänomen ist nicht neu, beschreibt doch schon „Des Kaisers neue Kleider“, welche Gefahren von einer steilen Hierarchie in Verbindung mit einem problematischen Kritikverhalten ausgehen.

In anonymisierten Umfragen gibt es allerdings keine „falschen“ Antworten. Promovierende und Promovierte können offen ihre Erfahrungen teilen. Durch die gewährte Anonymität und die große Teilnehmer:innenzahl können vermeintliche Grenzfälle, wie etwa das Melden wissenschaftlichen Fehlverhaltens, betrachtet werden. Auch Scham-behaftete The-

men wie die psychische Gesundheit können in derart sicheren Umfragen adressiert werden. Mithilfe der Umfragen können so die grundlegenden systemischen Probleme identifiziert werden. Dies möchte ich anhand der drei geschilderten Problemfelder demonstrieren.

Im Falle der guten wissenschaftlichen Praxis und des Verhaltens im akademischen Diskurs liegt ein Schluss nahe: Die befragten Teilnehmer:innen befürchten berufliche Nachteile, wenn sie Fehlverhalten melden würden. Außerdem halten sie sich mit Kritik zurück, weil sie ihre Berufsperspektiven nicht gefährden wollen.

Sie wissen selbst, dass ihre berufliche Zukunft entscheidend von ihrem wissenschaftlichen Output abhängt. Dabei zählt nicht jede wissenschaftliche Leistung gleich viel. Negativresultate werden beispielsweise fast nie publiziert. Unverhältnismäßig viel Gewicht kommt daher der Bestätigung einer möglichst spektakulären Hypothese zu, die möglichst in einem prestigeträchtigen Journal veröffentlicht werden kann. Dabei darf es keine Zweifel an den erzielten Ergebnissen geben. Dies setzt nicht nur Anreize dafür, bereits erzielte positive Resultate nicht mehr kritisch zu hinterfragen, sondern auch Resultate durch „Optimierung“ der statistischen Tests so erscheinen zu lassen, dass diese stimmig sind.

Die Reproduzierbarkeit einer Studie wird in der Regel nicht getestet und demzufolge auch nicht quantifiziert. Es ist nicht verwunderlich, dass die Reproduzierbarkeit nicht den ihr zustehenden Stellenwert aufweist. Vielmehr werden umgekehrt Anreize gesetzt, die gute wissenschaftliche Praxis zur Sicherung der eigenen Karriereperspektiven zu missachten beziehungsweise weit auszulegen.

Die Tatsache, dass die psychische Gesundheit der Promovierenden und Promovierten über Landes-, Disziplin- und Karrieregrenzen hinweg deutlich schlechter im Vergleich zu entsprechenden Alterskohorten der Gesamtbevölkerung ist, lässt nur einen Schluss zu: Die Arbeits- und Wettbewerbsbedingungen in der Akademie verursachen maßgeblich das gehäufte Auftreten von Symptomen aus dem Spektrum der Depression und Anxiety. Eine überdurchschnittliche Arbeitslast in Verbindung mit unterdurchschnittlichen Kompensierungsmöglichkeiten in Freizeit und Urlaub wirkt sich ungünstig auf die Psyche aus. Werden die unsicheren Karriereaussichten durch den scharfen Wettbewerb um feste Stellen hinzugezogen, überrascht die schlechte psychische Verfasstheit eines großen Teils der Promovierenden und Promovierten nicht mehr. Selbst die besten Bewältigungsstrategien können existenzielle Sorgen nicht ungeschehen machen.

»Wer im deutschen akademischen System bleiben möchte, hat in der Regel nur eine Option: eine Lebenszeitprofessur.«

Wer im deutschen akademischen System bleiben möchte, hat in der Regel nur eine Option: die Berufung auf eine Lebenszeitprofessur. Allerdings wird diese Karriere von einer Mehrheit des Mittelbaus gar nicht angestrebt. Folglich kommt es hier zu Zielkonflikten: Ausscheiden aus der Akademie oder Ausüben einer Tätigkeit, die nicht den eigenen Zielen ent-

Inspiring the Future of Chemistry and Life Sciences.

26. – 28. SEPTEMBER 2023 | MESSE BASEL

Jetzt
kostenfreies
Ticket
sichern!

PrioCode:
media-ilmac23



ILMAC.CH/FREE-TICKET

ilmac.

spricht und Fähigkeiten benötigt, die im Vorfeld nicht vermittelt werden.

Die Grundlage des akademischen Systems ist der Wettbewerb um Forschungs-Ressourcen und um Arbeitsstellen. Dieser Wettbewerb soll mittels „Bestenauslese“ sicherstellen, dass die am „besten geeigneten“ Wissenschaftler:innen im akademischen System bleiben und dieses gestalten können. Zur Feststellung, welche Kandidat:innen vermeintlich am besten geeignet sind, wird eine möglichst späte Selektion vorgenommen. Die Kandidat:innen müssen sich profiliert haben, um am Wettbewerb um die wenigen unbefristeten Stellen teilnehmen zu können.

»Mit einer mutigen Reform des WissZeitVGs kann ein erster Schritt hin zu einer nachhaltigen und gesunden Akademie in Deutschland erfolgen.«

Dieses System führt neben den drei schlaglichtartig betrachteten Spannungsfeldern zu einer Vielzahl weiterer Probleme, die miteinander verknüpft sind [23]. Im Zentrum dieser Spannungsfelder stehen die Arbeitsbedingungen in der Forschung und Lehre.

#IchBinHanna und #IchBinReyhan machen darauf seit zwei Jahren aufmerksam. Mit einer mutigen Reform des WissZeitVGs kann ein erster Schritt hin zu einer nachhaltigen und gesunden Akademie in Deutschland erfolgen. Grundlage einer solchen Reform muss eine frühere Aussicht auf eine Karriereperspektive im akademischen System sein.



Foto: MPI f. mol. Gen.

Zur Person

Michael Gerloff promoviert am Max-Planck-Institut für molekulare Genetik und engagiert sich bei SPDWissPol und NGAWiss.

Diese auf den Ergebnissen der Befragungen der Promovierenden und Promovierten basierende Forderung wird von einer ganzen Reihe von Organisationen und Gruppen unterstützt – im Einzelnen: NGAWiss, Max-Planck-PostdocNet, N2, GEW, verdi, DGB, freier Zusammenschluss von student*innen-schaften e.V. (fzs), Deutsche Gesellschaft für Juniorprofessur e.V. (DGJ), Bundeskonferenz der Frauen- und Gleichstellungsbeauftragten an Hochschulen (bukof), RespectScience e.V. [24], der SPD-Bundestagsfraktion [25], der Bundesarbeitsgemeinschaft Wissenschaft, Hochschule und Technologiepolitik von Bündnis90/Die Grünen [26] sowie aktuell mehr als tausend Professor:innen [27].

Trotz der Problemlagen und breiten Forderung nach einer mutigen Reform zeigt sich jedoch, dass die akademischen Entscheidungsträger:innen die Probleme der Promovierenden und Postdocs nicht wahrnehmen. Anders kann das Diktieren der Befristungsregelung für promovierte Wissenschaftler:innen durch die Allianz der Wissenschaftsorganisationen [28] im Referentenentwurf zur Reform des WissZeitVGs [29] nicht verstanden werden.

»Lest die Befragungen der Promovierenden und Postdocs und leitet daraus die dringend nötige Reform der deutschen Akademie ab!«

Mit der vorgeschlagenen Regelung der vierjährigen bedingungslosen Befristung nach der Promotion mit einer optionalen zweijährigen Verlängerung der Befristung inklusive Anschlusszusage wird weder der Wettbewerbsdruck verringert, noch eine breitere Entfristung der Menschen im Mittelbau erfolgen.

Viel eher ist davon auszugehen, dass künftig Postdocs die Akademie nach vier Jahren verlassen oder auf Drittmitteln weiter beschäftigt werden, bis sie berufbar sind. Es scheint, als hätten der gerade aus dem Amt geschiedene Ex-Präsident der Max-Planck-Gesellschaft Martin Stratmann und Helmholtz-Chef Otmar Wiestler ihren Rat an die Bundesregierung, vor der Reform des WissZeitVGs mit den Promovierenden und Postdocs zu sprechen, selbst missachtet.

Eine Reform des WissZeitVGs gegen die Bedürfnisse der Promovierenden und Postdocs trägt unweigerlich zur Verschärfung der Problemlagen im Mittelbau bei. Es sei daher allen beteiligten Akteuren angeraten: Lest die Befragungen der Promovierenden und Postdocs und leitet daraus die dringend nötige Reform der deutschen Akademie ab!

Referenzen

[1] <https://tinyurl.com/2p856wz7>
 [2] Allianz der Wissenschaftsorganisationen, <https://tinyurl.com/3s7snpcy>
 [3] V. Haucke, Laborjournal online, <https://tinyurl.com/2p8c973h>
 [4] M. Stratmann & O. Wiestler, Frankfurter Allgemeine Zeitung, <https://tinyurl.com/3dne6htm>
 [5] L. Böhm et al., Blog Jan-Martin Wiarda, <https://tinyurl.com/54hsmp6j>
 [6] DZHW, 2023, <https://tinyurl.com/3d7cycle8> & Max Planck PhdNet, <https://www.phdnet.mpg.de/n2>
 [7] Max Planck PhdNet Survey Report 2021, Fig. 4.1
 [8] Fiedler, D. et al., SSOAR, 2022, Fig. 3.4.3a und 3.4.3b, doi.org/kg52
 [9] Max Planck PostdocNet Survey Report 2022, Fig. C.1.A
 [10] Alexander-von-Humboldt-Stiftung, <https://tinyurl.com/mwkw637k>
 [11] Max Planck PhdNet Survey Report 2018, Fig. 4.2
 [12] → [11], Fig. 4.6
 [13] → [11], Fig. 4.7
 [14] Kuhnt, M. et al., NGAWiss, 2022, Tab. 9.1, <https://doi.org/kg52>
 [15] → [14], Abb. 9.3
 [16] Beispielsweise: T.M. Errington et al., Nat. Rev. Drug. Discov. 10: 712; C. Begley & L. Ellis, Nature 483: 531-3.
 [17] E.N. Satinsky et al., Sci. Rep. 11: 14370.
 [18] → [9], Fig. D.4
 [19] Max Planck PhdNet Survey Report 2020, Fig. 3.1
 [20] → [19], Fig. 3.3
 [21] Helmholtz Juniors N2 Survey-Report 2021, Fig. 5.1a-c
 [22] S. Hall, Nature 617:666-8
 [23] L. Böhm & M. Gerloff, Blog Jan-Martin Wiarda, 21.02.2023 & 01.03.2023, <https://tinyurl.com/2mf27n28> & <https://tinyurl.com/32e7affz>
 [24] NGAWiss, <https://tinyurl.com/2p9yh9sb>
 [25] C. Wagner, Blog Jan Martin Wiarda, <https://tinyurl.com/4ydt65a>
 [26] Bündnis 90/Die Grünen, <https://tinyurl.com/5xtpr4t>
 [27] 14.06.2023, <https://profsfuerhanna.de/>
 [28] Allianz der Wissenschaftsorganisationen, 30.03.2023, <https://tinyurl.com/537uprku>
 [29] BMBF, <https://tinyurl.com/ymzb95fh>

Wem nützen offene Daten? ...

VON LEONHARD HELD, ZÜRICH

... oder beschreiben wir das Problem mit: „Ihr wichtigster Mitarbeiter sind Sie selbst in sechs Monaten, aber ihr früheres Ich antwortet nicht auf E-Mails“

Die offene Wissenschaft beinhaltet viele Aspekte: von Open-Access-Publikationen über offene Daten bis hin zu „Citizen Science“ sowie einer Reform bei der Bewertung von Forschungsleistungen („Research Assessment Reform“). Ich möchte mich hier auf offene Daten konzentrieren – wobei Daten nicht nur Daten im engeren Sinne bedeuten, sondern auch Code und andere „Research Outputs“ wie etwa Software beinhalten kann.

Warum also soll man Daten offen publizieren?

Dafür gibt es viele Argumente. Zunächst ermöglichen offene Daten, dass die Leser einer wissenschaftlichen Publikation die Möglichkeit haben, die dort beschriebenen Ergebnisse zu reproduzieren. Ohne Daten und Code steht der Leser, aber auch der Gutachter, vor dem „inversen Problem“, aus der Publikation alleine die zugrunde liegenden Rohdaten und die Analyse rekonstruieren zu müssen. Im besten Fall sind die Daten vielleicht noch kurz zusammengefasst, etwa im berühmten „Table 1“ einer medizinischen Publikation, aber die zugrunde liegenden Rohdaten bekommt man sehr selten zu sehen. Gewisse Plausibilitätsprüfungen sind dann zwar vielleicht noch möglich, aber die Analyse tatsächlich zu reproduzieren, ist bei immer komplizierteren analytischen Verfahren (bis hin zu Machine Learning) schlichtweg unmöglich.

»Wenn die Daten verfügbar sind, muss der Forscher das Experiment oder die Studie nicht wiederholen, sondern kann auf die publizierten Daten zurückgreifen.«

Zweitens sind offene Daten aber vielleicht auch nützlich für andere Forscher. Möglicherweise gibt es andere interessante Aspekte, die bei der Primärpublikation nicht im Vordergrund standen. Wenn die Daten verfügbar sind, muss der Forscher das Experiment oder die Studie nicht wiederholen, sondern kann auf die publizierten Daten zurückgreifen.

Genau das ist die Idee von *ClinicalStudyDataRequest.com* oder *vivli.org*. Bei diesen Platt-

formen kann man über verfügbare Metadaten abklären, ob ein bestimmter Datensatz aus einer klinischen Studie für die eigene Forschungsarbeit nützlich sein könnte. Anschließend muss ein Antrag gestellt werden, in dem das Forschungsvorhaben beschrieben ist, um schließlich Zugang zu den – geeignet anonymisierten – Daten zu erhalten. Dieser „Restricted Access“ ist nötig, da klinische Daten häufig „sensitive“ persönliche Informationen enthalten. Noch einen Schritt weiter geht die individuelle Patientendaten-Metaanalyse, bei der Rohdaten aus mehreren Studien zusammengeführt und gemeinsam analysiert werden.

Ein weiterer Punkt ist, dass Forschung an Hochschulen und Forschungseinrichtungen meist durch öffentliche Gelder finanziert ist und es daher die durchaus nachvollziehbare Ansicht gibt, dass daraus entstandene Daten auch der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen sollten. Das Kurieren und Veröffentlichen von Daten wird daher inzwischen häufig als eigenständige Forschungsleistung angesehen, die zum Beispiel bei Forschungsanträgen genannt werden kann. Auch daher haben viele Repositorien die Möglichkeit, einen Datensatz mit einem „Persistent Identifier“ zu versehen, etwa einer URL mit einer DOI („Digital Object Identifier“).

Aus all den genannten Gründen steigt der Druck auf den Forschenden, Daten aus einem Forschungsprojekt zu veröffentlichen. Zum Beispiel verlangt die US-amerikanische Regierung, dass ab 2026 die Daten aus der gesamten öffentlich geförderten Forschung spätestens zum Zeitpunkt der Erstpublikation veröffentlicht werden [1].

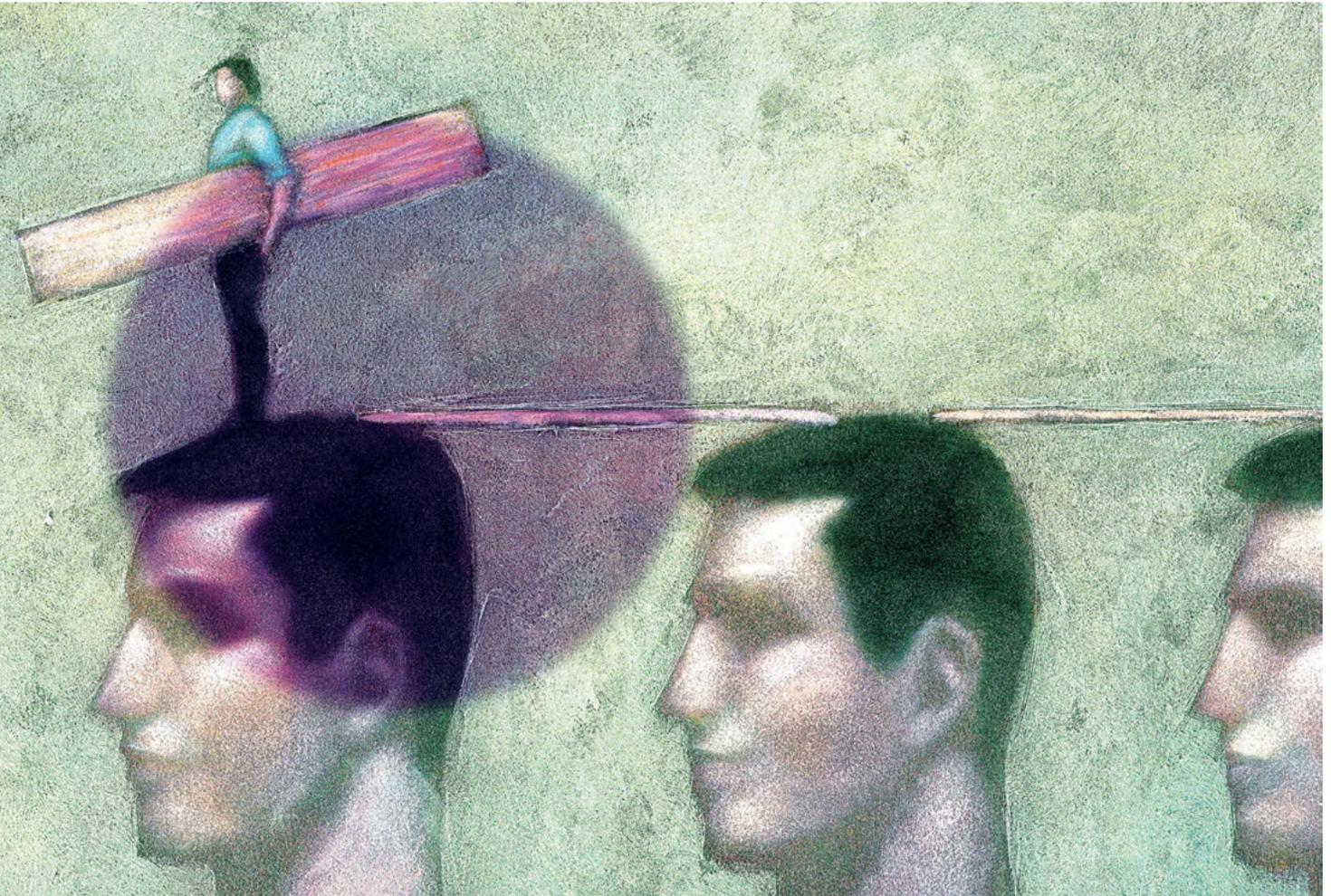
Allerdings klaffen hier Anspruch und Wirklichkeit noch weit auseinander. Das Teilen von Daten wird von vielen Forschern als etwas Lästiges angesehen – als noch eine zusätzliche bürokratische Hürde, die die vielgelobte Freiheit der Forschung weiter einschränkt. Einfacher ist es da doch, bei dem nötigen „Data



Sharing Statement“ in einer Publikation einfach, „Data are available on request“ oder noch besser „on reasonable request“ zu schreiben. Denn was „reasonable“ ist (oder nicht), entscheidet ja der korrespondierende Autor – also man selbst!

Da es aber kaum Anreize gibt, Daten bei einer Anfrage auch tatsächlich zu teilen, wird solchen Anfragen meist nicht nachgekommen. Im Rahmen einer kürzlich veröffentlichten Studie konnten die Autoren nur bei 7 Prozent von über 1.700 angefragten Publikationen Zugang zu den betreffenden Daten erhalten, ansonsten wurden die Anfragen ignoriert oder negativ beantwortet [2].

Warum ist das so? „Nach der Publikation ist vor der Publikation“ – vielleicht kann man aus dem Datensatz ja noch etwas extrahieren, was sich zu einer weiteren Publikation verwenden lässt? Warum sollte man daher die Daten mit anderen teilen? Am Ende macht noch ei-



ne andere Forschergruppe die entscheidende Entdeckung – und ich selbst, der die Daten in mühsamer Arbeit gesammelt hat, gehe leer aus. So oder ähnlich denken die meisten Forschenden leider immer noch, wohl auch beeinflusst durch den immensen Publikationsdruck, der auf ihnen lastet.

»Durch das Kurieren und Veröffentlichlichen von Daten erhöht man die Qualität und Aussagekraft der eigenen Studie.«

Dabei wird allerdings häufig ein wichtiger Aspekt des Teilens von Daten übersehen: Durch das Kurieren und Veröffentlichlichen von Daten erhöht man die Qualität und Aussagekraft der eigenen Studie, vermeidet Fehler – und stellt sicher, dass man später selber auf die Daten zurückgreifen und damit effizient arbeiten kann. Das möchte ich an einem Beispiel illustrieren:

Die Analyse einer randomisierten kontrollierten Studie zeigte einen positiven Effekt für Patienten mit chronisch obstruktiver Lungen-

erkrankung (COPD) und wurde 2018 prominent im angesehenen *Journal of the American Medical Association (JAMA)* publiziert [3]. Die Intervention war ein dreimonatiges Selbst-Managementprogramm durch COPD-spezialisierte Pflegekräfte; die Kontrollgruppe war normale Pflege. Die Studie ergab, dass die mittlere Anzahl der Krankenhauseinweisungen wie auch die Besuche in der Notaufnahme in der Behandlungsgruppe signifikant niedriger war als in der Kontrollgruppe (0,72 vs. 1,40, p-Wert=0,004).

Zehn Monate später wurde der Artikel jedoch zurückgezogen. Die Autoren hatten einen Programmierfehler in der Analyse des Datensatzes entdeckt [4]. Die Gruppenzuordnung (Intervention beziehungsweise Kontrolle) war fälschlicherweise vertauscht worden, sodass die korrekte Schlussfolgerung aus der Studie genau umgekehrt lautet: Im Durchschnitt waren es in der Interventionsgruppe 1,40 COPD-bedingte Krankenhauseinweisungen und Besuche in der Notaufnahme, in der Kontrollgruppe aber nur 0,72. Was zunächst wie ein positiver Behandlungseffekt erschien, verwandelte sich in ein signifikant schlechteres Ergebnis – ein wahrer Albtraum für die verantwortlichen Studienleiter! Den Fehler hat-

ten die Autoren selber entdeckt und dann die Datenanalyse vollständig wiederholt, indem sie diesmal von zwei Statistikern unabhängig durchgeführt wurde. Dabei wurden sogar noch weitere Fehler im Code gefunden, die auch korrigiert werden mussten. Letztlich resultierte daraus eine neue Publikation (wieder in *JAMA*), die den zurückgezogenen Artikel ein Jahr später ersetzte [5].

»Den Autoren dieser Studie gebührt daher ausdrücklich Lob dafür, dass sie den Fehler korrigiert und der Zeitschrift gemeldet haben.«

Nicht nur wegen dieser Arbeit muss man wahrlich kein Hellseher sein, um die enorme Dunkelziffer von Fehlern in wissenschaftlichen Artikeln abzuschätzen. Sehr häufig bleiben sie unentdeckt, oder – schlimmer noch – sie werden gar nicht berichtet. Den Autoren dieser Studie gebührt daher ausdrücklich Lob dafür, dass sie den Fehler korrigiert und der Zeitschrift gemeldet haben.

Etwas verblüffend war allerdings die Erklärung der Autoren, wie es zu der Verwechslung der Gruppen kam: Die Gruppenzugehörigkeit sei zunächst mit 1-2 codiert gewesen und wurde anschließend in eine 0-1-Variable umgewandelt. Dabei seien die beiden Studiengruppen vertauscht worden. Wieso sie nicht gleich mit einer Faktorvariable mit den aussagekräftigen Ausprägungen „Intervention“ und „Control“ gearbeitet hatten, ist nicht wirklich ersichtlich, dann hätte das Problem bereits im Keim erstickt werden können. Der Analyst war jedenfalls nicht verblindet, genauso wenig wie die Teilnehmer und behandelnden Ärzte in der Studie. Vermutlich war die Begeisterung über einen signifikanten Unterschied so groß, dass am Ende die Prüfung vergessen ging, ob der Effekt denn auch in die richtige Richtung zeigte. Die Umcodierung von 1-2 auf 0-1 kann dafür nicht der Grund gewesen sein, da ja weder die eine noch die andere Codierung deutlich macht, wofür diese Zahlen eigentlich stehen.

»Erst bei einer Sekundäranalyse des Datensatzes sind die Autoren selber auf die unzureichend dokumentierte Gruppenzugehörigkeit gestoßen.«

Womit ich zum Punkt komme: Stellen wir uns doch einmal vor, dass der Geldgeber der Studie, das gemeinnützige Patient-Centered Outcomes Research Institute, oder auch die Zeitschrift JAMA die Veröffentlichung von Daten und Code zum Zeitpunkt der Publikation verlangt hätte. Dann hätten die Daten vernünftig aufbereitet und alle Variablen in Metadaten erklärt werden müssen, genauso natürlich auch die Gruppenzugehörigkeit, am besten in Einklang mit den berühmten FAIR-Prinzipien [6]. Selbstverständlich sind klinische Daten sensitiv, aber glücklicherweise gibt es diverse Anonymisierungstechniken, um die Identifizierung der Studienteilnehmer zu verhindern und das Teilen von klinischen Daten zu ermöglichen [7]. Spätestens dann wäre der Fehler aufgefallen und korrigiert worden. Gleichzeitig hätte auch der Code geprüft und kom-



Foto: UZH / Stefan Walter

Zur Person

Leonhard Held ist Professor für Biostatistik, Leiter des Center for Reproducible Science und Open-Science-Delegierter der Universität Zürich.

mentiert werden müssen – und höchstwahrscheinlich wären die anderen Fehler auch bereits entdeckt worden.

Die Veröffentlichung von Daten und Code hat also einen nicht zu unterschätzenden Nebeneffekt: Die Qualität und Glaubwürdigkeit der eigenen Studienresultate erhöht sich. Wer will schon riskieren, dass ein Leser Fehler in der Analyse entdeckt? Das ist auch für die Autoren selber von Vorteil, wenn sie weitere Analysen mit dem Datensatz durchführen wollen: Ohne eine saubere Dokumentation und Kommentierung von Daten und Code versteht man ein paar Monate später häufig selbst nicht mehr, was genau in den Daten beschrieben ist und wie man genau auf die publizierten Ergebnisse gekommen ist, überspitzt gesagt antwortet ihr früheres Ich nicht auf E-Mails!

Das war letztlich auch bei dieser Studie der Fall. Erst bei einer Sekundäranalyse des Datensatzes sind die Autoren selber auf die unzureichend dokumentierte Gruppenzugehörigkeit gestoßen – und haben so den fatalen Fehler entdeckt, denn sie hatten ja Zugang zu Daten und Code [8].

JAMA verlangte übrigens das oben erwähnte „Data Sharing Statement“ auch bei dieser Publikation. Darin findet sich der übliche Satz, „Data summaries will be shared upon request“, gleichzeitig aber auch die vielsagende Bemerkung, dass die Verfügbarkeit der Rohdaten einer aufwändigen Anonymisierung bedürfe: „Removal of all identifiers, to protect the identities of participants, will require significant time and costs.“

Da fragt man sich dann doch, ob die nachträgliche Prüfung des gesamten Codes durch zwei unabhängige Statistiker nicht noch viel mehr Ressourcen verschlungen hat. Ganz zu schweigen von dem erheblichen Mehraufwand für die Autoren, die Zeitschrift – und schließlich auch für die betroffene Wissenschaftsgemeinschaft.

Referenzen

- [1] <https://www.whitehouse.gov/ostp/news-updates/2022/08/25/breakthroughs-for-all-delivering-equitable-access-to-americas-research/>
- [2] <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2022.05.019>
- [3] <https://doi.org/10.1001/jama.2018.17933>
- [4] <https://doi.org/10.1001/jama.2019.11954>
- [5] <https://doi.org/10.1001/jama.2019.11982>
- [6] <https://www.go-fair.org/fair-principles/>
- [7] <https://doi.org/10.1038/s41591-022-02080-y>
- [8] <https://doi.org/10.1016/j.conctc.2021.100838>



Optische Filter

Für die Fluoreszenzmikroskopie



Große Auswahl · Komplette Filter-Sets

www.ahf.de · info@ahf.de

Behinderte Wissenschaft

VON BERNHARD MÜLLER, MELBOURNE

Das deutsche Wissenschaftssystem rühmt sich hoher Standards hinsichtlich Gleichstellung und Diversität. Schaut man sich jedoch die Behindertenquoten von Forschungseinrichtungen an, offenbart sich hier ein „blinder Fleck“.

Die institutionalisierte Wissenschaft nimmt gerne für sich in Anspruch, für Weltoffenheit, Diversität und Gleichberechtigung zu stehen. Engagement für Diversität ist mittlerweile auch als ein Kriterium in der Forschungsförderung verankert. Die auf der Mitgliederversammlung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) 2022 beschlossenen „Forschungsorientierten Gleichstellungs- und Diversitätsstandards“ (<https://kurzelinks.de/3zbw>) haben einige Wellen geschlagen. Insbesondere betonten die neuen Standards, dass Diversität mehrere Dimensionen einschließen sollte, jenseits des Geschlechts etwa auch Alter, Internationalität und Behinderung.

Ob dieses mehrdimensionale Verständnis von Diversität in der Wissenschaft tatsächlich angekommen ist, bleibt jedoch zweifelhaft. Be-

sellschaft (3,13 Prozent). Weil das nichtwissenschaftliche Personal im Geiste eines „Ablasshandels“ mit eingerechnet wird, sind die Zahlen noch erheblich geschönt. Wo, wie bei der Leibniz-Gemeinschaft, aufgeschlüsselte Daten zum wissenschaftlichen Personal zur Verfügung standen, lag der Anteil der Behinderten beim wissenschaftlichen Personal lediglich bei einem Prozent.

Mit ihrem Antrag, die außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu einer Erhöhung des Behindertenanteils aufzufordern, ist die FDP-Fraktion damals gescheitert. Zum einen, so die ablehnende Mehrheit im Bundestag, sei dort durchaus Engagement für Teilhabe erkennbar, zum anderen gehe die Fixierung auf die 5-Prozent-Quote aufgrund der Altersstruktur des wissenschaftlichen Personals fehl. Letzteres Argument verkennt freilich, dass ein

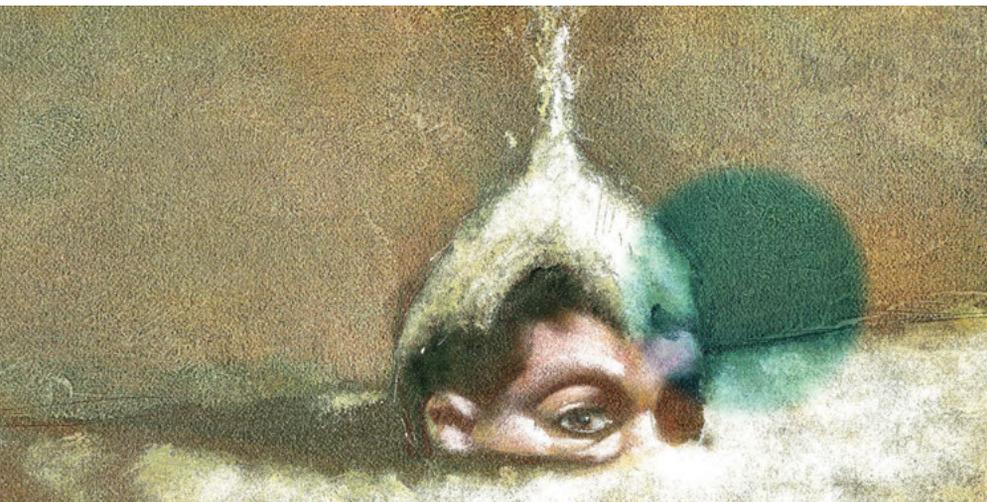
als privatrechtlich organisierter Verein nicht gebunden sehe, qualifizierte behinderte Bewerber zum Vorstellungsgespräch einzuladen, wie dies für öffentliche Arbeitgeber im juristischen Sinn vorgeschrieben ist.

»Ein Direktor sprach mir ab, dass meine Sehbehinderung eine Benachteiligung darstelle.«

In meinem eigenen Fachgebiet habe ich jüngst die außeruniversitären Institute im Rat Deutscher Sternwarten angeschrieben und um eine Aufschlüsselung des Behindertenanteils beim wissenschaftlichen Personal sowie gegebenenfalls um Auskunft über interne Zielquoten und Strategien zur aktiven Rekrutierung gebeten. Von den angeschriebenen dreizehn Adressaten kam bis dato eine einzige (!) Rückmeldung von einem staatlich finanzierten Institut. Dagegen schickte eine kleine, unabhängig finanzierte Sternwarte die erste Antwort – obwohl sie wegen ihrer geringen Mitarbeiterzahl der Behindertenquote nicht einmal unterliegt.

Wenn das Thema aber bei den gut ausgestatteten Instituten kaum auf dem Radar ist, wie soll dann Chancengleichheit für Behinderte erreicht werden? An ausreichendem Bewusstsein scheint es jedenfalls noch zu fehlen. Ein Direktor eines Max-Planck-Instituts hatte einst gar die Chuzpe, mir im persönlichen Gespräch abzusprechen, dass meine Sehbehinderung eine Benachteiligung darstelle, und sah sich auch nach Aufklärung über die ihm augenscheinlich unbekanntere rechtliche Lage in Deutschland nicht willens, sich zu korrigieren.

Fraglich ist allerdings, ob derlei Probleme auf die außeruniversitären Forschungseinrichtungen beschränkt sind. Obgleich als öffentlicher Arbeitgeber stärker reglementiert, fallen oft auch Hochschulen im Umgang mit Behinderten – seien es Studierende, seien es Bewerber – negativ auf. Als die Hochschule Lausitz vor zehn Jahren keine Sehbehinderten zum Studiengang Physiotherapie zulassen wollte und der Behindertenbeauftragte protestierte, wurde diesem fristlos gekündigt („Barrierefrei, aber ohne Behinderte“, taz vom 23.4.2013,



sonders die Dimension „Behinderung“ scheint ein blinder Fleck im deutschen Wissenschaftssystem zu sein. Ein Antrag der FDP-Bundestagsfraktion ([nachzulesen unter: https://kurzelinks.de/k0pp](https://kurzelinks.de/k0pp)) beleuchtete vor zwei Jahren die Situation der Schwerbehinderten an den außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Nicht nur verfehlten diese Einrichtungen deutlich die Mindestquote von fünf Prozent, sie blieben hinsichtlich des Anteils schwerbehinderter Beschäftigter auch spürbar hinter dem übrigen öffentlichen Dienst zurück. Schlusslicht waren hierbei die Leibniz-Gemeinschaft (2,67 Prozent) und die Fraunhofer-Ge-

Anteil von einem Prozent beim besten Willen keine adäquate Repräsentation darstellt, egal wie man den Anteil Schwerbehinderter und Gleichgestellter in der relevanten Kohorte (etwa unter Studierenden, siehe dazu: „Datenhebung zur Situation Studierender mit Behinderung und chronischer Krankheit 2011“, <https://kurzelinks.de/cfw2>) erfasst – und selbst wenn man Unsicherheiten in der Statistik miteinbezieht. Und inwiefern das Engagement der außeruniversitären Forschungseinrichtungen über Lippenbekenntnisse hinausgeht, ist fraglich. Die Max-Planck-Gesellschaft teilte auf Anfrage beispielsweise offen mit, dass sie sich

Laborjournal
30. Jahrgang | Heft 7-8/2023

gegründet 1994
 von Hanspeter Sailer † und Kai Herfort

ISSN: 1612-8354
 Einzelpreis: 3,90 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, Henrik Müller,
 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)
 Henrik Müller (-29 25 887)
 E-Mail: redaktion@laborjournal.de

Titelbild:

Illustration: Tim Teebken
 Bearbeitung: Kai Herfort

Ständige MitarbeiterInnen:

Ulrich Dirnagl, Rafael Florés, Kathleen
 Gransalke, Karin Hollricher, Tobias Ludwig,
 Sigrid März, Andrea Pitzschke,
 Mario Rembold, Maike Ruprecht,
 Chris Schlag, Larissa Tetsch

Bankverbindung:

Volksbank Freiburg
 IBAN: DE24 6809 0000 0003 1903 15
 BIC: GENODE61FR1

<https://kurzelinks.de/nibp>). Dass der Vorgang ausgerechnet eines der traditionellen Berufsfelder dieser Gruppe betraf, macht ihn umso bestürzender.

In Bewerbungsverfahren ist es durchaus verbreitete Praxis, geeignete behinderte Bewerber zunächst pflichtgemäß einzuladen, um sie dann möglichst gründlich schlechtzumachen, damit ja nicht der Eindruck gleicher Eignung entsteht. Wohl wissend, dass im Falle eines Konkurrentenstreits entweder der abgelehnte Bewerber oder der Steuerzahler für die Kosten einsteht sowie dass Gerichte bisweilen lieber die absurdesten Falschbehauptungen schlucken, als einen versuchten Prozessbetrug zu erkennen, ist manche Berufungskommission sich dabei für keine Bosheit zu schade.

Einen besonders eklatanten Fall hat der Verfasser vor einiger Zeit selbst erlebt. Dabei wurden unter anderem die Verfahrensakte nachträglich manipuliert sowie neue Auswahlkriterien zurechtgeschneidert. Geschähe Vergleichbares mit einem Laborbuch, wäre der Skandal groß.

Auch im Bereich der Hochschulen schlägt sich eine derartige „Kultur“ in der Statistik nieder. So war in Baden-Württemberg im Jahre 2015 ausgerechnet das Wissenschaftsressort (mit den angeschlossenen Hochschu-

» und bisweilen wohl auch der Unmut darüber, dass bei akademischen Kungeleien Vorschriften aus dem Behindertenrecht in den Weg zu kommen drohen.

»Eine Erweiterung des Diversitätsbegriffs in der Wissenschaft ist in dieser Hinsicht überfällig.«

Wenn in manchen Köpfen die Vorstellung herumspukt, Behinderung sei eine „weniger wichtige“ Benachteiligung, so könnte dies tatsächlich nicht weiter an der Wirklichkeit vorbeigehen. Erhellend sind etwa Zahlen zur Situation von Sehbehinderten im Vereinigten Königreich aus dem Jahre 2017 („Employment status and sight loss 2017“, <https://kurzelinks.de/8q1l>). Dort lag die Erwerbsquote von Sehbehinderten mit Hochschulabschluss (!) mit 64 % noch unter der von Frauen in der Gesamtbevölkerung. Dass hier Handlungsbedarf besteht, sollte nicht bezweifelt werden.

Die von der DFG angestoßene Erweiterung des Diversitätsbegriffs in der Wissenschaft ist in dieser Hinsicht überfällig – und es bleibt zu hoffen, dass sie Früchte trägt. Allerdings ist die Initiative der DFG auch ein zweischneidiges Schwert. Denn beispielsweise birgt die Empfehlung, dass „jede Einrichtung anhand ihres eigenen, individuellen Profils Schwerpunkte setzen“ sollte, das erhebliche Risiko, dass Chancengleichheit für Behinderte in der Prioritätenliste an die letzte Stelle rutscht – in der Hoffnung, es mögen sich andere darum kümmern.

Auf verdienstvolle Initiativen wie das PROMI-Projekt („Promotion inklusive“; siehe dazu auch „Mehr als exzellente Forschung und Lehre“, *Forschung & Lehre* 10/2017, <https://kurzelinks.de/uxwg>) müsste vielmehr ein allgemeiner Kulturwandel folgen. Problematisch ist auch, dass sich eine Art „Parallelrecht“ für den Wissenschaftsbetrieb etablieren könnte, welches das schon jetzt dürrt umgesetzte staatliche Schwerbehindertenrecht noch weiter aushöhlen würde. Aus Betroffenen­sicht wäre es möglicherweise zielführender, staatliche Kontrollmechanismen zur Einhaltung des Schwerbehindertenrechts zu stärken. Denn seit vor fast fünfzig Jahren aus dem Schwerbeschädigtengesetz ein allgemeines Schwerbehindertengesetz wurde, hatte der Wissenschaftsbetrieb genug Zeit, sich in der weitgehend eigenständigen Umsetzung zu bewähren. Eine wirkliche Verbesserung der Verhältnisse muss wohl von außen angestoßen werden.



Foto: privat

Zur Person

Bernhard Müller
 ist Associate Professor an der School of Physics and Astronomy der Monash University in Melbourne, Australien.

len) Schlusslicht unter den Ministerien beim Behindertenanteil – vor dem Kultusministerium und dem Rechnungshof, die ebenfalls die 5-Prozent-Quote verfehlten (<https://kurzelinks.de/hz1l>).

Erst mit dem kombinierten Blick auf die Statistiken und auf persönliche Erfahrungen kann man wirklich ermessen, wie sehr es im Wissenschaftsbetrieb oftmals im Umgang mit Behinderten hakt. Es ist nicht einfach zu erfassen, worin die Gründe hierfür liegen, aber einige Defizite scheinen weit verbreitet:

» Schlichte Ignoranz über die Situation Behinderter und die rechtliche Lage,

» die Hybris arrivierter „Platzhirsche“, behinderungsbedingte Nachteile aus ihrem Tunnelblick heraus besser einschätzen zu können als die Betroffenen selbst und die zuständigen staatlichen Stellen,

Synthetische Embryonen im deutschen Recht

IM GESPRÄCH MIT NILS HOPPE, HANNOVER

Embryoide fallen weder unter das Embryonenschutzgesetz noch unter das Stammzellgesetz, wenn sie aus somatischen menschlichen Zellen erzeugt sind. Medizinethiker Nils Hoppe wirbt für eine zeitgemäße Gesetzgebung mit individuellem Ermessensspielraum.

Das Verbot, Menschen zu klonen, bedeutet nichts mehr, erklärte Embryologe Michele Boiani in *LJ* 1-2/2023, S. 16. Er bezog sich dabei auf neue Methoden, mit denen Forscher embryoähnliche Entitäten auch jenseits von Meiose und Keimbahn erzeugen. Dabei erläuterte er, wie sich über induzierte pluripotente Stammzellen (iPS-Zellen) Gameten und Embryoide generieren lassen.

Die Labore von Magdalena Zernicka-Goetz in Cambridge, Großbritannien, sowie Jacob Hanna in Rehovot, Israel, veröffentlichten im Juni 2023 Preprints, in denen sie embryoähnliche Konstrukte vorstellen (*bioRxiv*, doi.org/kg5m und *bioRxiv*, doi.org/kg5n). Diese sind nicht durch Befruchtung entstanden, sondern aus Stammzellen erzeugt und sollen viele Aspekte natürlicher Embryonen widerspiegeln. Vor einigen Monaten hatten beide Forscherteams bereits ähnliche Ergebnisse zu Mäuse-Embryoiden publiziert; diesmal aber kamen menschliche Zellen zum Einsatz.

Häufig ist bei diesen Modellen die Rede von „synthetischen Embryonen“ die Rede. Doch wie ähnlich ist solch ein Embryoid einem natürlich entstandenen Embryo? Welche ethischen Fragen stellen sich? Und wie könnte man in Deutschland eine bessere und zukunftssichere Gesetzgebung implementieren, die mit dem wissenschaftlichen Fortschritt der Embryologie Schritt hält? Das hat *Laborjournal* den Medizinethiker Nils Hoppe gefragt.



Laborjournal: Das deutsche Recht untersagt es, Menschen zu klonen und embryonale Stammzellen aus neu gewonnenen Embryonen für die Forschung zu verwenden. Generiert man embryoähnliche Gebilde aber aus menschlichen Körperzellen greifen diese Regelungen nicht. Ist es also weniger relevant, womit ich arbeite, sondern auf welche Art und Weise die Struktur erzeugt wurde?

Nils Hoppe » Ja, man merkt der Gesetzgebung in Deutschland eine gewisse Hilflosigkeit an. Wir haben einen Gesetzestext, der im Falle des Embryonenschutzgesetzes schon über 30 Jahre alt ist. Wir sprechen da von einem Strafgesetz, und Strafgesetze sind ganz besonders unflexibel. Bei anderen Instrumenten hat man Interpretationsspielräume, wenn sich Technologien ändern. Die kann man dann im Sinne des Gesetzgebers auslegen. Bei Strafgesetzen ist das explizit nicht möglich. Deswegen haben wir in diesem Fall eigentlich eine Festlegung des wissenschaftlichen Standes der 1990er-Jahre. Insofern überrascht es nicht, dass wir jetzt im Jahr 2023 hier sitzen und feststellen: Irgendwie passt das nicht.

Gleichzeitig gibt es das Stammzellgesetz, das auch dann gilt, wenn mit Material aus menschlichen Embryonen gearbeitet wird. Zernicka-Goetz und Hanna verwenden in vielen ihrer Studien Material, das aus einer embryonalen Zelle stammt. Diese Konstellation ist in Deutschland nach dem Stammzellgesetz weiterhin verboten.

Zur Person

Nils Hoppe ist Geschäftsführender Leiter des Centre for Ethics and Law in the Life Sciences (CELLS), Lehrstuhlinhaber für Ethik und Recht in den Lebenswissenschaften und seit 2023 Dekan für Forschung an der Philosophischen Fakultät der Leibniz Universität Hannover. Seine Arbeitsschwerpunkte befinden sich an der Schnittstelle zwischen Gesundheits- und Forschungsethik.

Foto: Junge/Universität Hannover

Es sei denn, man verwendet Embryonen, die vor einem Stichtag im Jahre 2007 entstanden sind ...

Hoppe » Dann müsste es eine der wenigen verbleibenden embryonalen Stammzellquellen sein, die vor diesem Stichtag hergestellt oder importiert wurde. Das ist natürlich albern und findet auch nicht mehr statt. Es gibt einen guten Grund dafür, warum die führenden Embryonale-Stammzellen-Forscher und -Forscherinnen nicht an einem Max-Planck-Institut in Deutschland arbeiten sondern im Ausland.

»Man merkt der Gesetzgebung in Deutschland eine gewisse Hilflosigkeit an.«

Sehen Sie in den aktuellen Entwicklungen, für die die Gruppen von Zernicka-Goetz und Hanna exemplarisch stehen, etwas fundamental Neues? Oder hat sich das alles in den letzten zehn Jahren irgendwie abgezeichnet?

Hoppe » Ich glaube schon, dass es sich abgezeichnet hat. Vielleicht nicht vor zehn Jahren, aber ich würde sagen, seit 2018 war für mich erkennbar, wohin die Reise geht. Gesellschaftlich haben wir darauf nicht gut reagiert, denn es gibt keine dauerhafte Debatte darüber, keinen wirklichen Austausch im Gesellschaftsleben, um die unterschiedlichen Positionen besser zu verstehen. Mir wäre wichtig, zu diskutieren, was wir hier eigentlich versuchen zu schützen. Mit welcher Praxis oder mit welchen wissenschaftlichen Entitäten haben wir denn eigentlich Schwierigkeiten?

Ursprünglich sagte man: Ein Embryo ist eine Vorstufe zu einem Menschen, und daraus ergibt sich ein besonderer moralischer Status. Außerdem wird in Deutschland die Diskussion in der Literatur häufig am Würdebegriff festgemacht. Wir sagen dann, dass bei einem Embryo schon eine Art Vorstufe einer Würde vorhanden ist, weil er zu unserer Spezies gehört und die Potentialität hat, zu einem Menschen zu werden. Ein scharfes Embryonenschutzgesetz sollte verhindern, dass eine Art Industrie um die Herstellung von Embryonen entsteht – damit zum Beispiel eine Kinderwunschklinte nicht zehn oder zwölf Embryonen her-

stellt, wenn im Schnitt nur sechs für ein erfolgreiches Ergebnis gebraucht werden, und die überschüssigen Embryonen dann nicht der Forschungsindustrie zugeführt werden.

Es wird dann oft argumentiert, ein Embryo solle nicht als Mittel zum Zweck verwendet werden, weil das nicht mit seiner Würde vereinbar sei. Ich sehe das aber kritisch. Was passiert denn in Deutschland mit überschüssigen Embryonen aus der Kinderwunschbehandlung? Die werden entsorgt. Vernichtet. Da finde ich die Argumentation schwierig, dass das würdevoller sei als eine Verwendung in der Forschung.

»Es gibt einen guten Grund dafür, warum die führenden Embryonale-Stammzellen-Forscher und -Forscherinnen nicht an irgendeinem MPI in Deutschland arbeiten, sondern im Ausland.«

Um auf die Frage zurückzukommen, ob wir es mit etwas Neuem zu tun haben: Wissenschaft produziert am laufenden Band neue Dinge, mit denen wir uns auseinandersetzen müssen. Wir hatten ähnliche Diskussionen, als die ersten Mensch-Tier-Mischwesen für die Xenotransplantation aufkamen wie etwa Schweine-Embryos, die mit humanen iPS-Zellen versehen wurden, um ein Tier mit menschlicher Leber oder menschlichem Herz zu produzieren. Diese Experimente laufen schon seit vielen Jahren auch in großen Sonderforschungsbereichen in Deutschland. Damals waren Schweine-Embryonen mit menschlichen Zellen auch etwas Neues.

Was mir aber nicht einleuchtet: Entweder gibt es für frühe Embryonen einen hohen ethischen Schutzstatus, und dann sollte er universell gelten – oder es gibt ihn nicht, aber dann müsste man auch nicht einschränken, wofür diese Embryonen verwendet werden dürfen. Könnten Sie aus Sicht eines Bioethikers erläutern, warum man hier dennoch weiter differenziert?

Hoppe » Die Diskussion ist natürlich komplex, und die fachkundigen Kommentatoren sind sich auch nicht einig. Der moralische Status bewegt sich auf einer Art Spektrum, an dessen Anfang die Keimzellen und an dessen Ende der nicht mehr einwilligungsfähige, weil vielleicht demente oder komatöse, Mensch stehen. Auch ein verstorbener Mensch, der einem Begräbnis zugeführt werden soll, hat in Deutschland noch eine nachstrahlende Würde. Denken Sie an die „Störung der Totenruhe“. Und auch am Anfang dieses Spektrums schüt-



zen wir diese Materialien, weil sie eine Potentialität haben. Hier gibt es die 14-Tage-Regelung, bis sich der Primitivstreifen ausbildet. Ab dann können wir sagen: Dieser Embryo entwickelt sich zu einer Person; vorher wissen wir ja nicht, ob daraus vielleicht zwei oder

»Je spezifischer ein Gesetz zu Technologie, Wissenschaft oder Medizin formuliert ist, desto wahrscheinlicher ist es schnell ungeeignet für seinen Zweck.«

drei Menschen werden. Damit haben wir eine nützliche moralische Kategorie. Dieser moralische Status nimmt mit der Zeit zu, denn es ist etwas anderes, ob wir es mit einer Blastocyste oder einem Fötus zu tun haben. Die Chance, dass daraus eine Rechtsträgerin oder ein Rechtsträger wird, steigt.

Erinnern Sie sich an das Erlanger Baby? Eine werdende Mutter war damals verunglückt und nicht mehr zu retten. Aber in der Rechtabwägung hat man gesagt: Wir versuchen, die Frau möglichst lange mechanisch zu beatmen, damit das Kind vielleicht per Kaiserschnitt zur Welt kommen kann. Da überwiegt dann auf einmal der Schutz des ungeborenen Lebens gegenüber der Würde der sterbenden Frau.

Solche Grenzen normativ festzulegen, wird natürlich zu einer Herausforderung, wenn jetzt eine neue Entität auftaucht, die einem Embryo ähnlich ist. Ist das jetzt etwas normativ Neues? Sind die Entitäten so gleich, dass wir sie gleich behandeln müssen?

Wenn vor dem 14. Tag noch keine Individualität gegeben ist: Warum dürfen diese frühen Embryonen zwar für die künstliche Befruchtung erzeugt und überzählige Embryonen produziert, nicht aber für die Forschung verwendet werden? Der ethi-

sche Status eines Embryos ändert sich doch nicht durch den Verwendungszweck, und in beiden Fällen gehen überzählige Embryonen letztlich verloren ...

Hoppe » Weil hinter einer Kinderwunschbehandlung die Absicht steht, Leben zu erzeugen. Das ist im Interesse des Embryos, während es nie im Interesse eines ungeborenen Kindes sein kann, gar nicht erst geboren zu werden.

»Es wäre eine Überreaktion, wenn wir Embryonen und neue Embryoid-Modelle sofort gleichsetzen würden.«

Die 14-Tage-Grenze gilt auch für die Forschung an Embryoiden – also embryoähnlichen Gebilden, die nicht über die Keimbahn entstanden sind, sich aber ähnlich entwickeln. Allerdings liegt dem nur eine Leitlinie der International Society for Stem Cell Research (ISSCR) zugrunde, oder hat das in einigen Ländern auch gesetzliche Wirkung?

Hoppe » In Wissenschaft und Medizin haben Guidelines immer einen starken normativen Charakter. Leitlinien haben sehr wohl Gewicht, auch wenn sie nicht vom Gesetzgeber produziert sind. Ein Beispiel hierfür ist die Deklaration von Helsinki: Diese ethischen Grundsätze für die medizinische Forschung am Menschen hat sich die Weltärzteschaft ausgedacht, und es ist erstmal nichts, was Gesetzeskraft entfaltet. Aber als Arzt in Deutschland würde ich meine Approbation verlieren, wenn ich mich nicht an die Deklaration hielte. Das käme einem Berufsverbot gleich. Und Ähnliches gilt auch für diese technischen Guidelines.

Juristisch gibt es aber keine Einschränkung für den Umgang mit Embryoiden, die aus menschlichen Körperzellen gewonnen wurden?

Hoppe » Es gibt immer einen Regulierungsrahmen. Die Frage ist nur, wie gut dieser Rahmen passt. Wenn es um Material aus iP5-Zellen geht, dann wären die Bestimmungen des Stammzellgesetzes, die die Einfuhr und Verwendung embryonaler Stammzellen in Deutschland verbietet, nicht einschlägig – denn darin ist ganz spezifisch von embryonalen Zellen die Rede. Nun kommt es darauf an, wofür so eine embryoähnliche Entität hergestellt wird. Soll sie im Rahmen einer Kinderwunschbehandlung in einen Menschen eingesetzt werden? Dann wäre unter anderem die nationale Umsetzung der Geweberichtlinie einschlägig. Darin ist geregelt, wie aus

menschlichen Zellen hergestellte Produkte im Menschen verbraucht werden dürfen. Für die Forschung ist die Einordnung hingegen schwieriger. Aber auch da arbeitet man ja mit humanen Materialien, und auch iP5-Zellen sind ja nicht regulierungsfrei zu verwenden. Da stellen sich die üblichen Fragen nach der Einwilligung des Spenders, dem die Zellen entnommen wurden.

Es gibt also relativ viele Bestimmungen, die man beachten muss, wenn man mit humanen Biomaterialien arbeitet. Nur weil das Embryonenschutzgesetz und das Stammzellgesetz nicht einschlägig sind, bewegen wir uns nicht in einem regulatorischen Vakuum.

Meiner Meinung nach wäre es eine Überreaktion, wenn wir sofort eine Gleichsetzung zwischen Embryonen und diesen neuen Modellen unterstellen würden. Wir müssen uns fragen, ob die Entität, mit der wir es hier zu tun haben, tatsächlich das ist, was der Gesetzgeber damals erfassen wollte. Und meine Intuition ist, dass das nicht der Fall ist.

Aber glauben Sie nicht, dass es nur eine Frage der Zeit ist, bis diese neuen Entitäten über weite Stadien hinweg nicht mehr von einem klassischen menschlichen Embryo unterscheidbar sind?

Hoppe » Doch, da bin ich relativ sicher. Ich glaube, dass die moralische und juristische Diskussion noch einmal neu geführt werden muss, falls wir an den Punkt kommen, so etwas implantieren zu können, sodass sich daraus ein normaler Mensch entwickelt. Denn dann könnte man mit dieser Methode faktisch Menschen klonen.

Aber wir müssen die Kirche im Dorf lassen. Im Augenblick reden wir über Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die die Grundlagen der Embryogenese erforschen. Sie haben jetzt ein Modell produziert, mit dem sie ihre Embryonenforschung betreiben können, ohne überzählige Embryonen zu verbrauchen. Man könnte die Sache auch umdrehen und sagen: Das Ganze hat eine positive ethische Bilanz.

»Leitlinien haben Gewicht, auch wenn sie nicht vom Gesetzgeber produziert sind.«

Ich glaube, wir sollten auch wissenschaftsfreundlicher argumentieren. Diese Leute wollen ja nicht frankensteinartig irgendwas züchten. Zernicka-Goetz und Hanna wollen Kinderwunschbehandlungen explizit sicherer und erfolgreicher machen. Jeder, der sich mit dem Thema auskennt, weiß, welche immense Belastung es für kinderlose Paare mit Kinderwunsch bislang ist, solch ein Verfahren zu durchlaufen.



Hätten Sie einen Vorschlag für eine gesetzliche Grundlage, die zwar forschungsfreundlich ist, aber Missbrauch gleichzeitig unterbindet?

Hoppe » Je spezifischer ein Gesetz zu Technologie, Wissenschaft oder Medizin formuliert ist, desto wahrscheinlicher wird es relativ schnell ungeeignet für seinen Zweck sein. Ein geeigneter regulatorischer Rahmen bleibt abstrakt und benennt, welche Ergebnisse wir verhindern wollen. Wir könnten zum Beispiel sagen, dass wir das Klonen von Men-



in Aufruhr, weil sie nicht wussten, ob CRISPR/Cas ein GMO im Sinne der Richtlinie produziert. Solche Fortschritte kann nur eine abstrakte Gesetzgebung antizipieren, die Ermessensspielräume öffnet. Solche Ansätze gibt es zum Beispiel in Großbritannien.

Was genau machen die Briten, woran wir uns ein Beispiel nehmen könnten?

Hoppe » In Großbritannien gibt es solch eine abstrakte Gesetzgebung mit individuellen Interpretationsspielräumen. Die dortige Human Fertilisation Embryology Authority (HFEA) reguliert und überwacht alle Kliniken in Großbritannien, die *In-vitro*-Fertilisationen oder Inseminationen durchführen, sowie alle Samen-, Eizellen- und Embryo-Banken des Landes. Außerdem genehmigt und überwacht sie die gesamte britische Forschung an menschlichen Embryonen. Im Einzelfall vergibt die Behörde dann Lizenzen für bestimmte Arbeiten im Kontext der Embryologie. Das macht sie wissenschaftsgeleitet. Sie macht Kosten-Nutzen- und Risiko-Nutzen-Abwägungen und holt sich Expertise aus Wissenschaft, Ethik und Recht dazu. Sie lässt sich im Zweifelsfall auch mal verklagen, um richterlich zu klären, was gesetzlich möglich ist und was nicht.

Am Ende kann die HFEA individuell auf Einzelfälle reagieren, und trotzdem gibt es einen Regulierungsrahmen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wissen, dass sie mit einem gut formulierten Antrag bei der HFEA eine Lizenz für ihre Arbeit bekommen können. Das gilt auch im klinischen Kontext. Zum Beispiel gab es dort den Fall eines Drei-Eltern-Kindes im Rahmen einer experimentellen HFEA-Lizenz. Diese wurde vergeben, da klar war, dass ein Kind der Eltern einen Mitochondriendefekt hätte, der zu seinem frühen Tod führen würde. Also hat man die Mitochondrien aus der Eizelle entfernt und intakte Mitochondrien einer Spenderin eingesetzt, bevor das genetische Material des Mannes hinzukam. Eine solche Kinderwunschbehandlung mit einer Mitochondrienspende wäre in Deutschland nicht ansatzweise möglich, weil unser Regulierungsrahmen dafür zu rigid ist.

Deutschland sollte also nicht das Klonen über ausformulierte Definitionen verbieten, sondern zum Beispiel sagen: Ein menschlicher Embryo, der zur Entwicklung gebracht wird, muss aus Samen- und Eizelle menschlicher Spender entstehen – und alles darüber hinaus muss im Einzelfall durch eine Behörde analog der HFEA geprüft werden?

Hoppe » Das wäre ein vernünftiger Ansatz, um Ermessensspielräume zu öffnen. Starre Verbote sollten wir jedenfalls vermeiden. Wir

sollten dabei allerdings auch das sogenannte Collingridge-Dilemma im Hinterkopf haben: Wenn eine neue Technologie kommt, wissen wir noch nicht genug über ihre gesellschaftlichen Auswirkungen, um sie adäquat zu regulieren. Und sobald wir über dieses Wissen verfügen, ist es meist zu spät für eine Regulierung. Das hat zum Beispiel im Umweltrecht zum Vorsorgeprinzip geführt. Man verbietet erst einmal alles und öffnet dann ganz vorsichtig Türen, um sich an die Evidenz heranzutasten. Auch bei den Tierversuchen verfahren wir so. Wir sagen: Tierversuche sind verboten – es sei denn, ihr rechtfertigt den Tierversuch und erklärt den Zweck dahinter. Auf Basis eines solchen Tierversuchsantrags kann man dann ausnahmsweise eine Erlaubnis bekommen. So ein ähnliches Modell kann ich mir hier auch vorstellen.

»Man könnte die Sache auch umdrehen und sagen: Das Ganze hat eine positive ethische Bilanz.«

Ethikkommissionen prüfen hierzulande ja ohnehin Forschungsvorhaben, sobald menschliche Materialien oder Wirbeltiere involviert sind. Braucht es da überhaupt explizite Gesetze, solange diese Mechanismen funktionieren?

Hoppe » Wir haben die klinischen Ethikkomitees und die Forschungsethikkommissionen, und bei beiden gibt es eine gewisse Unterregulierung. Die geben sich ihre eigenen Spielregeln, wie sie zu Ergebnissen kommen. Im Wesentlichen sind das Leute, die ehrenamtlich oder nebenamtlich tätig sind. Derzeitig wäre es eine Zumutung für sie, wenn sie eine zusätzliche Aufgabe wahrnehmen müssten. Hinzu kommt die lokale Ausrichtung: Eine Ethikkommission in Ulm hat unter Umständen keine Ahnung, was eine Ethikkommission in Kiel in solch einer Situation schon mal entschieden hat. Das System muss aber prozedural fair sein. Ähnlich gelagerte Fälle müssen ähnlich entschieden werden. Und dafür brauchen wir einen systematischen Überblick.

Also braucht es sehr wohl eine Gesetzgebung als Orientierung?

Hoppe » Ja, allein schon aus dem Grund, weil unsere derzeitige gesetzliche Orientierung nicht gut funktioniert. Wir sollten sie durch etwas Besseres ersetzen. Da wäre mein Plädoyer, einen innovationsfreundlichen Rahmen mit vielen Ermessensspielräumen zu gestalten. Und dass wir dann darüber sprechen, auf welche Art und Weise wir diese Ermessensspielräume kontrollieren.

Interview: Mario Rembold (27.06.2023)

schen nicht wollen – egal mit welcher Technologie. Dazu müssten wir im Abstrakten definieren, was für uns einen Klon ausmacht.

Wir hatten ein ähnliches Problem in der EU-Regulierung der genetisch modifizierten Organismen (GMO). Die entsprechende Richtlinie hat einen Anhang, in der wirklich die einzelnen Technologien aufgezählt sind, die ein GMO produzieren. Dann kam CRISPR/Cas und auf einmal haben wir eine Technologie, die nicht transgen arbeitet, aber doch irgendwie eine Modifikation herbeiführt. Und alle waren

Ist die Evolutionstheorie noch zu retten?

FRAGT CHRISTOPH PLIETH, KIEL (... UND DIETHARD TAUTZ, PLÖN, ANTWORTET AB SEITE 50.)

Die Evolutionstheorie ist umstritten. Man sollte daher ihre Schwächen in den Fokus nehmen – auch um sie resilienter gegenüber religiös gefärbten und pseudowissenschaftlichen Anfechtungen zu machen. Generell erfahren Theorien breite Akzeptanz und Anerkennung, wenn sie in präziser Sprache verfasst sind, dem Prinzip der minimalen Beschreibungslänge folgen und auf gut nachvollziehbaren „Sets“ mit jeweils wenigen notwendigen und hinreichenden Grundsätzen beruhen. Eine derart strukturierte Evolutionstheorie würde so manches Paradigma ihrer Gegner entkräften.

(Die im folgenden Text erwähnten Anmerkungen samt der zugehörigen Referenzen finden sich in der Online-Version dieses Essays unter: laborjournal.de/essays/essays2023/e23_11.php)

Um die Antwort auf die Frage im Titel gleich vorwegzunehmen: Ja, natürlich ist noch was zu retten! Aber die Fragen, die hier zunächst beantwortet werden sollen, sind: Warum überhaupt muss sie gerettet werden? Und: Wie gut ist die Evolutionstheorie?

Die Frage, die die Evolutionsbiologie schon seit langem mit einer Evolutionstheorie beantworten möchte, ist: „Wie kam es eigentlich zu der ungeheuren Entfaltung von Vielfalt und Komplexität in der belebten Natur, wie wir sie heute erleben?“ Ein echter Durchbruch zur Beantwortung ist nicht in Sicht. Die Dialektik in den Lebenswissenschaften scheint in diesem Punkt vergleichsweise träge zu sein.

Um zu erkennen, wie dringend notwendig eine Beschleunigung insbesondere in der Evolutionsbiologie ist, hilft ein Blick auf ihre offenen Fragen, die zum Teil schon vor Jahrzehnten gestellt wurden. Die Liste ist nahezu endlos. Hier eine kleine Auswahl:

» Welche Lern- und Rückkopplungsprozesse sind notwendige Antriebsfedern für Evolution?

» Ist der von Darwin begründete Gradualismus der Zeitgeber im Evolutionsgeschehen oder sind es eher saltatorische Ereignisse? [– Anm. #01: *Natura non facit saltus* ?]

» Bringt die Evolution unter vorgegebenen Umweltbedingungen zwangsläufig immer die gleichen konvergenten Anpassungen hervor? Oder mit anderen Worten: Wie deterministisch ist die natürliche Evolution lebender Systeme?

Diese Fragen und viele weitere liegen dank intensiver Forschung auf dem Tisch [– Anm. #02: *Unbeantwortete und unbeantwortbare Fragen der Evolutionsbiologie*]. Aber die Evolutionstheorie trägt erstaunlich wenig dazu bei, sie zu beantworten. Liegt es vielleicht an ihrer Sprache oder an ihrer Struktur?

Einerseits war es noch nie so spannend, sich mit Evolution auseinanderzusetzen: Seit Darwin war die Produktivität der Evolutionsfor-

schung nicht so hoch wie heute. Rasant wächst die Menge neuer Daten und Erkenntnisse aus ganz unterschiedlichen Forschungsfeldern, die die natürliche Evolution der Biosphäre belegen sowie vieles von dem, was Darwin, Wallace und Zeitgenossen bereits erarbeitet haben, bestätigen. Und damit wächst das gesamte Forschungsfeld. Zudem kommen immer wieder neue Denkansätze hinzu, die das, was bisher als unstrittig galt, in optimierter

Weise neu zu formulieren und zu ordnen suchen – oder aber komplett in Frage stellen.

Andererseits aber kristallisieren diese Daten, Erkenntnisse und neuen Denkansätze nicht zu einer übersichtlichen und kompakten Evolutionstheorie aus, die in der Lage ist, eine sich über Erdzeitalter entwickelnde Zunahme der Komplexität in der belebten Natur vollumfänglich zu erklären. Es scheint eher die Ameisenhaufen-Metapher zu greifen: Jeder Evolu-



tionsbiologe fügt ein paar Details hinzu – so wie jede Waldameise die eine oder andere Fichtennadel zum Haufen bringt, ohne aber das Gesamtkonzept des Staatenbaus zu überblicken.

Verstärkt wird diese Sichtweise durch die Bestrebungen einiger Forscher, der Evolutionstheorie Raum für immer weitere Entfaltung zu geben (Laland *et al.*, 2015). Eine „Extended Evolutionary Synthesis“ (EES) soll in einem neuen konzeptionellen Rahmen immer weiter wachsen dürfen, um am Ende zusammenfassend erklären zu können, wie die heutige belebte Natur entstand und sich weiterentwickelt. Erklärtes – im wissenschaftlichen Disput allerdings nicht von allen Biologen geteiltes – Ziel ist eine auf unbestimmte Zeit unabgeschlossene Theorie (Laland *et al.*, 2014; www.extendedevolutionarysynthesis.com).

Kräftig mit Sarkasmus gewürzt könnte man behaupten: Da entsteht eine Theorie, die in ihrer Komplexität der belebten Natur in nichts nachsteht. Was ein wenig nach dem Meteorologen klingt, der sich anschickt, hochpräzise Wettervorhersage-Modelle zu programmieren, und sich am Ende erstaunt die Augen reibt, weil die benötigte Rechenzeit für seine „Vorher“-sage der Wartezeit auf das kommende Wetter entspricht.

Doch halt, Sarkasmus beiseite! Was ist überhaupt Komplexität, was ist eine Theorie, was hat beides miteinander zu tun und warum sollte eine wissenschaftliche Theorie besser abgeschlossen sein? Um diese Fragen zu beantworten, ist ein Blick über den Zaun hin zu anderen naturwissenschaftlichen Forschungsfeldern hilfreich.

Ein komplexes System besteht aus vielen Einzelteilen, die nach bestimmten Regeln miteinander in Wechselwirkung treten. Dadurch werden neue Eigenschaften des Systems erkennbar, die sich beim Betrachten seiner Einzelteile nicht ohne weiteres erkennen lassen. Dieses „Erkennbarwerden“ nennt man Emergenz [– Anm. #03: *Definition von Komplexität*].

Ein einfaches Beispiel für Emergenz liefert Wasser. Es kann in drei Aggregatzuständen vorkommen. Betrachtet man nur einzelne Wassermoleküle, so kann man nicht unmittelbar erkennen, ob sie als Eis, flüssiges Wasser oder Wasserdampf vorliegen. Erst die Wechselwirkungen vieler Moleküle miteinander lassen Eigenschaften wie Aggregatzustand, Temperatur und Druck erkennbar werden.

Nun ist das eine Ziel einer jeden Naturwissenschaft Erkenntnisgewinn. Dabei geht man auf die Suche nach den Bausteinen und Regeln, die als Ursachen zu den beobachtbaren Eigenschaften des komplexen Systems, den Emergenzen, führen. Typischerweise wählt der Mensch bei dieser Suche Bausteine, die er schon begriffen hat. Komplexe Strukturen und Ursache-Wirkungs-Relationen wer-

den auf bereits verstandene Elemente zurückgeführt. Die Theorie, also die abstrakte Abbildung des realen Systems, dient dann dazu, diese Zurückführung derart in eine prägnante schriftliche Form zu bringen, dass andere, die sich mit demselben Teilgebiet der Naturwissenschaften beschäftigen, das Ganze auch verstehen können. Diese Art der Dokumentation von Erkenntnisgewinn bedarf einer sehr präzisen und zugleich für alle Beteiligten verständlichen Sprache. Neben dem Erkenntnisgewinn an sich ist demnach das andere Ziel einer jeden Naturwissenschaft der Transport und die Verbreitung dieses Gewinns als Allgemeingut.

»Es entsteht eine Theorie, die in ihrer Komplexität der belebten Natur in nichts nachsteht.«

Jede Theorie muss dabei dem Prinzip der minimalen Beschreibungslänge folgen. Dabei geht es ähnlich wie bei der Komprimierung digitaler Dateien darum, die benötigte Anzahl von Worten oder Zeichen so weit wie möglich zu reduzieren, ohne dabei entscheidende Information zu verlieren. Die schriftliche Form einer guten Theorie ist demnach sehr viel kürzer als die erzählerische Beschreibung des Systems samt Auflistung aller seiner Komponenten. Das Ausmaß der möglichen Komprimierung ist dabei abhängig von der Komplexität des von der Theorie abgebildeten Systems. Argumentationskraft und Informationsdichte einer Theorie nehmen mit abnehmendem Umfang zu. Gleichzeitig liefert der Umfang einer perfekten Theorie, die strikt dem Prinzip der minimalen Beschreibungslänge folgt, direkt ein Maß für die Komplexität des von ihr beschriebenen Systems [– Anm. #04: *Komplexitätsmaße*].

Der typische Weg zur Dechiffrierung der Komplexität verläuft in den Naturwissenschaften im Idealfall so: Man versucht, beim Vorliegen eines komplexen dynamischen Systems zu erkennen, welches seine elementaren Objekte (Bausteine) sind, welche Eigenschaften sie haben sowie welche einfachen elementaren Wechselwirkungsregeln der Entwicklung des Systems in Zeit und Raum zugrunde liegen [– Anm. #05: *Deskriptive und erklärende Wissenschaft*]. Auf diesem Weg folgt man bereits dem Prinzip der minimalen Beschreibungslänge. Das Ziel ist es dabei, neben der minimalen Anzahl an Objekten und Eigenschaften die einfachsten Regeln zu finden, die notwendig und hinreichend sind. Sobald die Suche nach solch einem Set (Objekte, Objekteigenschaften, Regeln und Anfangssituation)

erfolgreich beendet ist, kann das komplexe System im wissenschaftlichen Sinn als „verstanden“ oder „begriffen“ gewertet werden. „Hinreichend“ heißt dabei, dass alle gefundenen Elemente des Sets zusammengenommen ausreichend sind, die komplexe dynamische Struktur, um die es geht, zu generieren. „Notwendig“ hingegen heißt, dass kein einziges Element im Set fehlen darf – dass also jedes einzelne Objekt und jede Regel unabkömmlich ist und bei seinem Fehlen die komplexe Struktur nicht entsteht.

Ein Set, das den im Fokus der Forschung stehenden Teil der Natur auf abstrakter Ebene zu generieren vermag, ist letztlich äquivalent zu einer abgeschlossenen Theorie. Eine solche perfekte Theorie ist also frei von Redundanz und weitgehend immun gegenüber Kritik. Für jede abgeschlossene Theorie gilt aber auch, dass sie nur einen sehr kleinen Teil der Natur abbildet – und daher auch nur einen begrenzten Geltungsbereich hat. Wer sie also zum Verständnis eines Teils der Natur nutzt und weitergehende Aussagen daraus ableiten möchte, muss ihre Grenzen gut kennen [– Anm. #06: *Umfang und Grenzen einer Theorie*].

Beispielsweise lässt eine Beschäftigung mit „zellulären Automaten“ spielerisch das Prinzip erkennen, mit dem sich auf der Basis weniger kurz gefasster Regeln und einfacher Objekte komplexe dynamische Strukturen aus vorgegebenen Anfangssituationen entwickeln können [– Anm. #07: *Zelluläre Automaten*]. In Weiterentwicklung von zellulären Automaten entstanden „digitale Organismen“. Diese nutzt man, um einzelne Aspekte von Evolution zu untersuchen. So kann man simulieren, wie sich Populationen im Laufe vieler Generationen in Reaktion auf veränderte Umweltbedingungen und Selektionskriterien hinsichtlich Individualeigenschaften, Verhalten und Populationsstärke verändern und anpassen [– Anm. #08: *Digitale Organismen*]. Diese einzelnen Aspekte lassen auch den jeweils begrenzten Geltungsbereich deutlich werden, innerhalb dessen weitere Schlussfolgerungen und Hypothesen möglich sind.

Ein weiteres entscheidendes Merkmal einer guten Theorie ist es, dass sie deduktives Denken erlaubt und daher das Aufstellen von Hypothesen über bislang unbekannte Phänomene und nicht messbare Effekte durch logische Schlussfolgerung ermöglicht. Stellt man später mit Hilfe präziserer Beobachtungen und verfeinerter experimenteller Messtechniken fest, dass diese Hypothesen zutreffen, so ist das ein Beweis dafür, dass die Theorie den ihr zugrunde liegenden Teil der Natur korrekt abbildet. Zeitdilatation, Gravitationswellen und das Higgs-Boson sind bekannte Beispiele für solche Beweise aus der Physik.

Eine gute Theorie verlangt wenige Grundaussagen in sehr präziser Sprache. Die Mathematik lebt von dieser Prägnanz: Sie entwickelt auf der Basis sehr einfacher Objekte und Regeln – Axiome genannt – komplexe Strukturen, sogenannte „formale Systeme“. Aus einem überschaubaren Regelwerk, dem Zermelo-Fraenkel-Axiomensystem, lassen sich ganze mathematische Forschungszweige und Theorien wie Algebra, Analysis, Gruppentheorie, Geometrie oder Zahlentheorie entwickeln. Umgekehrt lassen sich Beweise von Aussagen mit großer Tragweite auf dieses Regelwerk zurückführen (*us.metamath.org*). Es läuft immer nach dem gleichen Schema: Durch das Regelwerk einer formalen Logik treten die vorher definierten Objekte in Wechselwirkung und werden miteinander verknüpft. Durch die Erweiterung des Axiomensystems und der Bildung ganzer Axiomenschemata werden neue Mengen generiert. Diese Mengen spannen Räume höherer Dimensionalität auf und erlauben die Schaffung neuer Objekte höherer Komplexität – mit zum Teil unerwarteten Emergenzen. Letztere lassen neue, prägnante Aussagen zu. Diese Aussagen, Theoreme genannt, sind dann von einer größeren Tragweite als die der Grundaxiome. Zusammenfassend wird ein Grundprinzip erkennbar: die Entwicklung einer Vielfalt und einer Hierarchie von Komplexität einerseits und ihre erklärende Zusammenfassung in einer Hierarchie prägnanter Aussagen andererseits [– Anm. #09: *Die Hierarchie mathematischer Theoreme*].

»Das Problem ist aber weniger der Umfang der Evolutionstheorie, sondern vielmehr ihre Struktur.«

Auch in der Physik kennt man das Prinzip der Fundamentalgesetze, die aus der Erfahrung abstrahierte Axiome darstellen, die sich nicht weiter reduzieren lassen (Eigen und Schuster, 1977). Typische Beispiele dafür sind der Energieerhaltungssatz (erster Hauptsatz der Thermodynamik), die Irreversibilität thermodynamischer Prozesse (zweiter Hauptsatz) und die maximale Lichtgeschwindigkeit.

Zudem gibt es in der Physik einen Zoo von subatomaren Bausteinen, deren Eigenschaften und Wechselwirkungen man versucht durch einen Satz mathematischer Gleichungen zu beschreiben. Auf diese Weise beginnen Physiker komplexe Zusammenhänge wie die Entstehung und Zusammensetzung der Elemente zu verstehen, um daraus dann schließlich in Erweiterung oder in Synthese mit physikalischen Theorien größerer Skalen eine um-

fassende Kosmologie und damit den Ursprung unserer materiellen Existenz abzuleiten.

Dieses Prinzip findet sich schließlich auch in der Chemie mit dem Periodensystem der Elemente sowie den Regeln, wie diese Elemente sich miteinander zu komplexen molekularen Verbänden zusammenfügen. Mit eingeschlossen sind die Emergenzen, die schließlich – unter noch zu erforschenden Bedingungen – zu dem führten, was wir „Leben“ nennen.

Auch in der Biologie sind Synthesen und Erweiterungen von Theorien zu finden [– Anm. #10: *Synthesen und Erweiterungen in der Biologie*]. Allerdings bringen diese Synthesen und Erweiterungen einen komplizierteren Formalismus mit sich. Je komplizierter aber der Formalismus wird, umso kleiner wird die Gruppe der Menschen, die diesen Formalismus versteht. Das ist ein Dilemma für jede Theorie, die nicht allein dem Erkenntnisgewinn, sondern auch gleichzeitig der Verbreitung dieses Gewinns als Allgemeingut dienen soll [– Anm. #11: *Synthese, Erweiterung und Formalismen in der Physik*].

Kommt man damit auf die Evolutionstheorie zurück, so muss man fragen: Hat sie all die oben genannten Eigenschaften, die Qualitätsmerkmale von Theorien in anderen naturwissenschaftlichen Bereichen sind? Ist sie prägnant? Ist sie abgeschlossen? Geht sie aus einem überschaubaren Set fundamentaler, hinreichender und notwendiger Grundannahmen hervor? Erlaubt sie deduktive Schlussfolgerungen und deren experimentelle Überprüfung? Ist sie in einer präzisen, unmissverständlichen Sprache verfasst?

Keine dieser Fragen lässt sich mit einem uneingeschränkten „Ja!“ beantworten.

In Hinblick auf Prägnanz könnte man argumentieren, dass die belebte Natur auf unserem Planeten wohl das mit Abstand komplexeste System ist, das wir kennen. Wenn nun aber der Umfang einer perfekten Theorie ein Maß für die Komplexität des von ihr beschriebenen Systems ist [*siehe Anm. #04: Kolmogorov-Komplexität*], dann sollte es kein Makel sein, wenn die Evolutionstheorie recht umfangreich ist. Wer wollte aus gefühlter mangelnder Prägnanz schließen, dass sie nicht gut ist?

Das Problem ist aber weniger ihr Umfang, sondern vielmehr ihre Struktur: Erstens liegt keine Abgeschlossenheit vor. Wenn es nach den EES-Befürwortern ginge, dann wird der „Ameisenhaufen“ durch neue Publikationen nur um weitere Nadeln vergrößert. Zweitens wird man bei der Suche nach einem überschaubaren Set eine große Menge von belegbaren Aussagen finden, die die derzeitige Evolutionstheorie stützen. Allerdings hat noch niemand herausgefunden, welche Teilmenge davon hinreichend und notwendig zur vollständigen Erklärung natürlicher Evolution ist. Im Gegenteil: Es gibt eher Zweifel daran,

dass bisherige Aussagen wie etwa das Darwinsche Prinzip der natürlichen Selektion ein axiomatisches Fundamentalprinzip der Evolution darstellen (Eigen und Schuster, 1977). Es ist zudem sehr wahrscheinlich, dass in dem, was man zurzeit an Daten und Erkenntnissen hat, noch kein vollständiges Set steckt, das Evolution mit all seinen Facetten zu erklären vermag [– Anm. #12: *Axiomatisierung der Evolutionstheorie*].

»Biologen sind bis heute darauf angewiesen, ihre Theorien in umschreibende Worte zu fassen.«

Ob die Evolutionstheorie jedoch deduktive Schlussfolgerungen und deren Überprüfung zulässt, wird oft schon aufgrund der Dauer vieler evolutionärer Prozesse angezweifelt. Wenn wir unseren Planeten weiterhin so schonungslos behandeln, wie wir das derzeit tun, dann könnte man daraus folgern, dass es mit der Evolution im Sinne einer Zunahme von Komplexität der belebten Natur sehr bald zu Ende sein wird. Aber andererseits: War da nicht vor rund 65 Millionen Jahren schon einmal ein großer zerstörerischer „Impact“, der dann zu einer beschleunigten Evolution und zur Radiation der Säugetiere führte ... ?

Deduktive Schlussfolgerungen bleiben Hypothesen, solange sie nicht experimentell überprüft und damit verifiziert wurden. Wer nun meint, dass Evolution grundsätzlich zu langsam abläuft, als dass sich Hypothesen innerhalb einer Wissenschaftlergeneration experimentell bestätigen ließen, der irrt: Einzelne Entwicklungen, die mit Evolution und Ökologie in Zusammenhang stehen und über Organismen-Generationen hinweg erfolgen, lassen sich sehr wohl experimentell belegen – wie etwa der Harvard-Biologe Jonathan B. Losos in seinem Buch „Glücksfall Mensch“ gerade erst in unterhaltsamer Weise beschrieben und mit reichlich Quellenmaterial belegt hat.

Hinsichtlich Sprache wird es aber für die Evolutionsbiologie deutlich schwieriger. In der Physik ist die schriftliche Form einer Theorie und damit ihre Sprache immer eine mathematische. Objekte und ihre observablen Wechselwirkungen werden in mathematischen Gleichungen zusammengefasst und erfahren auf diese Weise eine prägnante Niederlegung, so dass die Theorie von allen verstanden wird, die das erforderliche mathematische Rüstzeug besitzen. In der Chemie agiert man mit Strukturformeln und Reaktionsgleichungen, um Interaktionen, Reaktionsabläufe, molekulare Prozesse und die Entstehung neuer Strukturen und Emergenzen plausibel zu machen.

Der Biologie hingegen fehlen solche präzisen-stenografischen Werkzeuge. Selbst bei sehr zentralen und scheinbar einfachen Begriffen wie „Leben“ wird heutzutage immer noch um eine präzise und zugleich universelle Definition gerungen (Chodasewicz, 2014) [– Anm. #13: Definition „Leben“]. Biologen sind bis heute darauf angewiesen, ihre Theorien in umschreibende Worte zu fassen – oder bei der Neuentdeckung einer Emergenz dazu passende (Fach-)Begriffe zu prägen. Das ist das große Manko biologischer Theorien, denn viele (Teil-)Objekte der Biologie und ihre Interaktionen lassen sich nicht ohne Umschweife in prägnante Alltagssprache fassen oder auf bereits begriffene Bausteine zurückführen.

Versucht man, all die Dinge aufzuzählen, die natürliche Evolution antreiben, so landet man bei Begriffen wie Diversität, Genpool, Habitat, Konkurrenz, Kooperation, Lernen, logistisches Wachstum, Metabolismus, Mutation, Negentropie, offenes System, Replikation, Resilienz, Rückkopplung, Selektion, Sterblichkeit, Variation, Vererbung und anderen mehr. Vieles davon ist offenkundig notwendig für Evolution, doch gibt es semantische Überlappungen, die diese Begriffe nicht zu eindeutigen und voneinander unabhängigen (disjunkten) Merkmalen für Evolution machen. Dieses Manko an Präzision macht die Formulierung eines minimalen hinreichenden Sets – also unabhängiger Grundannahmen ohne Redundanz – schwierig. Hinzu kommen die Schwierigkeiten von Begriffsdefinitionen und (Fach-)Wortneuschöpfungen [– Anm. #14: (Fach-)Wortneuschöpfung, Fachvokabular und Neusprech].

»Klüger wäre es vielleicht, die Forschung auf kleinere Theorien mit jeweils eng begrenztem Geltungsbereich auszurichten.«

Und es existieren noch weitere Gründe, die das Tempo in den Lebenswissenschaften drosseln. So neigen Wissenschaftler etwa dazu, sich Denkweisen und Sprache anderer Fachgebiete anzueignen und sie auf die Objekte des eigenen Forschungsbereichs anzuwenden. Das ist an sich ein ganz normaler Prozess, der zu jedem interdisziplinären Austausch in den Naturwissenschaften gehört. Die Hoffnung, damit wissenschaftlich erfolgreicher werden zu können, wird aber getrübt, wenn festgestellt wird, dass es nichts bringt, Denkmuster, semantische Phrasierungen und narrative Bausteine unverändert von einem anderen Wissenschaftszweig auf den eigenen zu übertragen (Plieth, 2016). Dieses

Phänomen bezeichnete Richard Feynman bereits 1974 spöttisch als „Cargo Cult Science“. Auch der von George G. Simpson (1984) bedauerte Mangel an gegenseitiger Wertschätzung unter interdisziplinär arbeitenden Wissenschaftlern [– Anm. #15: Simpson-Zitat], ihre unterschiedlichen (Fach-)Sprachen und weitere, etwa von Robert Reid (1985) beklagte Gründe sorgen für eine verlangsamte Dialektik in den Lebenswissenschaften [– Anm. #16: Reid-Zitat].

Die vielen offenen Fragen [siehe Anm. #02], zusammen mit der dialektischen Langsamkeit lassen erkennen, dass eine gewisse Neuausrichtung in der Evolutionsforschung wünschenswert wäre. Konkrete Maßnahmen wären ein Wandel hin zu mehr Struktur in der Theorie, eine präzisere Sprache, die im interdisziplinären Miteinander verstanden wird, die Vermeidung von Cargo Cult sowie weniger Platzhirschgebaren und mehr Wertschätzung.

Insbesondere die Frage „Wie deterministisch ist natürliche Evolution lebender Systeme?“ zeigt, dass eine Abkehr von der induktiven und eine Hinwendung zur deduktiven Wissenschaft erforderlich ist, um Antworten zu finden. Damit könnte man sowohl den Weg zu einer immer komplizierteren monolithischen Synthese wie auch den konzeptionellen Rahmen der EES verlassen. Klüger wäre es vielleicht, die Forschung auf kleinere Theorien mit jeweils eng begrenztem Geltungsbereich auszurichten, die spezifische (Teil-)Aspekte der Evolution abdecken. Lassen sie sich jeweils basierend auf einem minimalen Satz von Grundannahmen validieren, dann können sie miteinander kombiniert und vernetzt werden, um so ein tragfähiges Ganzes zu bilden [– Anm. #17: Aigner-Zitat]. De facto ist also die Rede von einer Art „Axiomatisierung“ und damit einhergehend von einer logischen Struktur und einer Präzisierung der (Fach-)Sprache. Man könnte die oben genutzte Hautflügler-Metapher weiterspinnen und sagen: Der „Ameisenhaufen“ muss sich zu einer „Bienenwabenstruktur“ wandeln, bei der in jeder Wabenzelle eine Theorie mit genau definiertem Geltungsbereich steckt, die einen spezifischen (Teil-)Aspekt von Evolution zu erklären vermag [– Anm. #18: Axiomatisierung der Evolutionstheorie II].

Eine hierarchisch und vernetzt strukturierte Evolutionstheorie, basierend auf einer axiomatischen Konzeption von Selbstorganisation und Emergenz, wäre auch imstande, so manches Paradigma von Intelligent-Design-Sektie-

ren und Kreationisten, wie zum Beispiel die von Michael J. Behe propagierte „Irreducible Complexity“, ad absurdum zu führen.

»Evolution ist ein Selbstorganisationsprozess mit einer Tendenz zu immer höherer Komplexität.«

Ein echter Fortschritt wird sich vermutlich nur durch die Verbindung unterschiedlicher Denkansätze aus verschiedenen Forschungsfeldern erzielen lassen, die jeweils grundlegende Prinzipien von Evolution offenbaren. Zwei mögliche Denkansätze seien hier abschließend skizziert:

1.) Evolution kann als ein gigantischer Lernprozess verstanden werden. Damit ließe sich erklären, wie ein in Entwicklung begriffenes biologisches System auch mit bisher unbekanntem, neuartigen Situationen umgehen und sich diesen anpassen kann. Diese Erscheinung nennt man Resilienz. Sie ist eine Emergenz komplexer Systeme, die auch für uns Menschen immer wichtiger wird [– Anm. #20: Evolution als Lernprozess].

2.) Evolution der belebten Natur ist ein großer Selbstorganisationsprozess mit einer Tendenz zu immer höherer Komplexität. Selbstorganisation kann immer als ein Gleichgewicht von positiven und negativen Rückkopplungen verstanden werden [– Anm. #21: Rückkopplungen, Musterbildung, Selbstorganisation und Gleichgewicht]. Wenn es eine universelle Theorie der Selbstorganisation gäbe, dann wäre die Evolutionstheorie ein auf die Biologie zugeschnittener Spezialfall davon (Lorenzen, 1997).

Die Frage bleibt allerdings, ob man mit dem Ansinnen einer universellen Selbstorganisationstheorie in der Biologie nicht ein Fass aufmacht, das in der Physik mit der Aufschrift „Weltformel – The Theory of Everything“ schon seit vielen Jahrzehnten offen herumsteht – ohne dass abschätzbar ist, wann man den Deckel drauflegen kann.



Foto: Univ. Kiel

Zur Person

Christoph Plieth
ist Physiker und Biologe sowie Dozent für Biophysik und Zellbiologie. Er lehrt Biochemie und Molekularbiologie an der Universität Kiel.



Die Evolutionstheorie braucht keine Rettung

ANTWORTET DIETHARD TAUTZ, PLÖN (*... AUF CHRISTOPH PLIETHS FRAGE AB SEITE 46.*)

Die Theorie der natürlichen Selektion erfüllt umfassend sämtliche Anforderungen, der sich die Evolutionstheorie stellen muss. Charles Darwin hatte sie schon damals in einem einzigen Satz zusammengefasst.



Als Darwin und Wallace 1858 ihre Ideen zur natürlichen Selektion als treibende Kraft des Evolutionsgeschehens vorstellten, fiel das in eine Zeit der großen Theoriebildung in allen Wissenschaftszweigen. Der Begriff „Evolutionstheorie“ stammt aus dieser Zeit und ist auch heute noch gebräuchlich, auch wenn es inzwischen weit mehr als eine Theorie ist. Leider gibt der Begriff auch immer wieder Anlass zu Missverständnissen. Diese reichen von „Es ist ja nur eine Theorie, die nicht bewiesen ist“ bis zu „Es sind nur verbale Aussagen ohne axiomatische Basis“.

Herr Plieth widmet sich in seinem Essay vor allem diesem zweiten Thema. Er fordert, dass eine gute Theorie in „präziser Sprache verfasst“ sein soll, „dem Prinzip der minimalen Beschreibungslänge“ folgen soll und auf „gut nachvollziehbaren Sets mit jeweils wenigen notwendigen und hinreichenden Grundsätzen“ beruhen soll. Tatsächlich erfüllt die Theorie der natürlichen Selektion diese Vorgaben. Darwin hat sie in seinem Buch „Origin of Species“ in einem einzigen Satz zusammengefasst:

„As many more individuals of each species are born than can possibly survive; and as, consequently, there is a frequently recurring struggle for existence, it follows that any being, if it vary however slightly in any manner profitable to itself, under the complex and sometimes varying conditions of life, will have a better chance of surviving, and thus be naturally selected.“

Dieser Satz fasst alle notwendigen und hinreichenden Elemente der adaptiven Evolutionstheorie zusammen:

1.) „individuals“ stellt das Individuum ins Zentrum des Evolutionsgeschehens. (Die späteren Ideen, einzelne Gene als Akteure des Evolutionsgeschehens zu definieren – Stichwort „Selfish Genes“ – konnte Darwin natürlich nicht berücksichtigen. Aber das ist eine andere Diskussion.)

2.) „vary however slightly“ hebt das essentielle Prinzip der Variation zwischen den Individuen hervor. Wir kennen heute die molekulare Basis der Variation – sowohl als Polymorphismen auf Nukleotidebene wie auch als epigenetische Variation.

3.) „profitable to itself“ impliziert, dass es Varianten geben muss, die an eine gegebene Situation besser angepasst sind.

4.) „complex and [...] varying conditions of life“ meint, dass es keine Zielrichtung der adaptiven Evolution gibt, außer sich immer wieder auf neue externe Verhältnisse einzustellen.

5.) „will have a better chance of surviving“ besagt, dass es sowohl einen Mechanismus des Überlebens wie des selektiven Todes geben muss.

Manfred Eigen nutzte in seiner Theorie des Hyperzyklus zur präbiotischen Evolution ge-

nau die gleichen Voraussetzungen für ein evolvierbares System. Interessanterweise war er aber nicht bereit, die Theorie der natürlichen Selektion als Axiom zu akzeptieren – also als Prinzip, das sich nicht weiter auf fundamentalere Gesetze reduzieren lässt. Andererseits blieb er aber auch die Erklärung schuldig, warum dies nicht der Fall sein sollte.

Die einzige wesentliche Erweiterung der Evolutionstheorie seit Darwin ist die neutrale Evolutionstheorie, die aber erst entwickelt werden konnte, nachdem die Basis der Vererbung bekannt war. Die neutrale Theorie sagt vorher, welche Muster im Erbmateriale entstehen, wenn keine Selektion stattfindet. Die Evolution von Protein- und DNA-Sequenzen über die Zeit ist im Wesentlichen durch die Mechanismen der neutralen Evolution beschreibbar. Abweichungen von diesem Null-Modell der Evolution werden als Evidenz für das Wirken natürlicher Selektion herangezogen.

»Ein „Umschreiben“ in Bezug auf diverse neu entdeckte Phänomene rüttelt nicht an dem Fundament der Evolutionstheorie.«

Alle biologischen Phänomene können innerhalb dieses Theorienpaares beschrieben werden. Sie erfüllen auch die Ansprüche, die Herr Plieth an die Entschlüsselung der Komplexität stellt: „Das Ziel ist es dabei, neben der minimalen Anzahl an Objekten und Eigenschaften die einfachsten Regeln zu finden, die notwendig und hinreichend sind.“

Auch die Forderung, dass die Theorie „deduktives Denken erlaubt und daher das Aufstellen von Hypothesen über bislang unbekannte Phänomene und nicht messbare Effekte durch logische Schlussfolgerung ermöglicht“, ist erfüllt. Aus der Kombination der Selektionstheorie und der neutralen Theorie ließ sich zum Beispiel vorhersagen, dass man in den DNA-Sequenzen von Populationen sogenannte „Selective Sweeps“ finden müsste, also begrenzte Chromosomen-Regionen, in denen die Variabilität aufgrund eines adaptiven Ereignisses eingeschränkt ist. Nachweisen konnte man diese aber erst, nachdem sich die Methodik der Genomanalyse so weit entwickelt hatte, dass Polymorphismus-Daten in Populationen systematisch analysiert werden konnten. Der Nachweis der „Selective Sweeps“ ist damit ohne Weiteres vergleichbar mit dem Nachweis von Gravitationswellen, den Herr Plieth für die Physik anführt.

Die Aussage von Herrn Plieth „Es ist zu dem sehr wahrscheinlich, dass in dem, was

man zurzeit an Daten und Erkenntnissen hat, noch kein vollständiges Set steckt, das Evolution mit all seinen Facetten zu erklären vermag“ ist nicht nachvollziehbar, solange keine überzeugenden Beispiele geliefert werden, bei denen sich auch nach konsequenter Anwendung des oben genannten Theorienpaares noch Lücken auftun. Es gibt zwar auch vonseiten der Evolutionsbiologen eine Forderung nach einer Erweiterung der Evolutionären Synthese. Diese Forderung bezieht sich aber explizit auf die Erweiterung der sogenannten „Modernen Synthese“ aus der Mitte des letzten Jahrhunderts. Diese ist aber keine eigene Theorie, sondern eine allgemeine Formulierung mathematischer Zusammenhänge – quasi das Umschreiben von Gleichungen in Naturgeschichte. Unsere Erkenntnisse der Naturgeschichte, Ökologie und Molekularbiologie haben sich jedoch inzwischen wesentlich erweitert. Insofern ist es berechtigt, dass man dieses „Umschreiben“ in Bezug auf diverse neu entdeckte Phänomene fortschreiben möchte. Aber das rüttelt nicht an dem Fundament der Evolutionstheorie.

Die heutige Evolutionstheorie bietet einen umfassenden Erklärungsansatz für die Biosphäre, ähnlich wie die Gasgleichung für die Meteorologie. Aber ebenso wenig wie die Gasgleichung das Wetter von morgen vorhersagen kann, kann auch die Evolutionstheorie nicht den historischen Ablauf der Evolution vorhersagen. Wenn man also fordert, dass eine allgemeine Evolutionstheorie etwas Derartiges leisten muss, dann stellt man eine grundsätzlich falsche Frage.

Mathematische Sprache

Herr Plieth ist der Meinung, dass die Evolutionstheorie im Gegensatz zur Physik keine „mathematische Sprache“ besäße. Er führt dazu aus, dass so eine Sprache „Objekte und ihre observablen Wechselwirkungen [...] in mathematischen Gleichungen zusammenfasst [...], sodass die Theorie von allen, die das erforderliche mathematische Rüstzeug besitzen, verstanden wird.“ Tatsächlich lässt sich das oben beschriebene Theorienpaar ohne Weiteres in eine mathematische Sprache umsetzen, die sogar mit konkreten Formeln der Physik verglichen werden kann.

Zum Beispiel gibt es zwischen der neutralen Theorie und der Gastheorie klare Parallelen: Letztlich behandeln beide die zufällige Bewegung unabhängiger Teile. In der Gastheorie ergibt sich daraus eine Formel, die die Variablen „Druck“ (p), „Volumen“ (V) und „Temperatur“ (T) zueinander in Beziehung setzt:

$$pV = nRT$$

(n ist die Anzahl der Moleküle,
 R ist die allgemeine Gaskonstante)

Für die Beschreibung von Allelen in Populationen gibt es eine Formel, die die Variablen „Heterozygotie“ (H), „effektive Populationsgröße“ (N_e) und „Mutationsrate“ (μ) in Beziehung zueinander setzt:

$$H = 4N_e \mu / (1 + 4N_e \mu)$$

Beide Formeln beschreiben makroskopische Gesetze, die auf einer statistischen Beschreibung der mikroskopischen Welt beruhen. Beide Theorien beschreiben eine Art von Diffusion. Wenn man die Position eines bestimmten Teilchens zu einem bestimmten Anfangszeitpunkt kennt, kann man seine zukünftige Bewegung nicht genau vorhersagen, aber man kann eine Wahrscheinlichkeitsverteilung angeben. Wenn man die genaue Zusammensetzung der Allele an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt kennt, kann man ihr genaues Schicksal nicht vorhersagen, aber man kann eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für die zukünftige Zusammensetzung der Allele angeben. So kann man den Diffusionsterm in den beiden Formeln in Beziehung setzen: Er ist proportional zur Temperatur T für das Gas und proportional zu $1/N_e$ für eine Population [1].

»Die Evolutionstheorie beruht auf einer mathematischen Sprache, die Evolutionsbiologen meist in eine Alltagssprache übersetzen.«

Es gibt aber auch mathematisch formulierbare Schnittpunkte zwischen der Selektionstheorie und der neutralen Theorie mit einer Analogie zur Heisenbergschen Unschärferelation [2]. Der ehemalige Münchener Evolutionsbiologe Wolfgang Stephan hat das wie folgt hergeleitet:

Die Heisenbergsche Unschärferelation besagt, dass es aufgrund der inhärenten Quantenfluktuationen unmöglich ist, die Werte bestimmter Paare physikalischer Variablen, die das Verhalten eines atomaren Systems beschreiben, genau und gleichzeitig anzugeben. Zu diesen „kanonisch konjugierten“ Paaren von Variablen gehören die Koordinate eines Teilchens und die entsprechende Komponente des Impulses sowie die Energie (E) und die Zeit (t), zu der sie gemessen wird. Das Produkt der beiden Variablen muss für eine Messung dabei größer sein als die Planck-Konstante h geteilt durch 4π ($\Delta E * \Delta t > h/4\pi$). Eine biologische Entsprechung findet sich in dem Problem, die Wirkung der Selektion von molekularem Rauschen zu unterscheiden, das durch die neutrale Evolution verursacht wird. Betrachtet man die Dynamik einer vorteilhaft-

ten Mutation mit einem Selektionsvorteil (s) in einer diploiden Population der effektiven Größe N_e , so kann man die differentielle Fitness (Δw) des vorteilhaften Allels und die Zeit (Δt), gemessen in Anzahl der Generationen, als die „kanonisch konjugierten“ Paare betrachten. Daraus ergibt sich die Formel $\Delta w * \Delta t > 1/2N_e$, wobei Δw die Fitnessdifferenz zwischen dem selektierten Allel und der mittleren Fitness der Population ist. Daraus folgt, dass die Bestimmung der Fitness des Systems in jeder Generation mindestens um den Betrag $\Delta w = 1/2N_e$ unsicher ist.

Die Evolutionstheorie beruht also durchaus auf einer mathematischen Sprache, die jedoch von Evolutionsbiologen meist in eine Alltagssprache übersetzt wird. Daraus sollte man aber nicht folgern, dass kein ausreichendes Theoriengebäude existiert.

Offene Fragen?

Wie kann man vor diesem Hintergrund die ganz konkreten Fragen beantworten, die Herr Plieth aufwirft? Ich greife dazu beispielhaft einige heraus:

» „Wie deterministisch ist natürliche Evolution lebender Systeme?“ beziehungsweise „Bringt die Evolution unter vorgegebenen Umweltbedingungen zwangsläufig immer die gleichen konvergenten Anpassungen hervor?“

Als Nullmodell nimmt die Evolutionstheorie an, dass die Mutationen als Treiber der Evolution zufällig sind, ebenso wie die Bewegung von Gasmolekülen. Aus diesen Zufallsmechanismen lassen sich aber deterministische Gesetzmäßigkeiten ableiten. Mit einer gegebenen Rate zufälliger Mutationen und einem gegebenem Selektionskoeffizienten lässt sich die adaptive Veränderung einer Population deterministisch beschreiben – allerdings nur unter idealen Bedingungen, die man eigentlich nur in einer Computersimulation erreichen kann. Reale Bedingungen sind aber immer viel komplexer. Auch das Gas in unserer Atmosphäre ist viel komplexer. Unter ähnlichen Bedingungen werden ähnliche Wolken entstehen, aber Wolken werden nie identisch sein. Unter ähnlichen ökologischen Bedingungen wird auch konvergente Evolution stattfinden, aber die daraus entstehenden Spezies werden nie identisch sein. Ob man das deterministisch nennen möchte, ist dann eher eine semantische Frage.

» „Ist der von Darwin begründete Gradualismus der Zeitgeber im Evolutionsgeschehen oder sind es eher saltatorische Ereignisse?“

Dies stellt letztlich die Frage nach der Effektgröße von Mutationen, die man inzwischen sehr gut beantworten kann. Man kann in genomweiten Assoziationsstudien (GWAS) die Effektgrößen aller gemessenen Polymorphismen bestimmen. In der Regel erhält man da-

bei eine exponentielle Verteilung – mit wenigen Polymorphismen, die einen großen Effekt haben, und sehr vielen mit zunehmend kleineren Effekten. Interessanterweise sind Polymorphismen mit großem Effekt innerhalb der Population in der Regel selten, beim Menschen sind sie oft mit Krankheitsphänotypen verbunden. Es ist daher davon auszugehen, dass Mutationen mit „saltatorischem“ Effekt in der Regel einer negativen Selektion unterliegen.

»An allen Stellen des Genoms werden spätestens in wenigen Generationen alle denkbaren genetischen Varianten generiert.«

Man kann aus Polymorphismus-Daten in Populationen auch den Anteil an negativ und positiv selektierten Mutationen abschätzen. Nehmen wir Retrogen-Transpositionen – Fälle also, in denen mRNA wieder in DNA umgeschrieben wird, die dann zurück ins Genom integriert. Auch diese kann man als „saltatorisch“ bezeichnen. Hier haben wir zum Beispiel gefunden, dass der ganz große Anteil von ihnen unter negativer Selektion steht, sodass sie schnell wieder verloren gehen. Aber einige wenige können auch positiv selektiert werden.

» „Wie kam es eigentlich zu der ungeheuren Entfaltung von Vielfalt und Komplexität in der belebten Natur, wie wir sie heute erleben?“

Auf der Basis der Parameter, die wir heute kennen, stellt dies kein ungelöstes Problem für die Evolutionstheorie dar. Die wichtigsten Parameter sind dabei die Mutationsrate und die Zeiträume. Die Punktmutations-Rate liegt um die 10^{-9} pro Nukleotid pro Generation. Das klingt niedrig, aber wenn man das mit der Genomgröße und den tatsächlichen Populationsgrößen – insbesondere der Zahl der Nachkommen pro Generation – multipliziert,

Foto: MPI f. Evol.-biol.



Zur Person

Diethard Tautz
ist Direktor am
Max-Planck-Institut für Evolutionsbiologie in Plön.

kann man folgern, dass für die meisten Spezies praktisch an allen Stellen des Genoms spätestens in wenigen Generationen alle denkbaren genetischen Varianten generiert werden. Dazu gibt es auch noch die vielen Spielarten von strukturellen Mutationen, mit noch höheren Raten.

»Die reale Evolution ist generell durch solche Aussterbeereignisse punktuert.«

Generell kann man daher davon ausgehen, dass adaptive Evolution nicht auf neue Mutationen warten muss, um neue Anpassungen zu generieren – vielmehr sind diese in aller Regel bereits in der Population vorrätig. Ein Anpassungszyklus mit mittelstarkem Selektionskoeffizienten benötigt etwa 100 bis 1.000 Generationen. Spezies mit jährlichem Generationswechsel können daher rund 1.000 bis 10.000 sukzessive Anpassungszyklen innerhalb einer Million Jahre durchlaufen – was evolutionär gesehen eine vergleichsweise kurze Zeit ist. Dank Rekombination können Anpassungszyklen auch parallel verlaufen – das heißt, es kann auch noch viel schneller gehen. Dies wird insbesondere in Radiationsphasen passieren, wenn sich Umweltbedingungen drastisch verändert haben, was wiederum die Selektionskoeffizienten für vorteilhafte Mutationen in die Höhe treibt.

» Welche Lern- und Rückkoppelprozesse sind notwendige Antriebsfedern für Evolution? »

Es gibt gut bekannte biotische Rückkoppelungsprozesse, die zu einem kontinuierlichen Fortschreiten der Evolution führen. Dazu gehört zum Beispiel die Koevolution von Wirt-Parasit-Beziehungen. Entsteht beispielsweise bei einem Wirt eine Resistenz gegen einen Parasiten, wird dieser eine Anpassung entwickeln, mit der er die Resistenz überwindet. Dadurch entsteht ein kontinuierlicher Evolutionswettbewerb, der ständig neue Diversität generiert.

Evolutionäre Rückkoppelungsprozesse sind auch im Zusammenhang der Evolution von Sozialsystemen und Kooperation von Bedeutung. Sie werden mit den statistisch-mathematischen Methoden der Spieltheorie bearbeitet, die auch in den Wirtschaftswissenschaften intensiv genutzt werden. Weiterhin sehen Modelle zur adaptiven sympatrischen Evolution die assortative – also nicht-zufällige – Paarung als Komponente vor, was man ebenfalls als Rückkoppelungsprozess bezeichnen kann.

» Gibt es „[...] eine über Erdzeitalter hin sich entwickelnde Zunahme der Komplexität? »

Oft wird angenommen, dass Evolution ein Prozess ist, der zu kontinuierlicher Erhöhung der Komplexität führt – auch der Text von Herrn Plieth macht diese Annahme an verschiedenen Stellen. Bei Wirt-Parasit-Beziehungen ist das potenziell auch der Fall, aber sie enden mit dem Aussterben des Wirts oder des Parasiten. Die reale Evolution ist generell durch solche Aussterbeereignisse punktuert, die sowohl durch externe als auch durch biotische Mechanismen getriggert werden.

Das erste gut dokumentierte Massenaussterben auf der Erde wurde durch die Evolution der Photosynthese ausgelöst. Freier Sauerstoff ist das reine Gift für alle Lebewesen, die keine Sauerstoffatmung kennen – und er verändert fundamental die geochemischen Bedingungen der Erde. Konsequenz war, dass die Erde vor 2,2 Milliarden Jahren für mehrere hundert Millionen Jahre zu einem Eis-Planeten wurde. Bestes Beispiel für eine abiotisch ausgelöste Aussterbekatastrophe war der Einschlag eines großen Meteoriten vor 66 Millionen Jahren. Bei solchen Aussterbezyklen werden immer wieder ganze evolutionäre Linien ausgelöscht, inklusive ihrer bis dahin entstandenen Komplexität. Der Meteorit hat beispielsweise die Linie der Ammoniten vollkommen ausgelöscht. Er hat auch die ökologische Dominanz der Dinosaurier beendet – und damit einer schon vorher begonnenen Radiation der Säugetiere zu einer großen Breite verholfen. Durch diese punktuierenden biotischen und abiotischen Ereignisse gibt es also keine kontinuierliche Zunahme biologischer Komplexität. Interessanterweise kann man davon ausgehen, dass die größte Diversität evolutionärer Linien vor etwa 800 Millionen Jahren existiert hat – seitdem hat es nur noch Reduktionen durch Aussterbeereignisse gegeben.

»Der Mensch ist eine der vielen Spezies, für die ein vorzeitiges Aussterben viel wahrscheinlicher gewesen wäre.«

In einem solchen Zusammenhang sehen manche ja gerne den Menschen an der Spitze der Evolution. Genau genommen war er aber eine der vielen Spezies, für die ein vorzeitiges Aussterben viel wahrscheinlicher gewesen wäre. Mit langer Generationszeit und kleiner Populationsgröße gehörten die ursprünglichen Populationen zu denen, die an sich nicht genügend Mutationsreserve hatten, um auf jede ökologische Herausforderung zu reagieren. Dazu kam sein hypertrophes energiehungriges Gehirn, das einen kontinuierlich hohen Input

an hochwertiger Nahrung benötigt, die nur unter günstigen Umständen bereitsteht. Tatsächlich sind ja alle Parallel-Linien des modernen Menschen ausgestorben – im Gegensatz etwa zu den parallelen Linien der Schimpansen oder Gorillas. Was den modernen Menschen gerettet hat, war die kulturelle Evolution – anfangs wohl vor allem die Jagd mittels Wurfmaschinen sowie der Gebrauch des Feuers, um Nahrungsmittel werthaltiger zu machen. Diese Art der kulturellen Evolution ist für den Menschen einmalig. Und zum Teil geht sie einher mit biologischer Evolution – beispielsweise mit dem Umbau des Kugelgelenks der Schulter, um Speere schleudern zu können, oder mit der Optimierung des Handskeletts für den Werkzeuggebrauch. Insofern scheint es so, dass auch kulturelle Evolution ausreichend mit einer daran angepassten adaptiven Evolutionstheorie beschrieben werden kann. Die Bemühungen dazu sind aber noch etwas rudimentär. Zumal dazu auch verschiedene Disziplinen in einen Dialog treten müssten, unter anderem etwa Kultursoziologen, Historiker und Evolutionsbiologen.

Schlussbetrachtung

Die breite Öffentlichkeit versteht von der Evolutionstheorie in der Regel nur das „Survival of the Fittest“ und von der allgemeinen Relativitätstheorie nur „Alles ist relativ“. *De facto* sind beides ja auch tiefschürfende Erkenntnisse, aber um sie in allen Konsequenzen zu verstehen, muss man sehr tief einsteigen. Man bekommt oft das Gefühl, dass dies für die allgemeine Relativitätstheorie weitgehend anerkannt ist, während das Thema Evolutionstheorie gerne mit dem Adjektiv „umstritten“ kombiniert wird. Dies verkennt aber, dass Evolutionstheorie insbesondere mit den neuesten Daten und Erkenntnissen *de facto* mindestens gleich gut abgesichert ist wie die Relativitätstheorie. Herr Plieth fordert, dass man „ihre Schwächen erkennen“ sollte. Aber bei konsequenter Betrachtung dessen, was wir heute inzwischen alles wissen, bleiben nicht mehr viele Schwächen übrig. Die größte derzeit anstehende Herausforderung für die Evolutionstheorie ist die Integration der Erkenntnisse der polygenen Genetik. Dafür gibt es bisher nur erste Ansätze, eine erweiternde Theorienbildung ist hier durchaus denkbar.

Referenzen

[1] Tautz, D. & Lässig, M., 2004, *Trends Genet.* 20: 344-46

[2] Tautz, D., 2000, *Trends Genet.* 16: 475-77

Wie maschinelles Lernen die Life Sciences revolutioniert und was die KI von den Biowissenschaften lernen kann

VON CARSTEN ULLRICH, BERLIN

Oberflächlich betrachtet können maschinelle Lernprogramme erstaunlich komplexe Aufgaben lösen, die weit über ihren „Trainingshorizont“ hinausgehen. Das erstaunt selbst KI-Experten, ändert aber nichts an der Tatsache, dass künstliche Intelligenz lediglich elementare Rechenschritte in einem Computer ausführt, deren Bedeutung sie nicht kennt.

Künstliche Intelligenz (KI), genauer gesagt generative KI, ist dabei, unseren Alltag zu verändern. Ein Beispiel dafür ist ChatGPT: Etwa jeder fünfte Deutsche hat die Chat-KI, die auf jede Frage eine Antwort weiß (wenn auch nicht immer eine korrekte), bereits ausprobiert, und acht von zehn Deutschen haben zumindest schon davon gehört [1]. ChatGPT ist eine generative KI: Nach einer Texteingabe, dem Prompt, generiert sie neuen Text – im Gegensatz zu Suchmaschinen wie Google, die existierende Texte suchen und anzeigen, in denen die Eingabe vorkommt.

Doch generative KI beschränkt sich nicht auf das Medium Text. DALL-E2 erzeugt noch nie dagewesene Bilder zu gegebenen Prompts, andere KIs generieren Texte, die ein gegebenes Bild beschreiben. Multimodale generative KI kombiniert beispielsweise Bild und Ton und erzeugt daraus ein Video.

In den Life Sciences steht die praktische Nutzung von generativer KI noch in den Anfängen. Einige Forschungsfelder, in denen Fortschritte gemacht wurden sind,

» Vorhersage von Proteineigenschaften: ESM-1 und ESM-2 von Meta sind generative KIs, die auf Millionen von Proteinen trainiert wurden, um zu lernen, wie Aminosäure-Sequenzen die Proteinstruktur und -funktion beeinflussen [2].

» Erstellung kleiner Moleküle: Die generative Chemie-KI MegaMolBart wird zur Erstellung und Optimierung neuer kleiner Moleküle verwendet, die auf ihre Fähigkeit zur Bindung an andere Moleküle getestet werden [3].

» Erstellung von Proteinen: ProtGPT2 kann neue Proteinsequenzen erstellen, die bisher nicht dagewesene Formen und Funktionen aufweisen können [4].

» Molekulares Docking: Mit DiffDock lässt sich vorhersagen, wie ein Molekül an ein Protein binden wird [5].

Das wohl bekannteste Beispiel einer generativen KI in der Medikamentenentwicklung ist AlphaFold2, das die 3D-Struktur eines Proteins basierend auf seiner Aminosäure-Sequenz mit hoher Genauigkeit vorhersagen kann [6]. Bei dem Wettbewerb „Critical Assessment of Techniques for Protein Structure Prediction“ (CASP) im Jahr 2020 erzielte AlphaFold2 Spitzenwerte. Tatsächlich hat AlphaFold2 die Vorhersage von Proteinstrukturen revolutioniert und das Problem praktisch gelöst, was die Entwicklung sicherer und wirksamerer Medikamente vorantreiben wird.

»Die KI hingegen führt einen Algorithmus aus, der jeglicher Bedeutung enthoben ist.«

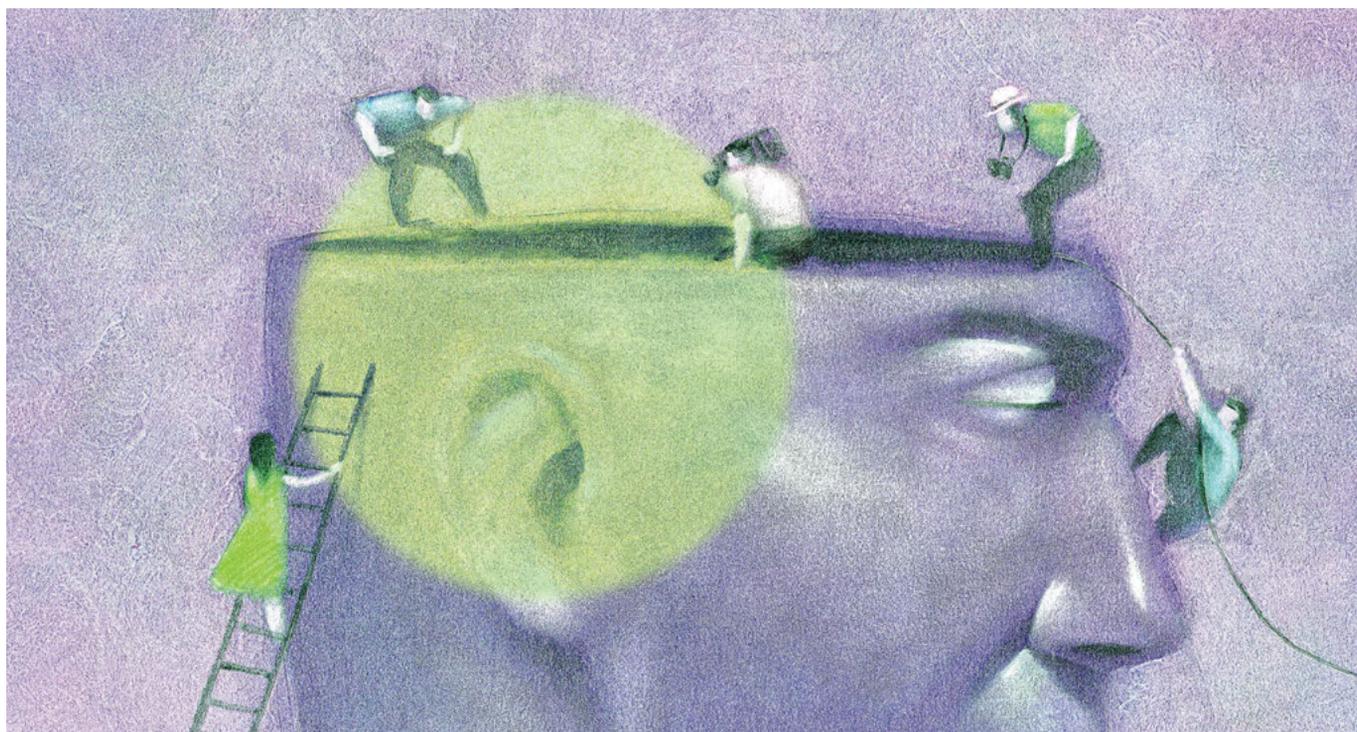
Obwohl generative KIs noch nicht in großem Umfang in der Arzneimittelforschung eingesetzt werden, entwickeln Bioinformatiker die Modelle stetig weiter. Maschinelles Lernen gewinnt kontinuierlich an Bedeutung innerhalb der Medikamentenentwicklung, und immer mehr Projekte setzen auf diese Methoden.

Die Fähigkeiten generativer KI, die weit über die Medikamentenentwicklung hinausgehen, haben sogar Experten überrascht. Was macht diese Systeme so beeindruckend? Bisherige KI-Systeme zeichnen sich durch zwei grundlegende Eigenschaften aus: Zum einen funktioniert künstliche „Intelligenz“ auf grundlegend andere Weise als menschliche Intelligenz. KI wird über Algorithmen realisiert, das heißt, eindeutige Verkettungen von elementaren Operationen, deren Ausführung keinerlei Intelligenz erfordert.

Um das auf die menschliche Perspektive zu übertragen: Wenn ich Ihnen beispielsweise einen verdrehten Zauberwürfel gebe, zusammen mit dem Lösungsalgorithmus (knapp drei DIN-A4-Seiten), könnten Sie den Würfel lösen, indem Sie stupide die dort beschriebenen

Drehungen durchführen, ohne zu wissen, was die einzelnen Aktionen bedeuten. Analog dazu löst eine KI – oder genauer, eine Software, die eine KI-Methode implementiert – ein ihr gegebenes Problem: Sie führt stupide elementare Berechnungen durch. Das Ergebnis dieser Berechnungen kann durchaus beeindruckend sein: Die KI besiegt einen Schachgroßmeister, sagt die Faltung eines Proteins voraus oder fasst korrekt einen Text zusammen, der einen komplexen Sachverhalt beschreibt. Aber sie löst das Problem auf andere Art und Weise als ein menschlicher Experte. Dieser hat über lange Zeit Übungsstrategien aufgebaut, ein Verständnis für relevante Konzepte und deren Zusammenhänge entwickelt und nutzt dieses Wissen, möglicherweise gepaart mit einer gut entwickelten Intuition, um zu einer Lösung zu gelangen. Die KI hingegen führt einen Algorithmus aus, der jeglicher Bedeutung enthoben ist. Von außen betrachtet zeigt die KI ein intelligentes Verhalten; schaut man sich jedoch die Art und Weise an, wie die Leistung erbracht wird, verschwindet die Intelligenz. Dies gilt auch heute noch, in Zeiten von ChatGPT.

Die zweite grundlegende Eigenschaft bisheriger KI-Systeme besteht darin, dass sie ein spezifisches Problem lösen können – und nur dieses. Um eine KI zu entwickeln, muss das zu lösende Problem präzise definiert werden: Wie viele Felder hat das Schachbrett, welche Figuren gibt es, wie dürfen diese sich bewegen und welche weiteren Regeln gelten? Es ist auch notwendig, eine Funktion zu definieren, die eine Lösung bewertet und mit anderen Lösungen vergleichbar macht. Im Schach wird beispielsweise das Schachmattsetzen des Gegners höher bewertet als ein Remis. Innerhalb dieses festgelegten Rahmens können Verfahren des maschinellen Lernens angewandt werden, das heißt Algorithmen, die sukzessive Strategien berechnen, die mit steigender Wahrscheinlichkeit zum Sieg führen. In der Regel werden dafür heutzutage neuronale Netze verwendet. Ist eine passende Konfiguration



eines neuronalen Netzes erst einmal erlernt, kann es eine übermenschliche Spielstärke zeigen. Dies jedoch nur innerhalb des ursprünglich definierten Problemrahmens. Ändert man eine Regel und spielt beispielsweise Räuberschach, eine Schachvariante, bei der der König wie jede andere Figur geschlagen werden darf, versagt die trainierte KI. Was jedem Menschen leichtfällt, ist der KI unmöglich: Sie kann ihr Wissen nicht auf diese neue Situation übertragen und es selbstständig anpassen. Der menschliche Entwickler muss das neue Problem definieren, einen neuen Trainingsprozess beginnen und damit eine neue KI entwickeln. Jede bisher erstellte KI war in gewisser Weise ein Fachidiot, der nur das spezifische Problem lösen konnte, für das er entwickelt wurde – sei es die Erkennung von defekten Bauteilen, die Übersetzung von Texten oder die Suche nach Tumoren in Lungenaufnahmen.

»Die Fähigkeiten der KI erstrecken sich bis in die Arithmetik und Logik, obwohl sie nicht explizit darauf trainiert wurde.«

Überraschenderweise gilt dies jedoch nicht mehr für die heutige generative KI. Die generative KI, die ChatGPT zugrunde liegt (GPT-3 beziehungsweise GPT-4, im Folgenden GPT-X), wurde wie bisherige Systeme für eine spezifische Aufgabe trainiert. Sie zeigt jedoch beeindruckende Leistungen, die deutlich über die Trainingsaufgabe hinausgehen. GPT steht für Generative Pretrained Transformer,

eine KI-Methode, die neuronale Netze dazu befähigt, Zusammenhänge zwischen Eingabeelementen (in diesem Fall Wörtern) zu erlernen. Die Aufgabe, für die die GPT-X-Modelle trainiert wurden, bestand darin, vorherzusagen, welches Wort eine gegebene Sequenz von Wörtern vervollständigt. Wenn zum Beispiel, der Satz „Der Redner hält einen ...“ gegeben ist, wäre eine wahrscheinliche Ergänzung das Wort „Vortrag“. Mit geringerer Wahrscheinlichkeit ist aber auch das Wort „schwarzen“ möglich, eventuell gefolgt von „Regenschirm in der Hand“. Für das Training von GPT-3 wurden 570 Gigabyte an Texten (Bücher, Zeitschriften, Webseiten *et cetera*) verwendet, und jeweils ein Wort in den Sätzen aus diesen Dokumenten, das GPT-X vorhersagen sollte, wurde „verborgen“.

Nach der sehr intensiven Trainingsphase (die Kosten für das Training von GPT-3 werden auf 100 Millionen US-Dollar geschätzt) lösten die Modelle diese Aufgabe hervorragend und generierten für beliebige Textfragmente grammatikalisch korrekte Vervollständigungen. Das Überraschende ist, dass die Vervollständigungen inhaltlich sehr komplexe Aufgaben lösen können. Die Wortfolgen, die ChatGPT produziert, befolgen nicht nur die Grammatikregeln verschiedener Sprachen, sondern beantworten auch die Fragen und Aufgaben, die über die Eingabe gestellt werden.

Demzufolge löst die KI tatsächlich andere Probleme als das spezifische, auf das sie ursprünglich trainiert wurde (nämlich ein passendes nächstes Wort vorzuschlagen). Wenn man beispielsweise die Aufforderung eingibt: „Fasse den folgenden Text zusammen“, produziert ChatGPT eine Zusammenfassung des

gegebenen Textes. Ebenso ist ChatGPT in der Lage, Texte kindgerecht zu erklären, aus Stichpunkten vollständige Texte zu generieren, oder im Stil eines Piraten zu schreiben. Die Fähigkeiten der KI erstrecken sich sogar bis in die Arithmetik und Logik, obwohl sie nicht explizit darauf trainiert wurde. Abhängig von der Eingabe kann ChatGPT eine Vielzahl von Aufgaben lösen. Die Qualität der Ausgabe hängt dabei maßgeblich von der Qualität des Prompts ab: Bei Logikrätseln beispielsweise verbessert sich die Leistung erheblich, wenn die Aufforderung „Erkläre die Zwischenschritte“ hinzugefügt wird.

»Die Ebene der Bedeutung, auf der Menschen arbeiten, um logische Schlussfolgerungen zu ziehen oder Texte zu schreiben, fehlt diesen Systemen.«

ChatGPT zeigt nicht nur allgemeine Problemlösungsfähigkeiten, sondern ermöglicht auch den Zugriff auf Expertenwissen durch geeignete Prompts. Mehrere Studien haben ergeben, dass ChatGPT bei der Diagnose von Krankheiten basierend auf Fallbeschreibungen deutlich besser abschneidet als speziell entwickelte Diagnosesoftware [7, 8, 9]. Während die konventionelle Software in etwa fünfzig Prozent der Fälle korrekte Diagnosen stellte, lag die Genauigkeit von ChatGPT zwischen sechzig und neunzig Prozent. Diese Ergebnisse sind besonders bemerkenswert, wenn man bedenkt, dass hochspezialisierte Diagnosesoft-

ware, die ausschließlich für diesen Zweck entwickelt wurde, schlechter abschnitt als eine KI, die eigentlich für eine ganz andere Aufgabe trainiert wurde.

Einen weiteren Hinweis auf die spezifischen „Fähigkeiten“, die sich in den GPT-X-Modellen finden, gibt eine Studie zur Modellierung digitaler Zwillinge von Bevölkerungsgruppen [10]. Für diese Untersuchung wurden Interviews herangezogen, die nach US-amerikanischen Wahlen durchgeführt wurden. Die Interviews enthielten Fragen zu Bildungsabschlüssen, Einstellungen zur amerikanischen Flagge, politischen Interessen und Ähnliches. Wenn ein Teil eines Interviews vorgegeben wurde, konnte GPT-3 den Text mit hoher Wahrscheinlichkeit entsprechend dem Original vervollständigen und beispielsweise den Kandidaten vorhersagen, den die interviewte Per-



Foto: www.carstenullrich.net

Zur Person

Carsten Ullrich nutzt seit mehr als zwanzig Jahren künstliche Intelligenz in Forschung und Anwendung. Am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz entwickelte er Assistenzsysteme für die Industrie. Von 2019 bis 2022 war er im Biotech-Unternehmen CENTOGENE verantwortlich für die KI-Strategie und entwickelte unter anderem eine mit dem Health-i Award für Innovation im digitalen Gesundheitswesen ausgezeichnete KI-basierte Biomarker-Plattform. Heute setzt er bei der macros consulting group KI-Projekte in der Finanzindustrie um.

son gewählt hatte. Die Vorhersagekraft ist sehr fein abgestimmt und stellt Beziehungen zwischen verschiedenen gegebenen Aussagen mit hoher Genauigkeit dar. Mit dem richtigen Prompt können also sehr spezifische Verhaltensmuster von Bevölkerungsgruppen, quasi Stereotypen, aus dem Sprachmodell extrahiert werden.

»Die Grenzen der künstlichen Intelligenz werden umso deutlicher, je umfassender der Kontext ist, in dem man Intelligenz betrachtet.«

Dass eine einzige KI eine solche Vielfalt sehr unterschiedlicher Aufgaben auf hohem Niveau bewältigt, ist äußerst unerwartet. Dieser Fortschritt hin zu einer General Purpose AI, einer Allzweck-KI, ist eine neue Entwicklung der KI. Die grundlegende Eigenschaft von KI-Systemen bleibt jedoch bestehen: Die Funktionsweise der künstlichen Intelligenz unterscheidet sich fundamental von der menschlichen Intelligenz.

Sprachmodelle wie GPT-X und andere berechnen ein statistisches Modell, das angibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein bestimmtes Wort auf eine gegebene Sequenz von Wörtern folgt. Sie nutzen keine Semantik und haben demzufolge kein Verständnis im menschlichen Sinne für die Konzepte, die hinter den Wörtern stehen. Die Ebene der Bedeutung, auf der Menschen arbeiten, um logische Schlussfolgerungen zu ziehen oder Texte zu schreiben, fehlt diesen Systemen.

Dies erklärt, warum Sprachmodelle dazu neigen, zu konfabulieren: Bei manchen Eingaben generieren sie Aussagen, die zwar korrekt wirken, aber tatsächlich falsch oder frei erfunden sind. Dieses Verhalten zeigt sich häufig, wenn das System Literaturverweise generiert. Es prüft in seinem statistischen Modell, welche Wörter wahrscheinlich folgen, kann aber nicht beurteilen, ob die daraus resultierende Antwort nicht nur plausibel, sondern auch korrekt ist.

Die „Intelligenz“ verschwindet sozusagen, wenn man die Berechnungen betrachtet, die GPT-X sowohl während des Trainings als auch bei der anschließenden Nutzung durchführt. Ebenso „verschwindet“ der Akteur. Während ein Mensch sich selbstständig seine Ziele und Objekte des Denkens setzt, werden diese für die KI vom Menschen vorgegeben: Sowohl durch den Entwickler des KI-Systems, der den Rahmen des Systems definiert (bei GPT-X handelt es sich um die Verarbeitung von Texten), als auch durch den Nutzer, der innerhalb die-

ses Rahmens die Lösungsberechnung für seine relevanten Probleme initiieren kann. ChatGPT setzt sich nicht selbst Ziele oder entscheidet gar, dass es sich weiterentwickeln möchte, sondern generiert aufgrund einer Eingabe eine Ausgabe.

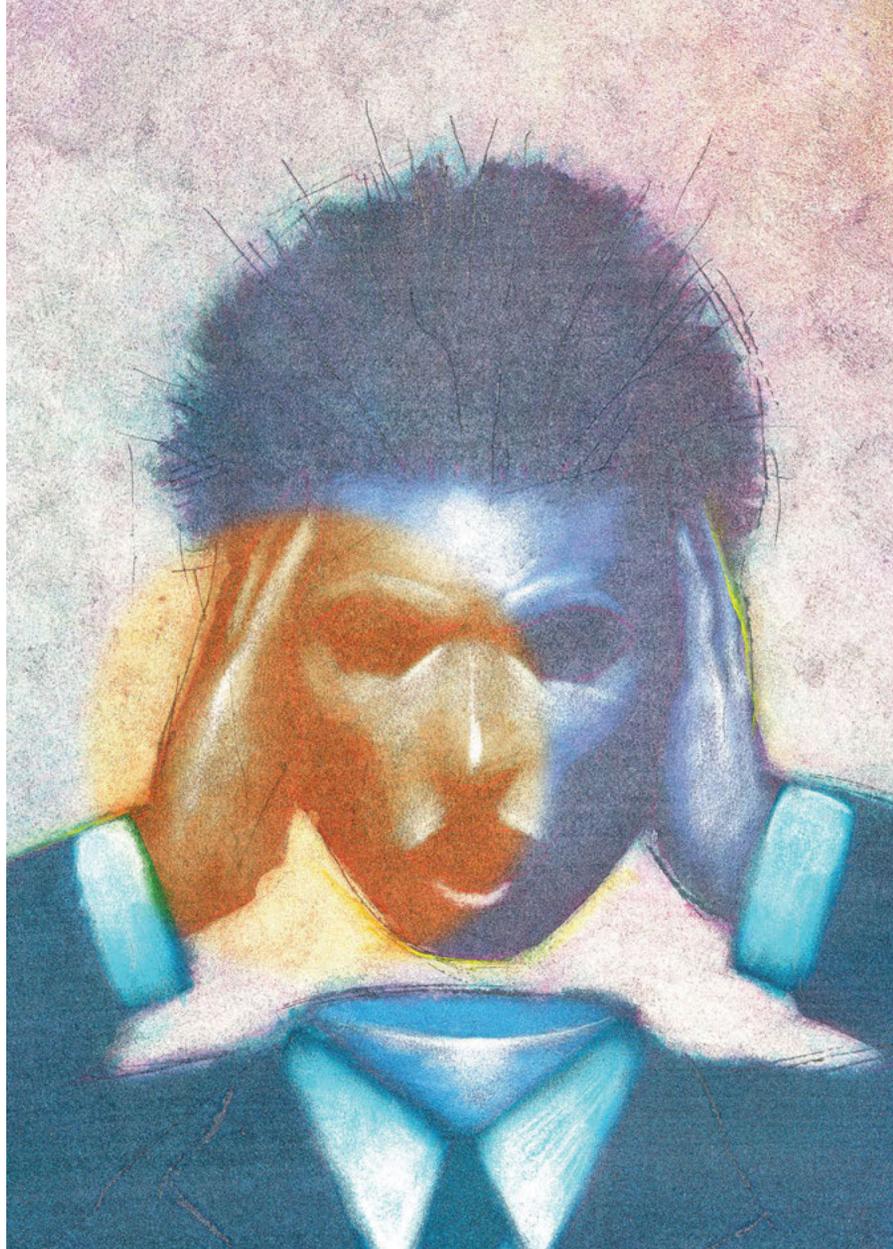
Diese Überlegungen bieten auch eine Antwort auf die Frage nach der AGI, der Artificial General Intelligence. AGI ist eine hypothetische Form der KI, die sich in ihrem Verhalten und ihren Fähigkeiten eigenständig Ziele setzt, sich permanent verbessert und letztendlich den Menschen mit ihrer Intelligenz überflügelt – und möglicherweise sogar eine Bedrohung für die menschliche Existenz darstellt.

Nach aktuellem Wissensstand ist es jedoch unklar, wie eine KI von einem Entwickler so definiert werden kann, dass sie die gesamte Außenwelt abbildet – physikalische Eigenschaften, Verhaltensweisen von Menschen und anderen Lebewesen, soziale Strukturen und so weiter – und zudem in der Lage ist, den festgelegten Rahmen zu erweitern. All dies wäre jedoch notwendig für eine AGI. Obwohl ChatGPT erstaunlich gut in der Lage ist, Strukturen der verschriftlichten Welt abzubilden und für die Vervollständigung von Texten zu nutzen – auf einem Niveau, das disruptive Auswirkungen auf die Arbeitswelt hat –, ist dies nur ein Bruchteil dessen, was menschliche Intelligenz ausmacht.

»Die „Intelligenz“ verschwindet sozusagen, wenn man die Berechnungen betrachtet, die GPT-X sowohl während des Trainings als auch bei der anschließenden Nutzung durchführt.«

Die Grenzen der künstlichen Intelligenz werden umso deutlicher, je umfassender der Kontext ist, in dem man Intelligenz betrachtet. Das wurde mir als Wissenschaftler und Anwender von KI in den letzten Jahren immer klarer. Künstliche Intelligenz simuliert die Ebene der Kognition oder Informationsverarbeitung: Nach einer Eingabe in einer spezifischen Modalität (Bild, Ton, Text *et cetera*), quasi einem Sinneseindruck, wird gemäß einem Algorithmus eine Ausgabe in einer ebenso spezifischen Modalität (Bild, Ton, Text, eventuell auch eine Aktion eines Roboters), quasi eine Reaktion, berechnet. Diese Berechnung wird auf einem Computer durchgeführt, der im wahrsten Sinne des Wortes eine Rechenmaschine ist. Ein Algorithmus und eine Rechenmaschine – das ist letztendlich alles, was für KI benötigt wird.

Im Gegensatz dazu ist der Mensch als intelligentes Wesen, analog zu allen anderen Le-



bewesen, eingebettet in eine Vielzahl von Systemen auf verschiedenen Ebenen, die alle eine Art von Intelligenz im Sinne eines systemerhaltenden Verhaltens zeigen.

In größeren Einheiten zum Beispiel:

» Lebewesen in ihrem sozialen Umfeld: Vom Ameisenvolk, das sich durch das Zusammenspiel der einzelnen Ameisen das Überleben sichert; zum Fischschwarm oder der Bisonherde, die in der Gemeinschaft bessere Überlebenschancen haben als in der Einzelexistenz; bis hin zum Menschen in seiner komplexen Interaktion mit den Mitmenschen.

» Die Interaktionen verschiedener Spezies, die im Miteinander komplexe Ökosysteme ausbilden und in ihren dynamischen Interaktionen zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts beitragen – und dieses auch durchaus resilient bei Störungen wiederherstellen (beispielsweise die Sukzession, das heißt, der natürliche Wiederaufbau eines Waldes nach einem Brand).

Und auch in kleineren Einheiten:

» Im Körper das Zusammenwirken der Organe, des Nervensystems und des Blutkreislaufes, die, angepasst an die aktuelle Situation und außerhalb jeder bewussten Kontrolle, das Überleben des Individuums sicherstellen.

» Dynamiken innerhalb des Organismus: Im einzelnen Organismus gewährleisten komplexe Feedback-Mechanismen zwischen verschiedenen Organen und Systemen, wie das zentrale und periphere Nervensystem und das kardiovaskuläre System, die Aufrechterhaltung wichtiger homöostatischer Prozesse. Dieses unglaublich komplexe Zusammenspiel von Prozessen und Systemen, das weitgehend unterhalb unserer bewussten Wahrnehmung liegt, sichert das Überleben und die Anpassungsfähigkeit des Individuums an wechselnde Umgebungsbedingungen.

» Interzelluläre Dynamiken innerhalb eines Organismus: Im Zentrum des Lebens eines jeden Organismus stehen die Zellen und deren Fähigkeit, in einem komplexen Netzwerk zusammenzuarbeiten. Diese Zell-zu-Zell-Kommunikation ist von entscheidender Bedeutung für viele lebenserhaltende Prozesse (Zelltei-

lung und Wachstum, Versorgung mit Nährstoffen, Wundheilung). All diese Interaktionen sind entscheidend für die Aufrechterhaltung der Gesundheit und Homöostase auf der Ebene des gesamten Organismus.

» Intrazelluläre Prozesse: Innerhalb einer einzelnen Zelle finden eine Vielzahl von molekularen Wechselwirkungen statt, die grundlegende Lebensprozesse ermöglichen (die Genregulation, die bestimmt, welche Gene in einer Zelle zu welchem Zeitpunkt und unter welchen Bedingungen aktiviert oder deaktiviert werden, sowie Transkription und Translation als Reaktion auf interne und externe Signale). Dieses fein abgestimmte Zusammenspiel von Genen, Proteinen und anderen Biomolekülen ist das Herzstück des Lebens auf zellulärer Ebene.

Dies deutet auf einen prinzipiellen Unterschied zwischen künstlicher und menschlicher beziehungsweise natürlicher Intelligenz hin: Heutige KI ist reduziert auf die Ebene der Kognition und wird ausgeführt in einer Maschine, die größtenteils separiert ist von der Umwelt (bis auf einen Stromanschluss). Natürliche Intelligenz ist hingegen eingebettet in größere und kleinere Systeme, die alle zielgerichtetes Verhalten zeigen.

Wie leistungsfähig kann künstliche Intelligenz unter dieser Einschränkung überhaupt werden?

Wie auch immer die Antwort lautet, für uns KI-Wissenschaftler rücken die Lebenswissenschaften den Blick auf KI zurecht und zeigen, welchen kleinen Teil der Welt wir heute damit abdecken können.

Referenzen

- [1] www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/ChatGPT-schon-ausprobiert-Deutschland
- [2] Lin Z. et al., *Science* 379: 1123-30
- [3] <https://github.com/NVIDIA/MegaMolBART>
- [4] Ferruz N. et al., *13(1)*: 4348
- [5] Corso G. et al., *arXiv*. doi:10.48550/ARXIV.2210.01776
- [6] Jumper J. et al., *Nature* 596: 583-9.
- [7] Mehnen L. et al., *medRxiv* doi:10.1101/2023.04.20.23288859
- [8] Benoit, J. R. *medRxiv* doi:10.1101/2023.02.04.23285478
- [9] Kanjee Z. et al., *JAMA* doi:10.1001/jama.2023.8288
- [10] Argyle L. P. et al., *Political Analysis*, 31(3) 337-51

Die Open-Source-Mikroskopie fördert Innovation und Gemeinschaft in den Biowissenschaften

VON BENEDICT DIEDERICH, JENA

Moderne Mikroskope und Bildgebungsverfahren bleiben für viele Forscher und Forscherinnen oft unerreichbar, weil die Instrumente genauso teuer wie kompliziert zu bedienen sind. Die Open-Source-Mikroskopie will dies mit einfach nachzubauenden Geräten ändern, die sich zudem ohne viel Aufwand an individuelle Bedürfnisse anpassen lassen.

Das Mikroskop hat sich von einem einfachen Vergrößerungsglas zu einem vollständig automatisierten KI-gestützten Analysewerkzeug gewandelt, das als wissenschaftliches Instrument beständig weiterentwickelt wird. Entsprechend dem Prinzip „Seeing is believing“ ermöglichen immer ausgefeiltere Mikroskopiertechniken mit besseren Optiken und Detektoren sowie ausgeklügelten Bildverarbeitungs-Algorithmen zunehmend fundierte Einblicke in unterschiedlichste Präparate, die Antworten auf verschiedene multidisziplinäre Fragen geben sollen.

Mit den wachsenden Anforderungen an die Mikroskopie ist aber nicht nur ein steigender Preis verbunden, sondern auch eine erhöhte Komplexität der zugrunde liegenden Systeme. Wo vor 150 Jahren noch Neugierde und handwerkliches Geschick nötig waren, um die richtige Linse zu bestimmen, setzt die moderne Mikroskopie auf ein Zusammenspiel aus Physik, Biologie, Biochemie, Informatik und Ingenieurwissenschaften, wenn es um ein geeignetes mikroskopisches Set-up für ein geplantes Experiment geht.

„Mal eben schnell“ ein Mikroskop im Labor aufzubauen, reicht häufig nicht aus, um mit dem wissenschaftlichen Fortschritt, etwa in der Zellbiologie oder in den Materialwissenschaften, Schritt zu halten.

Nicht nur der Aufwand für die optischen Aufbauten, die sich nicht selten über mehrere Quadratmeter eines optischen Tisches erstrecken, ist immens. Auch das dazu notwendige Wissen aus verschiedenen Disziplinen ist inzwischen äußerst umfangreich, wenn man den Ansprüchen moderner Wissenschaft genügen will. Das macht mikroskopische Verfahren in den Biowissenschaften immer komplizierter und beschränkt zunehmend ihren Zugang.

Kommerzielle Instrumente, etwa hochauflösende Fluoreszenzmikroskope, die für viel Geld angeschafft werden und dann möglichst lange halten sollen, sind oft extrem komplex. Damit einhergehend bieten sie für die Forschenden wenig Transparenz in Hinblick auf

die wissenschaftliche Methode. Zudem sind sie häufig unflexibel und lassen sich nicht an individuelle Forschungsfragen adaptieren. Hinzu kommt, dass die Langlebigkeit der Geräte zwar Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung suggeriert. Durch die eingeschränkte Anwendungsbreite sind aber oft mehrere Mikroskope notwendig, um verschiedene oder neu entstandene wissenschaftliche Fragen beantworten zu können. Das erhöht den finanziellen Aufwand für die Labore, sofern sie die nötigen Mittel überhaupt aufbringen können, und ist zudem nicht besonders nachhaltig.

»Die Open-Mikroskopie-Bewegung verfolgt das Ziel, sowohl die Komplexitätshürde als auch das erforderliche Investitionsvolumen für die Geräte zu senken.«

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie der globale Bedarf mikroskopischer Bildgebungsverfahren gedeckt werden kann, ohne wohlhabende Labore im internationalen Vergleich permanent zu bevorteilen, und die planetaren Ressourcen über Gebühr zu strapazieren. Einen vielversprechenden Lösungsansatz findet man in der Open-Mikroskopie-Bewegung, die das Ziel verfolgt, sowohl die Komplexitätshürde als auch das erforderliche Investitionsvolumen für die Geräte zu senken.

Neben dem Teilen von Konstruktionszeichnungen, Bauanleitungen und Teilelisten setzt sie vor allem auf die Bildung globaler Gemeinschaften, um initial ausschließlich in Forschungszeitschriften publizierte Ergebnisse fortzuentwickeln. Schlüsselemente der Open-Mikroskopie sind unter anderem sich stetig verbessernde Rapid-Prototyping-Instrumente wie 3D-Drucker oder Open-Source (OS)-Elektroniken. Einer ihrer Grundpfeiler ist aber auch der Trend in der OS-Softwareentwicklung, den Quellcode über Plattformen wie GitHub mit anderen zu teilen, um so die eigene

Wissenschaft zu bewerben und Feedback aus der breiten Wissenschaftsgemeinde zu einer Verbesserung der Funktionalität zu erhalten.

Was ist Open-Mikroskopie?

Open-Mikroskopie ist kein fester definierter Begriff. Die Bewegung versucht Open Science, Open Source und Open Data zu verbinden, um die Reproduzierbarkeit von zumeist biologischen Experimenten zu erhöhen [1]. Dazu werden Qualitätsstandards vorgeschlagen, wie zum Beispiel QUAREP-LiMi [2], die Experimente an unterschiedlichen Orten quantitativ vergleichbar(er) machen sollen.

Zu den Strategien der Open-Mikroskopie gehört aber auch der 3D-Druck, das Teilen von Designdateien, das Zurverfügungstellen von Software-Quellcodes für die Aufnahme, Steuerung und Verarbeitung von Mikroskopiedaten sowie das Hochladen aufgenommener Daten zusammen mit den Analysescripten auf Plattformen wie GitHub oder Zenodo [3]. Wissenschaftende sollen hierdurch die Möglichkeit erhalten, ein Experiment unabhängig zu replizieren, was nur durch ein hohes Maß an Transparenz möglich ist.

Digitale Forensiker wie die vielzitierte Elisabeth Bik zeigen regelmäßig, wie wichtig die Implementierung von Open-Science-Standards ist – der Druck, immer neue wissenschaftliche Ergebnisse zu präsentieren, führt oft genug dazu, dass Forschungsergebnisse manipuliert werden. In den letzten Jahren haben sich einige Projekte herausgebildet, die sowohl als gute Beispiele für die Dokumentation wissenschaftlicher Daten als auch der Interaktion mit der wissenschaftlichen Gemeinschaft dienen können – und hierdurch den Begriff „Open Science“ deutlich prägen. Zu diesen gehören neben der weitverbreiteten Bildverarbeitungs-Software Fiji/ImageJ [4] auch das 3D-gedruckte OpenFlexure-Mikroskop [5] sowie die Mikroskopie-Steuerungssoftware MicroManager [6] – alles wichtige Werkzeuge im täglichen Einsatz vieler Labore.

Warum immer das Rad neu erfinden?

Wissenschaft lebt von der Neugierde der Forscher und Forscherinnen. Um neue Fragen beantworten zu können, sind häufig neue Ansätze, Methoden und Werkzeuge nötig. Dazu kommt der Druck, dass es nur die innovativen, disruptiven oder „groundbreaking“ Ergebnisse in die „High-Impact-Journale“ wie *Nature* oder *Science* schaffen. In diesen zu publizieren, hat für die wissenschaftliche Karriere nach wie vor eine hohe Bedeutung. Angesichts der kompetitiven Grundstimmung im „Wissenschaftsbusiness“ verwundert es kaum, dass oft jedes Labor eine eigene individuelle Lösung für ein Problem sucht, das parallel in anderen Laboren ebenfalls erforscht wird. Werden vergleichbare Forschungsvorhaben an vielen Orten zeitgleich verfolgt, verschlingt dies enorme Ressourcen an Zeit, Geld und Material. Zumindest im Hinblick auf den wissenschaftlichen Output kann kooperative Offenheit innerhalb der wissenschaftlichen Community zielführender sein. Das zeigen Gegenentwürfe globaler Kooperation und Transparenz zur gemeinsamen Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen, etwa im Rahmen der Impfstoffentwicklung während der Corona-Pandemie.

»Zumindest im Hinblick auf den wissenschaftlichen Output kann kooperative Offenheit innerhalb der wissenschaftlichen Community zielführender sein.«

Vor etwa fünf Jahren haben wir uns in der Forschungsgruppe von Rainer Heintzmann am Leibniz-Institut für Photonische Technologien e. V. (Leibniz-IPHT) die Frage gestellt, ob sich die Wiederverwertbarkeit der konstruierten Mikroskope durch eine modulare Bauweise erhöhen lässt. Bei der von uns entwickelten quelloffenen Mikroskopie-Plattform UC2 (You. See. Too., [7]) finden einzelne Elektronik- sowie Optikkomponenten, zum Beispiel Objektive, Kameras oder Stages, in 3D-gedruckten, beziehungsweise spritzgegossenen, Würfeln Platz, die durch eine dreidimensionale Anordnung der Module beliebig komplexe Aufbauten ermöglichen. Basierend auf einer wachsenden Bibliothek verfügbarer Module [8], die teilweise auch von der Nutzergemeinschaft entwickelt wurden, lassen sich im Rapid-Prototyping-Ansatz etwa mehrfarbige Fluoreszenzmikroskope für Multiwellplatten zügig bauen oder Lichtblattmikroskope für Materialprobenanalysen „zusammenwürfeln“. Die von uns mitentwickelte Python-basierte Mikroskopie-Ansteuerungs- und Bildverarbei-



tungssoftware ImSwitch [9] unterstützt die Systeme als quelloffene und ebenfalls Community-entwickelte Lösung. Der hierbei verbauten mehrdimensionale Bildviewer Napari [10] ist mit vielen Plug-ins ausgestattet, um zum Beispiel Biowissenschaftler mit automatischen Zellsegmentierungen zu unterstützen.

Zusammenspiel von Hard- und Software

ImSwitch und UC2 sind perfekte Beispiele dafür, wie Open Source zu Synergieeffekten von Wissenschaftenden an komplett unterschiedlichen Orten, Stockholm und Jena,

führen kann. Beide Projekte waren bereits vor der wissenschaftlichen Veröffentlichung über Plattformen wie GitHub zugänglich. Die User konnten zu diesen Feedback geben sowie Ideen einbringen und waren auf diese Weise aktiv am Entwicklungsprozess beteiligt. Die Kernkompetenzen von Hard- und Softwareentwicklung der beiden Institutionen schlugen sich in einem professionellen, modularen Gesamtsystem nieder, das sich an neue Mikroskopie-Ansätze adaptieren lässt. Die hierdurch entstandene Nutzer-Community ist die Basis dafür, dass die Projekte auch nach der Finanzierungsperiode der Kernentwickler weiter bestehen bleiben. Die in der Regel auf vier bis

fünf Jahre befristete Projektlaufzeit von Promotionsverfahren oder Postdoc-Verträgen führt häufig dazu, dass Open-Source-Projekte nicht weiterentwickelt werden.

»Für die Integration einer Komponente in die eigenen Arbeitsabläufe sind häufig viele unterschiedliche Adapter nötig.«

Eine ausführliche Dokumentation ist neben der Adressierung eines klaren Nutzerbedürfnisses eine Kernkomponente für ein erfolgreiches und nachhaltiges Projekt – auch außerhalb der Open-Source-Welt. Plattformen wie GitHub (<https://openuc2.github.io/>), ReadTheDocs oder Instructables erleichtern die Dokumentation für schrittweise Anleitungen. Dennoch sollte auch über die Art der Projektförderung durch die geldgebenden Institutionen diskutiert werden. Neben der Förderung innovativer Einzelprojekte sollten allen Forschern und Forscherinnen von vorne he-

rein auch die nötige Infrastruktur sowie bessere Instrumente zur Verfügung stehen. Dies führt nicht zwangsläufig sofort zu High-Impact-Publikationen. Bessere und ausgereifere Werkzeuge, die durch wiederverwendbare Komponenten weniger Ressourcen verschlingen, tragen aber zu einem solideren Fundament der gesamten Forschungslandschaft bei.

Die Schaffung von Schnittstellen ist ein weiterer wichtiger Aspekt. Jedes wissenschaftliche Labor hat eine Kernexpertise und benötigt für die Experimente meist spezielle Instrumente. Für die Integration einer Komponente in die eigenen Arbeitsabläufe sind häufig viele unterschiedliche Adapter nötig, die wiederum die Komplexität der Systeme erhöhen. Bereits vorhandene Standards, die sowohl Software-Module wie zum Beispiel REST-API als auch Hardware-Module, etwa Bildebenen, miteinander verknüpfen, lösen dieses Problem.

Beispiele hierfür sind Kombinationen aus der oben erwähnten Mikroskopie-Plattform UC2 mit der Steuerungssoftware ImSwitch (UC2-ImSwitch), mit dem OpenFlexure-Mikroskop (UC2-OpenFlexure) oder mit einem Pipettierroboter (UC2-Opentrons) [11]. Die Open-Source-Komponenten lassen sich schnell verbinden und adaptieren, um auch komplexe Laborautomations-Experimente durchzuführen.

Hier entwickeln, dort einsetzen

Im digitalen Zeitalter, in dem fast überall auf der Welt internetfähige Endgeräte oder gar 3D-Drucker zu finden sind, hat das Teilen der Quellen aber noch einen weiteren Vorteil bei der globalen wissenschaftlichen Inklusion. Online Repositories dienen als digitale Teleporter: Die Lösungen werden am Standort A entwickelt und am Standort B gebaut, getestet und verwendet. Lokal durchgeführte Workshops zum Thema Mikroskopie in Ländern wie Madagaskar, Chile und Nigeria zeigen, dass sich Projekte wie das UC2-System oder das Mini-Mikroskop ESPressoscope (<https://matchboxscope.github.io/>) auch außerhalb der entwickelnden Institution mit den vor Ort vorhandenen Mitteln replizieren lassen.

Diese Option sollten Open-Source-Entwickler bereits während der Konzipierung und Entwicklung eines Projekts berücksichtigen. Frei nach dem Motto „Not macht erfinderisch“ muss man sich hierbei folgende Fragen stellen: Kann eine Person das Projekt nachbauen? Welche Bauteile lassen sich am Standort B beschaffen? Welche Umwelteinflüsse könnten die Bildqualität beeinträchtigen? Wie kommen die Nutzer und Nutzerinnen an die Daten und wie müssen sie für einen erfolgreichen Nachbau aufbereitet werden? Das gilt auch für Open-Source-Projekte,

die nicht nur im Bildungskontext eingesetzt werden können, sondern auch den Ansprüchen von Laboren in der Spitzenforschung genügen sollen. Ein Beispiel hierfür ist das MesoSPIM-Mikroskop [12], das makroskopische Volumenaufnahmen von Fluoreszenzproben mittels Lightsheet-Mikroskopie ermöglicht. Obwohl der Preisrahmen am Ende bei mehreren 100.000 Euro liegt, führt die hohe Leistungsfähigkeit des Systems und das fehlende kommerzielle Pendant dennoch zu vielen weltweiten Nachbauten.

Open Innovation durch Open Source

Wie bereits erwähnt, hängt das Überleben eines Open-Science-Projekts vom Commitment der Nutzer ab. Um es nachhaltig zu betreiben, sind in den meisten Fällen eine höhere Organisationsstruktur sowie in manchen Teilen auch ein kommerzielles Interesse nötig. Der Forschungsstandort Deutschland translatiert jedes Jahr neue, innovative und zukunftssträchtige Ideen aus dem Labor in die Wirtschaft. Ein Kriterium seitens der Investoren sind in fast allen Fällen Patente und das damit verbundene geistige Eigentum (Intellectual Property, IP).

Dennoch ist es mit dem quelloffenen Ansatz möglich, ein Geschäftsmodell aufzubauen. Das aus dem Leibniz-IPHT ausgegründete Start-up openUC2 (openuc2.com) setzt sich zum Ziel, das modulare Mikroskopie-Konzept einem breiten Nutzerspektrum zur Verfügung zu stellen, und damit das Bild der Mikroskopie zu revolutionieren.

»Das Überleben eines Open-Science-Projekts hängt vom Commitment der Nutzer ab.«

Die offene Entwicklung mit der wissenschaftlichen Gemeinschaft und der damit verbundene für jeden offene Zugang zu den Quellen ermöglichen völlig neue Geschäftsmodelle. So ist eine dezentrale Produktion in den Firmen möglich, wobei Neuerungen wieder mit der Gemeinschaft geteilt werden müssen. Der langwierige Prozess der Patentanmeldung entfällt, neue Innovationen können schneller entwickelt werden. Open-Source-Lizenzmodelle erlauben es darüber hinaus, auch Soft- und Hardwarelösungen zu integrieren, die ansonsten teuer wären. Der Mehrwert bleibt in der Community, die etwa mithilfe frei verfügbarer Konstruktionszeichnungen schnell eigene Komponenten an die Geräte anbauen kann.



Foto: Leibniz-IPHT

Zur Person

Benedict Diederich studierte Elektrotechnik mit Schwerpunkt Optik an der Fachhochschule Köln. Im Rahmen seiner Promotion am Leibniz-IPHT Jena entwickelt er Bildverarbeitungsmethoden und kostengünstige optische Systeme. Als Mitbegründer des Open-Hardware-Start-ups openUC2 plant er während seines Postdocs im Labor von Manu Prakash an der Stanford University, die „Frugal Optics“ in der Meeresbiologie-Gemeinschaft voranzubringen.



Fazit und Ausblick

Die Open-Source-Mikroskopie ist eine bahnbrechende Bewegung, die Wissenschaftenden die Möglichkeit bietet, die Grenzen der biologischen Bildgebung und -analyse zu erweitern. Open-Source-Technologien und globale Gemeinschaften helfen mit, die Kosten und Komplexität leistungsfähiger Mikroskope erheblich zu senken, wodurch diese auch ärmeren Laboren offenstehen. Aus der Kombination von Transparenz, Reproduzierbarkeit und Zusammenarbeit sind auch die Mikroskopie-Plattform UC2 sowie die Mikroskopie-Steuerungs- und Bildverarbeitungssoftware ImSwitch entstanden. Sie belegen, dass die Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Fachbereichen und Standorten zu hochmodernen, anpassungsfähigen und effektiven Mikroskopiesystemen führen kann.

Trotz der erheblichen Fortschritte, die die moderne Mikroskopie bereits erzielt hat, verbleiben noch zahlreiche Herausforderungen,

für die Open-Source-Mikroskopie. Ein Beispiel sind Hochleistungsmikroskope wie das 3D-gedruckte Einzelmolekül-Detektions-Mikroskop mit Sub-100-nm-Auflösung [13]. Universelle Standards und Schnittstellen, sowohl auf der Software- als auch auf der Hardwareseite, die die Kompatibilität und einfache Integration

»Der Ansatz, Projekte digital zu teilen und vor Ort mit lokalen Ressourcen nachzubauen, fördert die wissenschaftliche Inklusion und ermöglicht Spitzenforschung auf globaler Ebene.«

von Modulen gewährleisten, können hier einen wichtigen Beitrag leisten. Die Entwicklung dauerhafter und nachhaltiger Projekte, die über die typischen Zeiträume von Forschungsfinanzierungen hinaus Bestand ha-

ben, ist ein weiterer Knackpunkt. In diesem Zusammenhang ist auch eine neue Form des wissenschaftlichen Belohnungssystems vonnöten, das den „Impact“ neu definiert.

Ein zentrales Thema der Open-Source-Mikroskopie ist die weltweite Verbreitung der Instrumente in Laboren mit geringeren finanziellen Mitteln und Möglichkeiten. Der Ansatz, Projekte digital zu teilen und vor Ort mit lokalen Ressourcen nachzubauen, fördert die wissenschaftliche Inklusion und ermöglicht Spitzenforschung auf globaler Ebene. Zu guter Letzt muss auch die Wissenschaft eine Nachhaltigkeits-Strategie verfolgen. Open-Source-Mikroskopie und modulare Systeme wie UC2 können als Beispiel für eine umweltverträglichere Wissenschaftspraxis dienen.

Die Open-Source-Mikroskopie beschleunigt nicht nur den wissenschaftlichen Fortschritt. Die ihr zugrunde liegende Transparenz, Flexibilität und Nachhaltigkeit bieten auch ein enormes Potenzial für verantwortungsbewusste wissenschaftliche Innovationen und Entwicklungen in der Zukunft. Um das volle Potenzial der Open-Source-Bewegung zu entfalten, muss die Wissenschaftsgemeinschaft zusammenarbeiten und offene, transparente sowie kooperative Ansätze fördern.

Referenzen

- [1] Hohlbein J. et al., *Nature Methods* 19: 1020-25
- [2] Boehm U. et al., *Nature Methods* 18: 1423-26
- [3] Diederich B. et al., *Nature Methods* 19: 1026-30
- [4] Schindelin J. et al., *Nature Methods* 9: 676-82
- [5] Collins J.T. et al., *Biomedical Optics Express* 11 (5): 2447-60
- [6] Edelstein A.D. et al., *Journal of Biological Methods* 1(2): e10
- [7] Diederich B. et al., *Nature Communications* 11: 5979
- [8] <https://github.com/openUC2/UC2-GIT>
- [9] Casas Morena X. et al., *Journal of Open Source Software* 6(64): 339
- [10] doi.org/10.5281/zenodo.3555620
- [11] Ouyang W. et al., *Adv. Biology* 6: 2101063
- [12] Voigt F.F. et al., *Nature Methods* 16: 1105-08
- [13] Zehrer A.D. et al., *bioRxiv* doi.org/10.1101/2023.05.31.542706

Der europäische Galaxy-Server demokratisiert die Analyse biowissenschaftlicher Daten

VON ANIKA ERXLIVEN-EGGENHOFER, FREIBURG

Die Erhebung rechenintensiver Sequenzdaten ist Standard in den Biowissenschaften. Dennoch fehlt vielen Forschern und Forscherinnen sowohl das nötige Wissen für die Datenanalyse als auch ein einfacher Zugang zu kostenfreien großen Recheninfrastrukturen. Das Galaxy-Projekt ist auf dem besten Weg, dies zu ändern.

Seit 2005 bietet das Galaxy-Projekt [1] eine kostenfreie Open-Source-Lösung an, die Biowissenschaftlern den Zugang zur Datenanalyse mit einer benutzerfreundlichen Umgebung erleichtert. Der Galaxy-Server ist mittlerweile ein fester Bestandteil vieler deutscher, europäischer und globaler Projekte. Ursprünglich wurde er vom Deutschen Netzwerk für Bioinformatik-Infrastrukturen (de.NBI) gefördert, inzwischen ist Galaxy Partner in mehreren nationalen Forschungsinfrastrukturprojekten (zum Beispiel NFDI DataPlant, NFDI Bioimage) sowie in europäischen Projekten (etwa EuroScienceGateway, EOSC4Cancer, BY-COVID).

Die von Wissenschaftlern der Pennsylvania State University entwickelte Galaxy-Plattform ermöglicht den Zugang zu vielen Bioinforma-

tik-Werkzeugen und Analyse-Tools, die ohne Programmierkenntnisse oder technische Kenntnisse bedient werden können. Forscher und Forscherinnen können ihre eigenen Daten auf die webbasierte Plattform hochladen, Referenzdaten aus Datenarchiven importieren, Analysen durchführen und ihre Ergebnisse visualisieren. Eine Installation ist nicht notwendig.

Der seit 2010 bestehende europäische Galaxy-Server (Galaxy-EU) [2] ist die größte Galaxy-Instanz für die Analyse biowissenschaftlicher Daten in Europa. Unter der Leitung von Björn Grüning wird er vom Freiburg Galaxy Team an der Universität Freiburg gemeinsam mit anderen europäischen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen betrieben und zählt mittlerweile über 70.000 Benutzer, die ihn als zentrale Anlaufstelle in Europa nutzen.

Der European-Galaxy-Server kann große Datenmengen verarbeiten und erlaubt den Zugriff auf leistungsstarke Rechenressourcen, die sowohl in Freiburg als auch an anderen Standorten in Deutschland und Europa zur Verfügung gestellt werden. Mit dem Server lassen sich komplexe Analysen in kürzester Zeit durchführen – die Nutzer sind jedoch reine Anwender und müssen keine zusätzliche (Denk-)Arbeit in die IT-Infrastruktur investieren. Eine tiefergehende, aktive Beteiligung ist aber dennoch möglich und auch immer willkommen.

Entwickler von Bioinformatik-Werkzeugen beziehungsweise Tools können ihre Open-Source-Programme nach einem erfolgreichen Community-Review-Prozess den Galaxy-Benutzern zur Verfügung stellen. Über einen Tool-Katalog (ToolShed) [3] können alle Tools von einem Galaxy-Administrator auf den Galaxy-Servern installiert werden.

Die Benutzerfreundlichkeit ist ein wesentlicher Vorteil des European-Galaxy-Servers. Die Plattform wurde so gestaltet, dass auch Forscher und Forscherinnen mit wenig Erfahrung in der Bioinformatik leicht darauf zugreifen und ihre Daten einfach analysieren können.

Dies ist insbesondere durch eine intuitive Benutzeroberfläche gewährleistet, mit der sich die Ergebnisse auch in einer verständlichen Form visualisieren lassen.

Der Server beherbergt mehr als 3.200 Bioinformatik-Werkzeuge [4]. Die Palette reicht von einfachen Textmanipulations-Tools für die Bearbeitung mehrerer GB großer Excel-Dateien über Mapping- und Assembly-Tools für genomische Daten bis zu Statistik-Werkzeugen, Auswertungssoftware für Imaging-Daten sowie zahlreichen Visualisierungen, etwa mit Diagrammen, Plots oder Heat Maps.

»Die Plattform wurde so gestaltet, dass auch Forscher und Forscherinnen mit wenig Erfahrung in der Bioinformatik leicht darauf zugreifen und ihre Daten einfach analysieren können.«

Galaxy-Nutzer können auf verschiedene Datenarchive zugreifen, um die eigenen Daten mit bereits vorhandenen abzugleichen. Zu diesen gehören zum Beispiel das European Nucleotide Archive (ENA) und NCBI sowie Datenbanken für Organismen, etwa Flymine und Yeastmine, aber auch andere bekannte Ressourcen wie UniProt, UCSC Main Table Browser sowie Biomart Ensembl.

Die Galaxy-Plattform arbeitet so weit als möglich nach den FAIR (Findable, Accessible, Interoperable und Reproducible)-Prinzipien [5]. Jeder einzelne Schritt des Benutzers wird in der sogenannten History gespeichert. Die History ist mit einem elektronischen Laborbuch vergleichbar, das jeden Datenanalyse-schritt mit den genauen Parametern und Metadaten aufzeichnet, etwa das verwendete Tool mit der Versionsnummer und den jeweils eingestellten Parametern. Das gewährleistet eine genaue Dokumentation der analysierten Daten und vereinfacht die Reproduktion der Ergebnisse.



Foto: Univ. Freiburg

Zur Person

Anika Erxleben-Eggenhofer hat an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Biologie studiert und dort in der Pflanzenbiotechnologie bei Ralf Reski promoviert. Seit 2015 ist sie im Freiburg Galaxy Team verantwortlich für das Projektmanagement von nationalen und internationalen Projekten sowie für Lehre und Galaxy-Training für Studierende und Galaxy-Benutzer.



Alle Tools lassen sich zu sogenannten Workflows kombinieren, um die Analysen zu automatisieren. Die Workflows reihen die In- und Output-Dateien der Tools aneinander – die Output-Dateien dienen jeweils als Input für den nächsten Analyseschritt, gleichzeitig können auch verschiedene Datenformate konvertiert werden. Hierdurch ist es möglich, mehrere hundert Analyseschritte zu automatisieren und dabei die Parameter ohne großen Aufwand anzupassen. Galaxy-Nutzer können die Tools und Workflows untereinander teilen und für gemeinsame Arbeiten einsetzen.

Galaxy-EU wird von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen aus unterschiedlichen Disziplinen genutzt, für die jeweils spezifische Tools bereitstehen [6]: Etwa für Pflanzenwissenschaften, Ökologie, Metagenomik, Chemieinformatik, Klimaforschung, Imaging und Machine Learning. Die Communitys können ihre Daten auf speziellen Subdomain-Seiten tauschen und finden dort auch die für sie geeigneten Werkzeuge.

Ein weiteres wichtiges Element des Galaxy-Projekts ist das Galaxy Training Network (GTN) [7]. Dieses besteht aus einer Gruppe von Experten und erfahrenen Mitgliedern der Galaxy-Community, die Schulungen und Tutorials zu verschiedenen Aspekten der Datenanalyse mit Galaxy anbieten. Das Netzwerk vermittelt den Teilnehmern die erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse, die nötig sind, um die Galaxy-Plattform effektiv zu nutzen und optimale Ergebnisse zu erzielen. In über 300 Tutorials mit Schritt-für-Schritt-Anleitungen, Präsentationen und Videoanleitungen [8] können sich Anfänger und Fortgeschrittene, Tool-Entwickler sowie Administratoren von Galaxy-Instanzen in der Datenanalyse weiterbil-

den. Galaxy-Experten haben aus aufeinander aufbauenden Tutorials sogenannte Learning Pathways kreiert, die es den Teilnehmern erleichtern sollen, sich das Wissen sukzessive und logisch strukturiert anzueignen. Neben dem Material für das Selbststudium existieren zahlreiche Galaxy-Workshops [9], in denen Galaxy-Instruktoren die User schulen. Die Experten teilen ihre Erfahrungen mit den Teilnehmern und geben praktische Tipps, die ihnen helfen sollen, ihre Analysen effizienter und präziser durchzuführen. Sie geben zudem Einblicke in bewährte Workflows und erläutern, wie verschiedene Analysewerkzeuge kombiniert werden können, um möglichst viel aus den Daten herauszuholen.

»Die Communitys können ihre Daten auf speziellen Subdomain-Seiten tauschen und finden dort auch die für sie geeigneten Werkzeuge.«

Für Galaxy-Instruktoren stellt Galaxy im Rahmen des Serviceangebots „Training Infrastructure as a Service“ (TlaaS) die nötige Infrastruktur für Schulungen zur Verfügung. Nach der Anmeldung über ein einfaches Formular werden dedizierte Rechenkapazitäten etwa für einen Galaxy-Workshop freigegeben. Der Instruktor kann sich den Fortschritt des Kurses über ein sogenanntes Dashboard visuell anzeigen lassen – insbesondere bei Online- oder Hybridtrainings ist dies eine hilfreiche Funktion, um besonders schnelle oder langsame Teilnehmer besser zu unterstützen oder generelle Probleme, etwa bei den Tool-Laufzeiten,

zu identifizieren. Bisher fanden fast 400 Kurse statt, in denen mehr als 36.000 Teilnehmer mit Galaxy vertraut gemacht wurden.

Die einfache Bedienbarkeit der Galaxy-Plattform und die zahlreichen Tutorials sind auch für die Citizen-Science-Projekte hilfreich, in denen sich das europäische Galaxy-Team engagiert. Die Projekte sollen interessierten Laien ohne wissenschaftliche Kenntnisse einen Zugang zur Forschung ermöglichen. Die StreetScienceCommunity [10] hat dafür zum Beispiel das BeerDEcoded-Projekt entwickelt, bei dem die Teilnehmer in kleinen zweitägigen Workshops die DNA aus Hefestämmen von verschiedenen Biersorten isolieren und sequenzieren. Das Team verwendet dazu einen Nanoporen-Sequenzierer, der kleiner ist als ein gewöhnliches Handy und die Daten für die Sequenzanalyse direkt auf den Galaxy-Server überträgt.

Referenzen

- [1] <https://galaxyproject.org>
- [2] <https://usegalaxy.eu>
- [3] <https://toolshed.g2.bx.psu.edu>
- [4] <https://usegalaxy-eu.github.io/tools.html>
- [5] https://www.forschungsdaten.org/index.php/FAIR_data_principles
- [6] <https://usegalaxy-eu.github.io/posts/2020/12/28/subdomains>
- [7] <https://training.galaxyproject.org>
- [8] <https://gallantries.github.io/video-library/library>
- [9] <https://galaxyproject.org/eu/events>
- [10] <https://streetscience.community>

Kongresse, Tagungen, Symposia

2023

21.7.–23.7. Münster
Summer Symposium of the Junior GBM | Info: <https://sommersymposium.gbm-online.de>

14.8.–20.8. Bielefeld
Behaviour 2023 Conference | Info: www.uni-bielefeld.de/behaviour2023

23.8.–25.8. Zürich (CH)
Epigenetic Inheritance Symposium – Impact for Biology and Society | Info: www.epigenetic-inheritance-zurich.ethz.ch

23.8.–25.8. Darmstadt
International Conference on Drug Conjugates for Directed Therapy | Info: www.uni-bielefeld.de/drugconjugates

23.8.–26.8. Gießen
26. Tagung der Sektion Biodiversität und Evolutionsbiologie der Deutschen Botanischen Gesellschaft (DBG) | Info: www.deutsche-botanische-gesellschaft.de/sektionen/biodiversitaet-evolution



Termine 2023

21.07., 19:00 Uhr: Ludwigsburg
 (Central Filmtheater)

16.08., 20:00 Uhr: Berlin
 (Zeiss-Großplanetarium)

13.09., 20:00 Uhr: Berlin
 (Zeiss-Großplanetarium)

16.09., 20:00 Uhr: Leipzig
 (Schauspielhaus)

25.09., 20:30 Uhr: Hamburg
 (Uebel & Gefährlich)

11.10., 20:00 Uhr: Berlin
 (Zeiss-Großplanetarium)

12.10., 20:30 Uhr: Köln
 (Gebäude 9)

Mehr Infos: www.scienceslam.de

28.8.–30.8. Gießen
Tuft Cells – Von Behring-Röntgen and Leopoldina-Symposium | Info: www.leopoldina.org/veranstaltungen/veranstaltung/event/3059

4.9.–6.9. Jena
ICON Europe 2023 – 4th International Conference On Nanoscopy | Info: www.icon-europe.org

4.9.–8.9. Kassel
115th Annual Meeting of the German Zoological Society (DZG) | Info: <https://dzg-meeting.de>

5.9.–6.9. Frankfurt/M.
GBM Compact Conference: Focus on Proteomics | Info: <https://gbm-compact.org/gbm-compact-2.html>

6.9.–7.9. Essen/Online
Big Bang Health Festival 2023: Zukunft des Gesundheitswesens, Big Data und Digitalisierung | Info: <https://bigbang.health>

6.9.–8.9. Mainz
60. Wissenschaftliche Tagung der Gesellschaft für Versuchstierkunde (GV-SOLAS) und 21. Fortbildungsveranstaltung der IGTP | Info: www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/trc23-01

6.9.–10.9. Heidelberg/Online
EMBL Conference: Protein Synthesis and Translational Control | Info: www.embl.org/events

8.9.–10.9. Würzburg
YARE 2023 / 10th ESE Young Endocrinologists & Scientists (EYES) Meeting | Info: www.eyes-2023.com

9.9.–11.9. Berlin
Wildlife Research and Conservation 2023 (WRC2023) | Info: www.izw-berlin.de/en/wildlife-research-and-conservation-sept-2023.html

10.9.–13.9. Göttingen
Annual Conference of the Association for General and Applied Microbiology (VAAM) | Info: www.vaam-kongress.de

11.9.–14.9. Freising
9. Tagung für Arznei- und Gewürzpflanzenforschung | Info: www.dfa-aga.de/tagung.html

WÜRZBURG

Mittwoch, 26. Juli 2023, 17:15 Uhr
 Kolloquium, Boveri Lecture, Biozentrum, Hubland Süd, Hörsaal A101
Katalin Karikó (Philadelphia): Developing mRNA for therapy



Obwohl Forscher und Forscherinnen schon in den Neunzigerjahren mit mRNA-Vakzinen experimentierten, dauerte es noch dreißig Jahre, bis 2021 die ersten mRNA-Impfstoffe im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie zugelassen wurden. Für die lange Entwicklungszeit und die vielen gescheiterten Versuche waren insbesondere zwei Eigenschaften der mRNA verantwortlich, die den Wissenschaftlern lange Zeit Kopfzerbrechen bereiteten: die mRNA zerfiel oder wurde abgebaut, bevor sie in das gewünschte Antigen translatiert wurde, gleichzeitig löste sie eine Immunantwort aus, die zu gefährlichen Entzündungen führte. Die Immunogenität der mRNA unterdrückten die Impfstoffentwickler, indem sie Uridin durch Pseudouridin ersetzten; ihren Abbau verhinderten sie schließlich mithilfe von Lipid-Nanopartikeln, die die mRNA umhüllen. Genauer hierzu berichtet die Pionierin der mRNA-Technologie und ehemalige Vizepräsidentin von Biontech, **Katalin Karikó**, am 26. Juli in Würzburg.

Mehr Infos, Vorträge, Seminare, Kolloquia: www.laborjournal.de/termine

11.9.–16.9. Dresden
XVI. EUCARPIA Fruit Breeding and Genetics Symposium | Info: <https://gpz-online.de/events/xvi-eucarpia-fruit-breeding-and-genetics-symposium>

12.9.–14.9. Rüdelsheim
From Molecular Mechanisms to High-Performance Systems – Beilstein Enzymology Symposium 2023 | Info: www.beilstein-institut.de/en/symposia/enzymology

12.9.–14.9. Hamburg
German Conference on Bioinformatics (GCB2023) | Info: <https://gcb2023.de>

12.9.–15.9. Dresden
16th Dresden Symposium of Autoantibodies | Info: www.gfid-ev.de

12.9.–16.9. Leipzig
52 Annual Meeting of the Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland (GfÖ) – The Future of Biodiversity: Overcoming Barriers of Taxa, Realms and Scales | Info: www.gfoe-conference.de

13.9. Hamburg
Laborfachmesse Labsolutions Live (Th. Geyer) | Info: www.thgeyer.com/de/news-events/events

14.9.–15.9. Frankfurt/M.
ZOWIAC-Konferenz Wildtierforschung (Zoonotische und Wildtierökologische Auswirkungen invasiver Carnivoren) | Info: <https://zowiac.eu/Konferenz>

14.9.–19.9. Lehesten (Thüringen)
 Exkursionstagung, Mitgliederversammlung und wissenschaftliche Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Mykologie | Info: www.dgfm-ev.de/veranstaltungen-und-foerderpreise/tagungen/2023-lehesten

17.9.–21.9. Berlin
14th European Congress of Chemical Engineering and 7th European Congress of Applied Biotechnology | Info: <https://ecce-ecab2023.eu>

18.9.–20.9. Freiburg
7th Annual SynBio Conference of the German Association for Synthetic Biology (GASB 7) & Designer Biology | Info: <https://gasb.de/conference>

18.9.–20.9. Köln
From Concepts to Clinic: a New Era of Nucleic Acid Therapeutics – Center for Molecular Medicine Cologne (CMC) Symposium 2023 in Molecular Medicine | Info: www.cmmc-uni-koeln.de/events/cmmc-symposium-2023

18.9.–20.9. Lübeck
75. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) | *Info: www.dghm.org/veranstaltungen/dghm-jahrestagungen*

18.9.–22.9. Köln
Jahrestagung 2023 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) | *Info: www.dgl-ev.de*

20.9.–22.9. Marburg
Respiratory RNA Viruses: From the Laboratory to the Clinic – Internationales Symposium des Sonderforschungsbereichs 1021 | *Info: www.sfb1021.de*

20.9.–22.9. Saarbrücken
International VAAM Symposium: Biology of Bacterial Natural Products | *Info: <https://vaam.hips-wordpress.helmholtz-hzi.de>*

20.9.–22.9. Würzburg
Microbiology 2023: From Single Cell to Microbiome and Host (Interacademy Conference) | *Info: <https://microbiology2023.de>*

20.9.–23.9. Heidelberg/Online
EMBO | EMBL Symposium: The Human Microbiome | *Info: www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/ees23-08*

21.9.–23.9. Berlin
102nd Annual Meeting of the German Physiological Society (DGP) – Joint Meeting with the Austrian Physiological Society (APS) & Life Sciences Switzerland (LS2) Physiology | *Info: www.dpg2023.de*

22.9.–23.9. Stuttgart
International Conference on 100 Years of Results on Boron Research in Plants (Happy Boron) | *Info: www.plant-nutrition.de/wp-content/uploads/2023/01/FirstCircular_100yrsBoron.pdf*

23.9. Bremen
Neuro 23 – Tagung zu neuro-degenerativen Erkrankungen (Multiple Sklerose, Morbus Parkinson und Demenz) | *Info: <https://neuro-bremen.de>*

24.9.–26.9. Dresden
6th Conference on Plant Genome Evolution | *Info: www.elsevier.com/events/conferences/plant-genome-evolution*

26.9.–28.9. Basel (CH)
Ilmac 2023 – Platform for Chemistry, Pharmacy and Biotechnology | *Info: www.ilmac.ch*

26.9.–29.9. Strasbourg (F)
Joint Meeting Société Française d'Immunologie (SFI) und der Deutschen Gesellschaft für Immunologie (DGfI) | *Info: www.sfi-dgfi-2023.fr*

26.9.–30.9. Hamburg
18th International Congress on Neuronal Ceroid Lipofuscinoses | *Info: <https://ncl2023.de>*

29.9.–1.10. Bayreuth
Nationales Science on Stage Festival | *Info: www.science-on-stage.de/nationales-science-stage-festival-2023*

2.10.–6.10. Hamburg/Online
Annual Meeting of the European Association for the Study of Diabetes (EASD 2023) | *Info: www.easd.org*

4.10.–7.10. Heidelberg/Online
EMBO | EMBL Symposium: Seeing is Believing – Imaging the Molecular Processes of Life | *Info: www.embl.org/events*

9.10.–11.10. Berlin
Zoonoses 2023 – International Symposium on Zoonoses Research | *Info: <https://zoonosen.net/zoonoses-2023-international-symposium-zoonoses-research>*

9.10.–11.10. Hannover
International Symposium FOR 2953 – Sialoglycans in Development and Immunity | *Info: www.for2953-sia.de/forschung*

10.10. Stuttgart
Laborfachmesse Labsolutions Live (Th. Geyer) | *Info: www.thgeyer.com/de/news-events/events*

10.10.–12.10. Berlin
Goodbye Flat Biology: Next Generation Cancer Models – EACR Conference (European Association for Cancer Research) | *Info: <https://eacr.org/conference/goodbyeflatbiology2023/index>*

10.10.–13.10. Saarbrücken
Annual Meeting „Cell Physics 2023“ (Deutsche Gesellschaft für Zellbiologie) | *Info: www.zellbiologie.de/dgz-annual-meeting-cell-physics-2023*

11.10.–13.10. Halle (Saale)
Transplantationsmedizin: Hinter'm Horizont geht's weiter! – 30. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Immunogenetik (DGI) | *Info: www.dgi-jahrestagung.de*

11.10.–13.10. Heidelberg
2nd International Liver Cancer Research Conference 2023 | *Info: www.livercancer.de/conference*

11.10.–13.10. Tübingen
3rd International Conference of the Cluster of Excellence “Controlling Microbes to Fight Infections” (CMFI) | *Info: www.cmfi2023.com*

11.10.–14.10. Heidelberg/Online
EMBO | EMBL Symposium: The Non-coding Genome | *Info: www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/ees23-10*

17.10.–19.10. Rüdeshheim
Nanocrystal Surfaces and Defects – Beilstein Nanotechnology Symposium 2023 | *Info: www.beilstein-institut.de/en/symposia/nanocrystals*

18.10.–21.10. Heidelberg/Online
EMBO | EMBL Symposium: Organoids – Modelling Organ Development and Disease in 3D Culture | *Info: www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/ees23-11*

22.10.–25.10. München
Medical Biodefense Conference 2023 | *Info: <https://conference.instmikrobiobw.de>*

25.10.–27.10. Heidelberg/Online
EMBL | Wellcome Connecting Science Conference: Proteomics in Cell Biology and Disease Mechanisms | *Info: www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/pro23-02*

6.11.–7.11. Wernigerode
18th EWAC – The European Cereals Genetics Co-operative Conference | *Info: <https://akcongress.com/cbb>*

6.11.–8.11. Weimar
26th Meeting on Signal Transduction | *Info: <https://sigtrans.de/meeting-2023>*



WE ♥ LABOR

**SAVE THE DATE
LABSOLUTIONS LIVE**

LABORFACHMESSE
13.09.2023 • MESSEHALLE HAMBURG-SCHNELSEN
10.10.2023 • CARL BENZ ARENA STUTTGART

Der Treffpunkt für Laborexpertinnen und -experten: Es erwarten Sie namhafte Aussteller mit interessanten Produktneuheiten sowie praxisrelevante Fachvorträge.
Eintritt, Catering und Parken kostenfrei

www.thgeyer.com

TH. GEYER
LÖSUNGEN FÜR IHRE IDEEN

7.11. Düsseldorf
Single Cell and Spatial Omics – BMFZ-Meeting 2023 |
 Info: www.bmfz.de

7.11.–9.11. Wernigerode
7th Conference on Cereal Biotechnology and Breeding |
 Info: <https://akcongress.com/cbb>

13.11.–16.11. Düsseldorf
Medica 2023 (Messe) |
 Info: www.medica.de

15.11.–17.11. Bielefeld
Forum Wissenschaftskommunikation – Fachtagung von Wissenschaft im Dialog (WiD) | Info:
www.wissenschaft-im-dialog.de/forum-wissenschaftskommunikation

15.11.–17.11. Heidelberg/Online
EMBL Conference: Cancer Genomics |
 Info: www.embl.org/events

20.11.–22.11. Düsseldorf
11th PharmaLab Congress – Analytics, Bioanalytics and Microbiology |
 Info: www.pharmalab-congress.com

20.11.–22.11. Heidelberg/Online
25th EMBL PhD Symposium |
 Info: <https://phdsymposium.embl-community.io/main>

23.11.–25.11. Köln
FEBS-IUBMB-ENABLE 2023 Conference – Federation of European Biochemical Societies (FEBS) / International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB) |
 Info: <https://enablenetwork.eu>

29.11.–30.11. Freiburg
Forum Citizen Science 2023 |
 Info: www.buergerschaftenwissen.de/veranstaltungen/forum-citizen-science-2023

2.12.–5.12. Beilngries
Helicobacter pylori: Genomics, Signaling and Carcinogenesis (HGSC 2023) |
 Info: www.hgsc-conference.de

2024

17.1.–20.1. Berlin
Toxins 2024 – 7th International Conference of the International Neurotoxin Association (INA) | Info:
www.neurotoxins.org/toxins-2024

20.2.–23.2. Heidelberg/Online
EMBL Conference: The New Cardiology | Info: www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/ncb24-01

6.3.–8.3. Rostock
67. Deutscher Kongress für Endokrinologie | Info: www.endokrinologie.net/veranstaltung/67-deutscher-kongress-fuer-endokrinologie.php

12.3.–15.3. Heidelberg/Online
EMBO | EMBL Symposium: AI and Biology | Info: www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/ees24-01

19.3.–22.3. Heidelberg/Online
EMBO | EMBL Symposium: Biological Oscillators – Rhythms and Synchronisation Across Scales |
 Info: www.embl.org/events

9.4.–12.4. Heidelberg/Online
EMBO | EMBL Symposium: Diversity of Plants – From Genomes to Metabolism | Info: www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/ees24-04

15.4.–18.4. Heidelberg/Online
EMBO | EMBL Symposium: The Mechanics of Life – From Development to Disease | Info: www.embl.org/events

23.4.–26.4. Heidelberg/Online
EMBO | EMBL Symposium: Organismal Physiology |
 Info: www.embl.org/events

23.4.–26.4. München
analytica – Weltleitmesse für Labortechnik, Analytik, Biotechnologie und analytica Conference |
 Info: <https://analytica.de>

14.5.–17.5. Heidelberg/Online
EMBO | EMBL Symposium: Cellular Mechanisms Driven by Phase Separation | Info: www.embl.org/events

1.6.–4.6. Berlin
The European Human Genetics Conference 2024 |
 Info: www.eshg.org/94.0.html

5.6.–7.6. Rostock-Warnemünde
7th International Symposium Interface Biology of Implants (IBI) |
 Info: <https://ibi-symposium.org>

5.6.–8.6. Heidelberg/Online
EMBO | EMBL Symposium: Microtubules – From Atoms to Complex Systems | Info: www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/ees24-07

18.6.–21.6. Heidelberg/Online
EMBO | EMBL Symposium: Innate Immunity in Host-pathogen Interactions | Info: www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/ees24-08

Workshops

2023

27.7.–28.7. Göttingen
New Horizons in Signal Transduction – Research School | Info: <https://gbm-online.de/tagungskalender-details/new-horizons-in-signal-transduction-research-school.html>

30.8.–2.9. Berlin
Akademie Gläsernes Labor: From Target to Market – The GLA Biotech and Pharma Summer School | Info: www.glaesernes-labor-akademie.de/de/biotech-pharma

3.9.–7.9. Les Diablerets (CH)
EMBO Workshop: DNA Topology and Topoisomerases in Genome Dynamics | Info: <https://meetings.embo.org/event/23-dna-topology>

4.9.–8.9. Berlin
7th Berlin Summer School: NGS Data Analysis – Introduction to RNA-Seq Data Analysis DNA Variant Calling |
 Info: www.ecseq.com

12.9.–15.9. Heidelberg/Online
EMBO Workshop: Developmental Metabolism – Flows of Energy, Matter and Information | Info:
www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/dmb23-01

18.9.–21.9. München
EMBO Workshop: Stroke-Immunology Conference | Info: <https://meetings.embo.org/event/23-stroke-immunology>

18.9.–22.9. Göttingen
EMBO Workshop: Mechanisms of Membrane Fusion |
 Info: www.embo.org/events

27.9.–29.9. Jena
Jenaer Salmonella-Workshop |
 Info: <https://event.fli.de/de/year/2023/jenaer-salmonella-workshop>

28.9.–29.9. Köln
Big Bang... Microbes! – Workshop on Cultivation of the Uncultivables |
 Info: <https://vaam.de/die-vaam/fachgruppen/weltraummikrobiologie/termine>

28.9.–30.9. Dresden
EMBO Workshop: Epigenetics and Condensates in Lineage Decisions | Info:
<https://meetings.embo.org/event/23-epigenetics>

3.10.–6.10. Ingelheim
EMBO | FEBS Lecture Course: Susan Lindquist School on Proteostasis |
 Info: <https://meetings.embo.org/event/23-proteostasis-febs>

22.10.–27.10. Merseburg
Autumn School der Deutschen Gesellschaft für Immunologie (DGfI) | Info: <https://dgfi.org/akademie-fuer-immunologie/autumn-school>

8.11.–11.11. Heidelberg/Online
EMBL Workshop: The Mobile Genome – Genetic and Physiological Impacts of Transposable Elements | Info: www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/mge23-01

9.11.–12.11. Online
EMBO | COB Workshop: Membrane Shaping and Remodeling by Proteins | Info: www.embo.org/events

28.11.–1.12. Heidelberg/Online
EMBO Workshop: Subcortical Sensory Circuits – Visual, Auditory, Somatosensory and beyond |
 Info: www.embl.org/events

Code im Sack



20 €

laborjournal.de ⇨ service ⇨ shop



Fortbildungen, Kurse

BIOCHEMIE

1.8.–31.10. Online
Springer-Zertifikatskurs: Biochemie 2 für Laborfachkräfte – Proteine (3 Monate/10-15h/Woche) | Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse/life-sciences

1.9.–31.12. Online
Springer Campus: Biochemie und Zellbiologie für Laborfachkräfte (4 Monate/10-15h/Woche) | Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse/life-sciences

7.9.–8.9. Berlin
Akademie Gläsernes Labor: Proteinanalyse | Info: www.glaesernes-labor-akademie.de/de/analyse-von-proteinen

29.9. Online
Lab-Academy-Crashkurs: Proteine | Info: www.lab-academy.de

BIOTECHNOLOGIE

1.9.–30.11. Online
Springer Campus: Industrielle Biotechnologie (3 Monate/10-15h/Woche) | Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse/biotechnologie/industrielle-biotechnologie

1.9.–30.11. Online
Springer Campus: Pharmazeutische Biotechnologie (3 Monate/10-15h/Woche) | Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse/biotechnologie/pharmazeutische-biotechnologie

1.10.–30.11. Online
Springer Campus: Grundlagen der industriellen Zellkulturtechnik (2 Monate/10-15h/Woche) | Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse/biotechnologie/grundlagen-der-industriellen-zellkulturtechnik

1.10.–31.12. Online
Springer Campus: Biomedizin (3 Monate/10-15h/Woche) | Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse

CHROMATOGRAPHIE UND SPEKTROMETRIE

9.10. Online
LifeScience-Akademie: HPLC-Basiskurs | Info: www.lifescience-akademie.de

10.10. Online
LifeScience-Akademie: HPLC – Methodenentwicklung und Troubleshooting | Info: www.lifescience-akademie.de

IMMUNOLOGIE

27.9.–28.9. Altomünster
Lab-Academy-Basiskurs: ELISA – Präsenzkurs mit Laborpraxis | Info: www.lab-academy.de

1.10.–31.12. Online
Springer Campus: Immun- und Gen-therapie (3 Monate/10-15h/Woche) | Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse

17.10. Online
Lab-Academy-Crashkurs: Antikörper | Info: www.lab-academy.de

19.10.–20.10. Altomünster
Lab-Academy-Vertiefungskurs: ELISA | Info: www.lab-academy.de

IN SILICO

24.7.–4.8. Heidelberg
EMBL Course: Plasticity in Developing Systems – Time, Space and Environment | Info: www.embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/ptd23-01

18.9.–22.9. Online
EMBL-EBI Virtual Course: Single-cell RNA-seq Analysis Using Python | Info: www.ebi.ac.uk/training/events

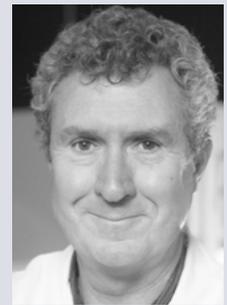
2.10.–6.10. Online
EMBL-EBI Virtual Course: Structural Bioinformatics | Info: www.ebi.ac.uk/training/events

3.10.–6.10. Ingelheim
EMBO | FEBS Lecture Course: Susan Lindquist School on Proteostasis | Info: www.embo.org/events

MARBURG / ONLINE

Montag, 11. September 2023, 16:00 Uhr
Seminar, Microbiology Seminar Series, MPI für terrestrische Mikrobiologie, Karl-von-Frisch-Str. 10, Hörsaal

Paul Rainey (Plön): Evolution of evolvability: adaptive hyper mutability by lineage selection



Organismen passen sich durch adaptive Evolution an veränderte Umweltbedingungen an. Unklar ist jedoch, ob die neuen Phänotypen nur aufgrund der darwinistischen Vorstellung vom „Survival of the fittest“ auftauchen. Die Anpassung könnte auch von der Wahrscheinlichkeit abhängen, mit der ein bestimmter Phänotyp durch eine Mutation entsteht. Offensichtlich verläuft die adaptive Evolution in manchen Fällen auch auf dem wahrscheinlichsten Mutationspfad und führt auf diesem zu nicht optimal angepassten Phänotypen. Genaueres zu diesem „Überleben des Wahrscheinlichsten“ erläutert Paul Rainey am 11. September in Marburg und im virtuellen Raum.

Mehr Infos, Vorträge, Seminare, Kolloquia: www.laborjournal.de/termine

IN SILICO

23.10.–27.10. Online
EMBL-EBI Virtual Course: Systems Biology – From Large Datasets to Biological Insight | Info: www.ebi.ac.uk/training/events

KARRIERE

21.7. Online
DHV-Online-Seminar: Bewerbung an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften | Info: www.dhvseminare.de

28.7. Online
DHV-Online-Seminar: Karrierewege zur Professur | Info: www.dhvseminare.de

31.7. Online
DHV-Online-Seminar: Verhandlungen bei Erstberufung | Info: www.dhvseminare.de

3.8. Online
DHV-Online-Seminar: Berufung auf eine Juniorprofessur oder Tenure-Track-Professur W 1 | Info: www.dhvseminare.de

11.8. Online
DHV-Online-Seminar: Neu auf der Professur – Die ersten Schritte erfolgreich meistern | Info: www.dhvseminare.de

KARRIERE

17.8. Online
DHV-Online-Seminar: Berufungsverhandlungen an Medizinischen Fakultäten | Info: www.dhvseminare.de

18.8. Online
DHV-Online-Seminar: Übernahme einer Professurvertretung | Info: www.dhvseminare.de

28.8. Online
DHV-Online-Seminar: How to become a Professor in Germany – Career Paths and Application for a Professorship in Germany | Info: www.dhvseminare.de

29.8. Online
DHV-Online-Seminar: How to become a Professor in Germany – Appointment Negotiations for a Professorship in Germany | Info: www.dhvseminare.de

4.9. Online
DHV-Online-Seminar: Verhandlungsziele und -erfolge in Berufungsverhandlungen | Info: www.dhvseminare.de

18.9. Online
DHV-Online-Seminar: Berufungsverhandlungen effektiv führen | Info: www.dhvseminare.de

KARRIERE

26.9.–19.12. Online
Hox-Life-Science-Weiterbildung: BWL für den Einstieg in die Pharma- und Biotechindustrie (12 Wochen, je 2 h) | *Info: www.hox.de/akademie*

28.9. Online
DHV-Online-Seminar: Berufungsverhandlungen an Medizinischen Fakultäten | *Info: www.dhvseminare.de*

28.9.–30.11. Online
Hox-Life-Science-Weiterbildung: Projektmanagement für Naturwissenschaftler*innen | *Info: www.hox.de/akademie*

4.10. Online
DHV-Online-Seminar: Die Professur – Rechte und Pflichten | *Info: www.dhvseminare.de*

9.10. Online
DHV-Online-Seminar: Bewerbung auf eine Professur | *Info: www.dhvseminare.de*

11.10. Online
DHV-Online-Seminar: Verhandlungen bei Erstberufung | *Info: www.dhvseminare.de*

25.10. Online
DHV-Online-Seminar: Neu auf der Professur – Die ersten Schritte erfolgreich meistern | *Info: www.dhvseminare.de*

27.10. Online
DHV-Online-Seminar: Verhandlungsziele und -erfolge in Berufungsverhandlungen | *Info: www.dhvseminare.de*

31.10. Online
DHV-Online-Seminar: Berufungsverhandlungen an Medizinischen Fakultäten | *Info: www.dhvseminare.de/naechste_termine*

LABOR-MANAGEMENT

25.7.–27.7. Online
EMBO Laboratory Management Course: Laboratory Leadership for Postdocs | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/pd-2023-online>*

LABOR-MANAGEMENT

24.8.–8.9. Online
EMBO Laboratory Management Course: Negotiation for Scientists (24./25.8 und 8.9.) | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/tr-neg-online-2023-2>*

7.9.–8.9. Online
Klinkner-Fortbildung: Kommunikation und Führung | *Info: <https://buchung.klinkner.de>*

12.9.–13.9. Online
DHV-Online-Seminar: Führung in der Wissenschaft: Motivierend – Zielführend – Wirksam (2-tägig) | *Info: www.dhvseminare.de*

13.9.–15.9. Online
EMBO Laboratory Management Course: Laboratory Leadership for Group Leaders | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/gl-2023-online>*

14.9. Online
Klinkner-Fortbildung: Führung und Teamleitung | *Info: <https://buchung.klinkner.de>*

18.9.–21.9. Heidelberg
EMBO Laboratory Management Course: Laboratory Leadership for Group Leaders | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/gl-2023-offline>*

19.9.–20.9. Online
EMBO Laboratory Management Course: How to Review a Scientific Paper | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/review>*

19.9.–21.9. Online
EMBO Laboratory Management Course: Laboratory Leadership for Postdocs | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/pd-2023-online>*

22.9. Online
EMBO Laboratory Management Course: Applying Design Principles to Schematic Figures | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/design>*

26.9.–28.9. Heidelberg
EMBO Laboratory Management Course: Laboratory Leadership for Postdocs | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/pd-2023-offline>*

LABOR-MANAGEMENT

28.9. Online
Geniu-Weiterbildung: Lean Lab Webinar – Erfolgreiche Optimierungen im Labor | *Info: www.geniu.com*

4.10.–6.10. Online
EMBO Laboratory Management Course: Project Management for Scientists | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/pm-2023-online>*

10.10.–12.10. Heidelberg
EMBO Laboratory Management Course: Laboratory Leadership for Postdocs | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/pd-2023-offline>*

17.10.–20.10. Heidelberg
EMBO Laboratory Management Course: Laboratory Leadership for Group Leaders | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/gl-2023-offline>*

20.10. Online
EMBO Laboratory Management Course: Applying Design Principles to Schematic Figures | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/design>*

24.10.–26.10. Online
EMBO Laboratory Management Course: Laboratory Leadership for Postdocs | *Info: <https://lab-management.embo.org/dates/pd-2023-online>*

LABOR-MANAGEMENT

26.10. Online
Geniu-Weiterbildung: Laborplanung mit Lean Lab Design | *Info: www.geniu.com/de/veranstaltungen/laborplanung-mit-lean-lab-design-2023-26*

MIKROBIOLOGIE

12.9. Online
Lab-Academy-Crashkurs: Virologie | *Info: www.lab-academy.de/termine.html*

12.9.–13.9. Altomünster
Lab-Academy-Grundkurs: Mikrobiologie – Präsenzkurs mit Laborpraxis | *Info: www.lab-academy.de/termine.html*

11.10.–12.10. Online
Lab-Academy-Grundkurs: Mikrobiologie | *Info: www.lab-academy.de/termine.html*

26.10. Online
Lab-Academy-Crashkurs: Mikrobiologie I | *Info: www.lab-academy.de/termine.html*

30.10.–3.11. Online
EMBL-EBI Virtual Course: Metagenomics Bioinformatics at MGnify | *Info: www.ebi.ac.uk/training/events*

POTSDAM

Mittwoch, 26. Juli 2023, 14:00 Uhr
Seminar, Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie (MPI-MP), Potsdam Science Park, Am Mühlenberg 1, Zentralgebäude, SR Helmut Kirchoff (Washington): TA survey on structural dynamics of energy-converting thylakoid membranes in vascular plants



Gefäßpflanzen sind sowohl intern als auch extern permanent dynamischen Veränderungen ausgesetzt, die wenige Sekundenbruchteile oder auch mehrere Stunden andauern können. Das Photosynthese-System in den Thylakoidmembranen der Chloroplasten muss ständig auf die neuen Gegebenheiten reagieren, um die Lichtenergie möglichst effizient und sicher in chemische Energie umwandeln zu können. Hierfür sorgen zahlreiche Regulationsprozesse, die die Effizienz der Photosynthese an die jeweiligen Lichtverhältnisse und den Energiebedarf der Pflanze anpassen. Wie sich die Thylakoidmembran durch äußere Stimuli verändert, um die Balance zwischen eingehender und benötigter Energie aufrechtzuerhalten, erklärt Helmut Kirchoff am 26. Juli in Potsdam.

Mehr Infos, Vorträge, Seminare, Kolloquia: www.laborjournal.de/termine

MIKROSKOPIE

4.9.–15.9. Magdeburg
EMBO Practical Course: LINDoscope – Neuroimaging and Data |
 Info: www.embo.org/events

10.9.–15.9. Heidelberg
EMBL Course: Advanced Methods in Bioimage Analysis |
 Info: www.embl.org/events

26.10.–27.10. Altomünster
Lab-Academy-Kurs: Immunfluoreszenz – Präsenzkurs mit Laborpraxis |
 Info: www.lab-academy.de

MOLEKULARBIOLOGIE

21.8.–1.9. Altomünster
Lab-Academy-Kurs: Fachkraft Molekularbiologie – Präsenzkurs mit Laborpraxis |
 Info: www.lab-academy.de

1.9.–30.11. Online
Springer Campus: Genetik und Molekularbiologie (3 Monate/10-15h/Woche) |
 Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse/life-sciences

7.9.–8.9. Berlin
Akademie Gläsernes Labor: Auswertung und Analyse von Proteinen mit Western Blot |
 Info: www.glaesernes-labor-akademie.de/de/analyse-von-proteinen

17.9.–22.9. Heidelberg
EMBL Course: Genome Engineering – CRISPR/Cas From Cells to Mice |
 Info: www.embl.org/events

18.9. Online
Lab-Academy-Crashkurs: Genome Editing mit CRISPR |
 Info: www.lab-academy.de

26.9. Online
Lab-Academy-Crashkurs: Sequenzierungstechniken |
 Info: www.lab-academy.de

27.9. Online
Lab-Academy-Crashkurs: Sequenzanalyse |
 Info: www.lab-academy.de

4.10. Online
Lab-Academy-Crashkurs: Klonierungstechniken |
 Info: www.lab-academy.de

PCR

11.9.–12.9. Altomünster
Lab-Academy-Kurs: PCR Basiswissen für die Praxis – Präsenzkurs mit Laborpraxis |
 Info: www.lab-academy.de

18.9.–22.9. Altomünster
Lab-Academy-Kurs: Fachkraft PCR-Analytik – Präsenzkurs mit Laborpraxis |
 Info: www.lab-academy.de

28.9. Online
Lab-Academy-Crashkurs PCR |
 Info: www.lab-academy.de

9.10.–10.10. Online
Lab-Academy-Basiskurs: Real-time (q)PCR |
 Info: www.lab-academy.de

24.10.–25.10. Online
Lab-Academy-Vertiefungskurs: Real-time (q)PCR |
 Info: www.lab-academy.de

ZELLEN UND GEWEBE

13.9.–15.9. Altomünster
Lab-Academy-Grundkurs: Zellkultur – Präsenzkurs mit Laborpraxis |
 Info: www.lab-academy.de/termine.html

18.9.–22.9. Online
EMBL-EBI Virtual Course: Single Cell RNA-seq Analysis Using Python |
 Info: www.ebi.ac.uk/training/events

19.9. Online
Lab-Academy-Crashkurs: Zellkultur |
 Info: www.lab-academy.de

25.9.–26.9. Altomünster
Lab-Academy-Grundkurs: Zellkultur – Qualitätssicherung und Troubleshooting – Präsenzkurs mit Laborpraxis |
 Info: www.lab-academy.de

7.10. Münster
12. Münsteraner Dermatohistologisches Fortbildungsseminar |
 Info: www.ukm.de/zuweisende/fachveranstaltungen

9.10.–10.10. Altomünster
Lab-Academy-Kurs: Primärzellkultur – Präsenzkurs mit Laborpraxis |
 Info: www.lab-academy.de/termine.html

9.10.–14.10. Heidelberg
EMBL Course: Liquid Biopsies |
 Info: www.embl.org/events

ZELLEN UND GEWEBE

11.10.–12.10. Online
Lab-Academy-Grundkurs: Zellkultur |
 Info: www.lab-academy.de

16.10. Online
Lab-Academy-Kurs: Zellkultur – Qualitätssicherung und Troubleshooting |
 Info: www.lab-academy.de

22.10.–27.10. Heidelberg
EMBL Course: FISHing for RNAs – Classical to Single Molecule Approaches |
 Info: www.embl.org/events

23.10.–24.10. Altomünster
Lab-Academy-Kurs: Assays in der Zellkultur |
 Info: www.lab-academy.de

SONSTIGES

26.7. Online
AGCT-Consulting-Workshop Nagoya-Protokoll – Umgang mit genetischen Ressourcen in Unternehmen und Forschungseinrichtungen |
 Info: <https://agct-consulting.de/kurse/agct-workshop-nagoya-protokoll>

1.8.–31.10. Online
Springer-Zertifikatskurs: Pflanzenphysiologie für Laborfachkräfte (3 Monate/10-15h/Woche) |
 Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse/life-sciences

1.8.–31.10. Online
Springer-Zertifikatskurs: Organische Chemie und Labormethoden (3 Monate/10-15h/Woche) |
 Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse/life-sciences

SONSTIGES

15.8.–14.10. Online
Springer-Zertifikatskurs: Tierphysiologie 1 für Laborfachkräfte (3 Monate/10-15h/Woche) |
 Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse/life-sciences

15.9.–14.12. Online
Springer-Zertifikatskurs: Bioverfahrenstechnik (3 Monate/10-15h/Woche) |
 Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse

15.9.–14.12. Online
Springer-Zertifikatskurs: Allgemeine und Anorganische Chemie für Laborfachkräfte (3 Monate/10-15h/Woche) |
 Info: www.springernature.com/de/springer-campus/zertifikatskurse/life-sciences

28.9. Lehr
Klinkner-Fortbildung: Exakt pipettieren und Pipetten richtig prüfen |
 Info: <https://buchung.klinkner.de>

16.10.–17.10. Online
Lab-Academy-Kurs: Validierung bioanalytischer Methoden |
 Info: www.lab-academy.de/termine.html

20.10. Online
Lab-Academy-Crashkurs: Statistik für die Methodenvalidierung |
 Info: www.lab-academy.de/termine.html

23.10. Online
Lab-Academy-Crashkurs: Statistik für Einsteiger |
 Info: www.lab-academy.de/termine.html

Weitere Kongresse, Tagungen, Fortbildungen etc. finden Sie auf unserer Homepage im Verzeichnis „Termine“. Kurze Veranstaltungshinweise in unserem Serviceteil sind kostenlos. Schicken Sie uns Ihre Ankündigung 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

Stellenanzeigen



Seit ihrer Gründung im Jahr 2009 ist die **Hochschule Rhein-Waal** eine innovative und praxisnahe Bildungseinrichtung für junge Menschen aus der ganzen Welt sowie ein international vernetzter Wissenschafts- und Forschungsbetrieb. Die Hochschule Rhein-Waal steht für eine verantwortungsvolle Mitgestaltung der Region und will Menschen dazu befähigen, Zukunft zu gestalten. Dafür setzt sie auf eine moderne Lehre und erschließt neue interdisziplinäre Forschungsfelder.

An der Fakultät Life Sciences werden schwerpunktmäßig naturwissenschaftliche Kompetenzen gebündelt. Die Vielfalt der Fächer umfasst Bereiche wie Biotechnologie, Ernährung, Gesundheit, Landwirtschaft, Lebensmittel, Nachhaltigkeit, Qualitätsmanagement und Umwelt und bietet eine interdisziplinäre Plattform für eine erste Berufsbefähigung nach dem Bachelorabschluss sowie eine forschungsorientierte Ausbildung im Masterbereich. Unsere moderne Ausstattung schafft hervorragende Bedingungen für Studierende, Lehrende und Forschende. Die Fakultät baut auf die erfolgreiche Zusammenarbeit unter den Kolleg*innen auf, die durch gegenseitigen Respekt, Offenheit und gute wissenschaftliche Praxis gekennzeichnet ist.

Wir suchen in der **Fakultät Life Sciences am Campus Kleve** zum nächstmöglichen Zeitpunkt Unterstützung und besetzen die

Professur Data Science

W2 LBesG NRW | Kennziffer 12/F2/23

Weitere Informationen zu der ausgeschriebenen Stelle finden Sie auf unserer Webseite:

<https://karriere.hochschule-rhein-waal.de/2876w>

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!



*Sie sind Wissenschaftler der Life Sciences?
Und wollen sich bei Laborjournal
an einem Methoden-Artikel
versuchen?*

*Wir suchen freie Mitarbeiter,
die gerne für uns schreiben
möchten. Print und online.*

*Bei uns können Sie
reinschnuppern in die
Welt des Journalismus!*

redaktion@laborjournal.de



Fürs Leben gerne Blutspenden

Das **Institut für Klinische Transfusionsmedizin und Zelltherapie (IKTZ) Heidelberg gGmbH** versorgt Patienten des Universitätsklinikums Heidelberg und weiterer Kliniken in Heidelberg und Umgebung mit Blutprodukten und immunhämATOlogischen Leistungen.

Für unser Stammzelllabor in **Heidelberg** suchen wir Sie als

Leiter/-in der Herstellung (m/w/d) für unser Stammzelllabor (\$20c AMG / \$15 AMG)

in Voll- oder Teilzeit, ab sofort und unbefristet

Ihre Aufgaben

- Tätigkeiten im gesamten Bereich der Herstellung und Qualitätskontrolle von Stammzell-, Knochenmark- und Lymphozytenpräparaten
- Übernahme arzneimittelrechtlich relevanter Funktionen inkl. Sachkunde – ggf. zeitnah Erlangung der erforderlichen Zertifikate
- Mitwirkung bei der Etablierung / Weiterentwicklung von Herstellungs- und Prüfabläufen sowie der Spezifikationen der hergestellten Arzneimittel

Ihr Profil

- Abgeschlossenes Hochschulstudium im Bereich Pharmazie, Biologie oder Humanmedizin (Facharzt / Arzt m/w/d in fortgeschrittener Weiterbildung)
- Vorerfahrung in einer vergleichbaren Tätigkeit sowie GMP-Kenntnisse sind wünschenswert

Unser Angebot

- Eine leitungsgerechte Vergütung nach Tarifvertrag für den öffentlichen Dienst der Länder (TV-L)
- Eine betriebliche Altersversorgung (VBL)
- 30 Urlaubstage pro Jahr und flexible Arbeitszeiten
- Die Möglichkeit zum Erwerb der Voraussetzungen zur Benennung zur „Sachkundigen Person“ (§15 AMG) / „Verantwortliche Person“ (§20c AMG)
- Eine interessante, mit hoher Verantwortung verbundene Tätigkeit in einer der modernsten Universitätskliniken Deutschlands
- Weiterbildungsmaßnahmen für Ihre Führungs- und Fachkompetenz sowie innerbetriebliche Fort- und Weiterbildungen
- Zuschuss zum Deutschlandticket

Wenn wir Ihr Interesse geweckt haben, dann senden Sie uns bitte Ihre vollständigen Unterlagen per E-Mail an karriere-iktz@blutspende.de oder bewerben Sie sich direkt online unter <https://qrco.de/be5L37>

Institut für Klinische Transfusionsmedizin
und Zelltherapie Heidelberg gGmbH
Herrn Patrick Breuninger
Tel. 0621 3706 8944
Im Neuenheimer Feld 305
69120 Heidelberg



In der **Klinik für Kinder-Onkologie, -Hämatologie und Klinische Immunologie** des **Universitätsklinikums Düsseldorf (UKD)** an der **Heinrich-Heine-Universität (HHU)** ist zum nächstmöglichen Zeitpunkt eine Stelle als

Promovierte/r wissenschaftliche/r Mitarbeiter/in (m/w/d) (Biologie, Humangenetik oder verwandte Gebiete)

für zunächst drei Jahre (mit der Option auf Verlängerung) zur Forschung auf dem Gebiet der genetischen Prädisposition für Krebserkrankungen im Kindesalter zu besetzen. Die Stelle wird nach der Entgeltgruppe 13 TV-L vergütet. Es handelt sich um eine Vollzeitstelle.

Unsere Klinik führt eine prospektive, laufende Studie durch (siehe: Comprehensive germline-genomic and clinical profiling in 160 unselected children and adolescents with cancer. Wagener R, et al. *Eur J Hum Genet.* 2021 Aug;29(8):1301-1311.) zur Untersuchung von Krebsprädispositions-Syndromen mit Hilfe von SNP-Array, Trio-Ganz-Exom/Ganz-Genom-(NextSeq2000, Illumina) oder Long-Read-Ganz-Genom-(Sequel II, PacBio) Sequenzierung und Ganz-Genom-Kartierung (Saphyr, BioNano Genomics) von betroffenen Kindern und ihren Eltern („Keimbahnstudie“). Ziel der Studie ist es, neue Erkenntnisse über die Krebsentstehung im Kindesalter zu gewinnen, neue Krebsprädispositions-Syndrome zu identifizieren und funktionell zu charakterisieren sowie die Daten zur Entwicklung neuer bioinformatischer Algorithmen im Bereich Big Data Science zu nutzen. Für unser interdisziplinäres Forschungsteam aus Biologen, Medizinerinnen und Bioinformatikern suchen wir promovierte Wissenschaftler mit einschlägiger Erfahrung, insbesondere in den Bereichen Humangenetik und Krebs sowie in den Grundlagen der Sequenzierungstechniken der nächsten Generation.

Zu den Aufgaben gehören:

- Zusammenarbeit mit Ärzten, Biologen, Bioinformatikern und technischen Assistenten im Rahmen der Keimbahnstudie
- Erstellung und Analyse der im Rahmen der Studie gewonnenen Daten in Zusammenarbeit mit anderen Forschern
- Durchführung von funktionellen *In-vitro*-Studien zur Charakterisierung neuartiger Krebsprädispositions-Syndrome
- Verfassen von Veröffentlichungen und Forschungsanträgen
- Präsentation der Ergebnisse auf Konferenzen und Tagungen
- Zusammenarbeit mit intramuralen, nationalen und internationalen Kooperationspartnern

Ihr Profil

- Promotion in Naturwissenschaften und Erfahrung in einem verwandten Arbeitsgebiet
- Fachkenntnisse in Humangenetik, erblichen Krebsyndromen und neuen Sequenzierungs- und/oder Kartierungstechniken
- Sehr gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift
- Deutsche Sprachkenntnisse sind von Vorteil, aber kein Muss
- Sehr gute mündliche und schriftliche Kommunikationsfähigkeiten
- Sehr gute organisatorische Fähigkeiten
- Motiviertes und selbständiges Arbeiten
- Bereitschaft zur Kooperation und Teamfähigkeit

Bewerbungen von Frauen sind ausdrücklich erwünscht. Frauen werden bei gleicher Eignung, Befähigung und fachlicher Leistung bevorzugt berücksichtigt, sofern nicht in der Person eines Mitbewerbers liegende Gründe überwiegen. Schwerbehinderte Bewerber*innen werden bei gleicher Eignung bevorzugt berücksichtigt.

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!
Bewerbungen richten Sie bitte an Herrn Prof. Dr. med. Arndt Borkhardt,
Arndt.Borkhardt@med.uni-duesseldorf.de

Die Abteilung für **Entwicklungsbiologie von Vertebraten** am Institut für Zellbiologie und Neurowissenschaften an der Goethe-Universität Frankfurt sucht **unbefristet** zum nächstmöglichen Zeitpunkt

Technische*r Assistent*in (BTA/MTA) (E9B TV-G-U)

Die Eingruppierung richtet sich nach den Tätigkeitsmerkmalen des für die Goethe-Universität geltenden Tarifvertrages. Sollten die tariflichen Anforderungen an die persönliche Qualifikation nicht erfüllt werden, erfolgt gemäß EGO TV-G-U die Eingruppierung in die nächst niedrigere Entgeltgruppe.

Unsere Arbeitsgruppe untersucht die Mechanismen, die die Migration und Proliferation von Zellen während der Embryonalentwicklung steuern. Dazu verwenden wir den Zebrafisch als Modellorganismus. Nähere Informationen finden Sie auf unserer Homepage:
https://www.bio.uni-frankfurt.de/43968045/Abt_Lecaudey

Wir suchen eine*n hoch motivierte*n und forschungsinteressierte*n Bewerber*in, die*der sich mit Begeisterung und Flexibilität in ein internationales Team einbringt. Voraussetzung ist eine abgeschlossene Ausbildung zum* zur staatlich geprüften technischen Assistent*in (BTA/MTA oder vergleichbar), solide theoretische und praktische Erfahrungen in molekularbiologischen Methoden, sowie in der Organisation eines molekularbiologischen Labors. Insbesondere werden solide Klonierungskennntnisse vorausgesetzt und sollten in der Bewerbung besondere Erwähnung finden. Die Bereitschaft zu tierexperimentellen Arbeiten mit Zebrafischen muss vorhanden sein und Kenntnisse im Umgang mit diesem Modellorganismus (inkl. FELASA Zertifikat) sind besonders vorteilhaft. Erfahrungen in Mikroskopie und zellbiologischen Methoden sind erwünscht. Sehr gute Kenntnisse der deutschen Sprache sowie gute Grundkenntnisse der englischen Sprache werden benötigt. Selbständiges Arbeiten ist ausdrücklich erwünscht und wird gefördert. Sorgfältiges Arbeiten, Verantwortungsbewusstsein, Zuverlässigkeit und Teamfähigkeit sind erforderlich. Begeisterung für wissenschaftliches Arbeiten, insbesondere Entwicklungsbiologie und Arbeiten mit Tieren wird vorausgesetzt.

Wir bieten eine vielseitige, abwechslungsreiche und interessante Tätigkeit in einem freundlichen Arbeitsklima!

Die Universität tritt für die Gleichberechtigung von Frauen und Männern ein und fordert deshalb nachdrücklich Frauen zur Bewerbung auf. Menschen mit Behinderungen werden bei gleicher Qualifikation vorrangig berücksichtigt.

Bitte senden Sie Ihre ausführlichen Bewerbungsunterlagen als PDF-Dokument, gerne mit Kontaktadressen Ihrer Referenzen, bis zum **31.07.2023** per E-Mail an lecaudey@bio.uni-frankfurt.de

Anzeigenpreise Serviceteil (Stellen, Kongresse, Kurse)

» Print

Format (Breite x Höhe in mm)	s/w	farbig
1/1 Seite (185 x 260)	€ 2.450,-	€ 3.260,-
1/2 Seite (90 x 260 oder 185 x 130)	€ 1.299,-	€ 1.840,-
1/3 Seite (90 x 195)	€ 1.030,-	€ 1.490,-
1/4 Seite (90 x 130)	€ 790,-	€ 1.150,-
1/8 Seite (90 x 65)	€ 499,-	€ 740,-

Millimeterpreis	s/w	farbig
90 mm breit	€ 7,75	€ 11,30
185 mm breit	€ 15,50	€ 22,60

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.

Anzeigenschlusstermin nächste Ausgabe

Ausgabe 9-2023 (erscheint am 08.09.2023)

25.08.2023

Im Serviceteil gilt ein späterer Anzeigenschluss. Stellen- und Kongressanzeigen nehmen wir bis kurz vor Druckbeginn an. Wenn's knapp ist: Rufen Sie einfach an (+49 761 2925885) oder schicken Sie uns eine E-Mail („stellen@laborjournal.de“).

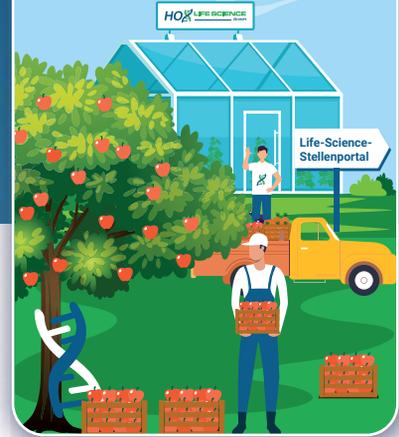
We help...



...to grow...



...your career!



Wir von HOX Life Science unterstützen Naturwissenschaftler*innen bei der Karriereplanung mit:

✓ Life-Science-Kursen

✓ Karriereservices

✓ dem Life-Science-Stellenportal



Besucht uns auf www.hox.de

Weitere Stellenangebote finden Sie auf unserem **Online-Stellenmarkt**



Auch auf unserem Online-Stellenmarkt können Sie gestaltete Anzeigen im PDF-Format aufgeben. Oder Sie schicken uns eine HTML-Datei.

DIE PREISE (2023)

Online Premium (PDF-, HTML-Format): € 730,-/Monat *

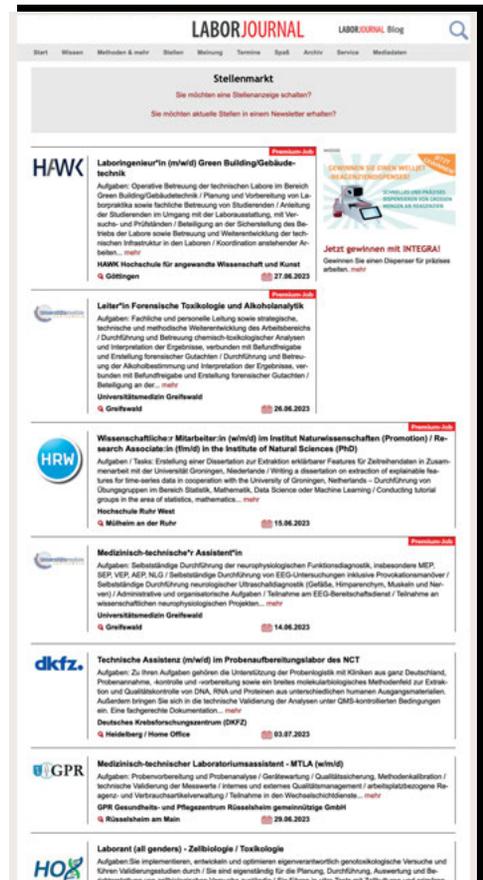
Platzierung und Rotation auf den ersten sechs Positionen während der gesamten Laufzeit; maximal 6 Premium-Anzeigen gleichzeitig.

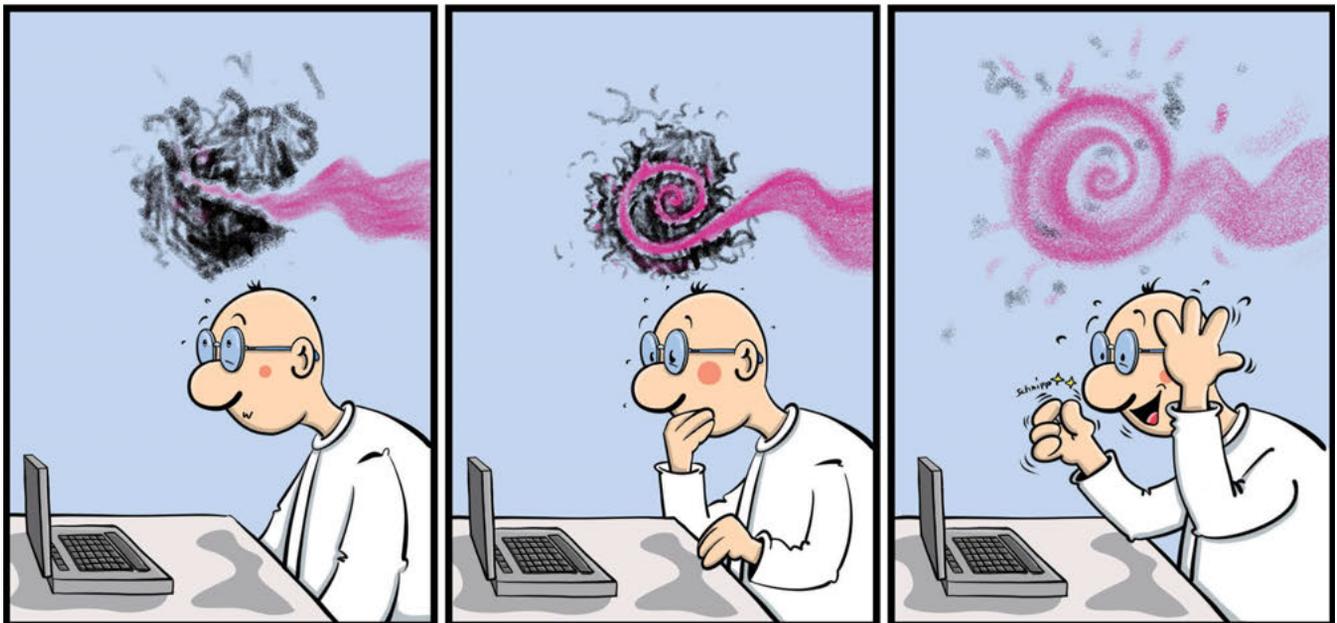
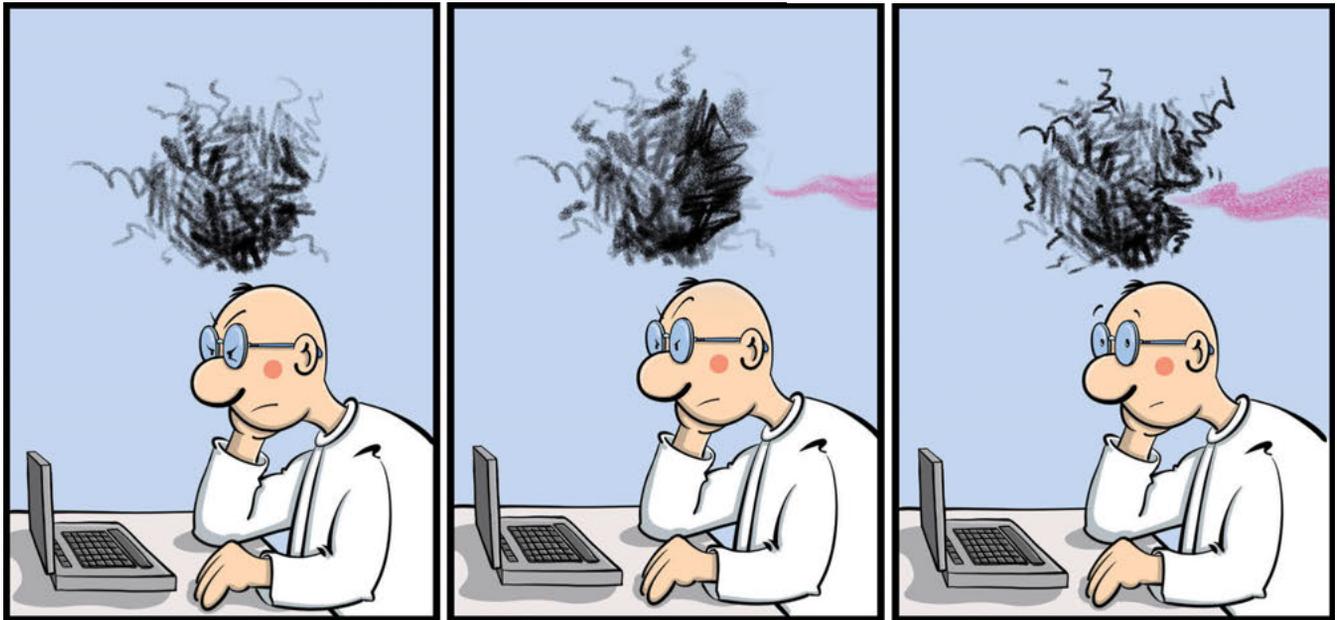
Online Classic (PDF-, HTML-Format): € 499,-/Monat

Die Dateien im PDF-Format sollten nicht größer als 400 kB sein. Senden Sie die Dateien bitte per E-Mail an stellen@laborjournal.de. Geben Sie bitte die gewünschte Laufzeit (Mindestlaufzeit 1 Monat) an und Ihre Rechnungsadresse. Die Gestaltung ist im Preis inbegriffen, d.h. es genügt, wenn Sie uns eine Textdatei zuschicken.

Alle Preise verstehen sich zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer. **Noch Fragen?** Tel. +49 761 2925885 oder E-Mail: stellen@laborjournal.de

* Bitte vor Beauftragung anfragen, ob ein Premium-Platz frei ist.





Kennen Sie schon unsere **Dossiers?**

www.laborjournal.de/rubric/dossier/dossier.php

Specials
Hintergrund
Dossiers
Rankings
Stichwort des Monats
Wirkstoff des Monats
Journalclub
Karriere
Biobiz
Online Artikel

Dossiers

Tierversuche, Grüne Gentechnik, natürlich Corona... Diese und andere Themen brennen schon länger – und werden auch noch länger heiß bleiben. Daher haben wir unsere Artikel zu diesen „Dauerbrennern“ auf unserer Website in Themen-Dossiers zusammengestellt. (www.laborjournal.de/rubric/dossier/dossier.php) Wenn Sie auf ein Thema Ihrer Wahl klicken – dann erscheinen auf der Folgeseite die Artikel, die Laborjournal dazu bislang veröffentlicht hat. Weitere Dossiers werden dazukommen. Und thematisch passende Artikel, die wir erst in Zukunft bringen, werden in die entsprechenden Dossiers integriert.



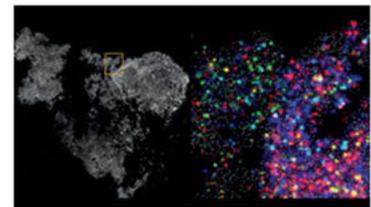
Unsere Corona-Gespräche

Was Experten aus der Wissenschaft zu Forschung und Maßnahmen rund um Corona zu sagen haben ... [mehr](#)



Cell Imaging

Inzwischen können wir Strukturen erkennen, die nur wenige Nanometer auseinander liegen. Das geht mit einem stetig wachsenden Arsenal immer raffinierterer ... [mehr](#)



Transkriptom-Analyse

Die Sequenzierung von Transkriptomen ist inzwischen Routine. Viel kniffliger ist es, die einzelnen Transkripte in Zellen und Geweben exakt zu lokalisieren. ... [mehr](#)



Tierversuche

Von Regularien erstickt und Tierversuchsgegnern bedrängt, erklärt die Forschungsgeldung, wo Tierversuche notwendig sind – und wie sie ... [mehr](#)



Replikationskrise

Erschreckend viele Resultate biomedizinischer Studien können nicht reproduziert werden. Wie kommen wir aus dieser Replikationskrise ... [mehr](#)



Genom- und RNA-Editing

Basen Editoren sind die neueste Evolution des CRISPR-Cas basierten Genom- und RNA-Editings. Im Gegensatz zu klassischen CRISPR-Systemen ... [mehr](#)



Mikrobiom

Die Anzahl der Publikationen mit Stichwort



3D-Zellkultur und Organoide

Dreidimensionale Zellkulturen sind viel näher



Grüne Gentechnik

Wer in der Pflanzenforschung arbeitet, ver-

The *heart* of the matter

NEBNext[®] Ultra[™] II DNA & RNA Library Prep

Die NEBNext Ultra II Kits für die Illumina Plattformen sind das Herzstück Ihrer NGS Library Preparation: Mit den speziell formulierten Mastermixen und vereinfachten Arbeitsabläufen erstellen Sie selbst aus geringstem Input-Material und in kürzester „Hands-on“-Zeit exzellente und komplexe Libraries. Der NEBNext Ultra II DNA Workflow ist dabei der Kern – **leicht skalierbar und bereits für diverse Roboter-Plattformen automatisiert.**

Diesen zentralen Workflow finden Sie auch in weiteren NEBNext Lösungen wieder: z.B. in RNA-seq, Single Cell/Low Input RNA-seq oder in den NEBNext EM-seq Kits für Bisulfit-freie Epigenetikanalysen. Oder Sie kombinieren ihn einfach mit den entsprechenden NEBNext Modulen.

Besser und einfacher kann Library Prep nicht sein!

Weitere Informationen und kostenfreie Testmuster:
www.neb-online.de/ultra2

NEBNext[®] Ultra[™] II DNA Library Prep Kit for Illumina[®]:
Ein zentraler Workflow für eine Vielzahl an Applikationen.

ULTRA II DNA WORKFLOW:



Kompletter Workflow



- < 15 Minuten „Hands on“ Zeit
- nur 2:30 bis 3:00 Stunden gesamt
- bereits auf vielen Plattformen automatisiert

- wird eingesetzt für Whole Genome, Standard & Low Input, Exome Capture, ChIP-seq, NicE-Seq, Cut & Run-Seq, cfDNA ...

EBENFALLS DAS HERZSTÜCK IN:

Enzymatic Methyl-Seq ohne Bisulfit-Conversion

Directional & non-directional RNA-Seq

Enzymatic DNA Fragmentation System

Single Cell/ Low Input RNA Library Prep

SARS-CoV-2 Surveillance Sequencing

