

Stoffschwund. Anders als gefährdete Tieren der „roten Liste“ werden die „bedrohten Spezies“ im Periodensystem nie komplett von der Erde verschwinden. Doch derzeit landen manche Elemente so massenhaft in Handys, dass die Suche nach den letzten Resten bald nicht mehr wirtschaftlich sein wird. Grafik: Tsp/Chemistry Innovation Knowledge Transfer Network

Die elementare Ordnung der Welt

118 Elemente kennen Chemiker bislang – einige könnten auf der Erde bald nicht mehr zu finden sein

VON SARAH REIM

Den Stars der Nerd-Serie „Big Bang Theory“ dient es als dekorativer Duschvorhang, Lehrer hingegen nutzen es im Chemieunterricht nicht nur als Wandschmuck: Das Periodensystem der Elemente (PSE) hat dieses Jahr 150-jähriges Jubiläum. Aufgrund seines „Stellenwerts für Wissenschaft und Wirtschaft“ widmen die Vereinten Nationen der Tabelle, die alle Stoffe des Universums ordnet, ein „Weltjahr“. In Paris wird dafür am 29. Januar eigens das „internationale Jahr des Periodensystems der chemischen Elemente“ verkündet.

Alle 118 Elemente, die bisher nachgewiesen wurden, ordnet das PSE nach Anzahl der Protonen. Es ist aber längst nicht nur bloßes Hilfsmittel in der Chemie, sondern stellt auch dar „woraus wir und alles was uns umgibt aufgebaut ist – also letzten Endes die gesamte Materie“, sagt Christian Müller, Professor für Anorganische Chemie an der Freien Universität Berlin.

Auf die Idee, Ordnung ins chemische Durcheinander zu bringen, kamen vor 150 Jahren gleich zwei Forscher, unabhängig voneinander: der Russe Dmitri Mendelejew und wenige Monate später der Deutsche Lothar Meyer, „der leider oft vergessen wird“, sagt Müller. Sie entwickelten eine Tabelle, in die sie die bis dahin bekannten Elemente anhand ihrer Eigenschaften einsortierten. Damit wurden Prognosen über noch nicht entdeckte Stoffe einfacher – wo die Tabelle eine Lücke aufwies, musste ein Element existieren, das noch gefunden werden musste.

Die einzelnen Elemente im PSE sind in Zeilen (Perioden) und Spalten (Gruppen) angeordnet. Wobei „die Elemente mit ähnlichen Eigenschaften und gleicher Außenelektronenzahl untereinander angeordnet sind“, sagt Müller. Zu welcher Gruppe ein Element gehört, hilft bei

der Vorhersage, ob und wie Reaktionen mit anderen Elementen möglich sind.

Außerdem enthält jedes Kästchen eine Vielzahl an Informationen, beispielsweise über den Aggregatzustand, die Dichte, und ob das Element radioaktiv ist oder nicht, und ist so eine wichtige Übersicht für verschiedenste naturwissenschaftliche Fragestellungen. Die Chemikerin, die für ein Experiment die Elektro negativität von Kupfer wissen muss, findet diese genauso, wie der Biologe die nötigen Informationen für das Ansetzen einer Nährlösung oder der Materialwissenschaftler für eine Legierung.

Oben links mit der Ordnungszahl eins steht heute wie damals das am einfachsten aufgebaute Element: Wasserstoff besitzt nur ein Elektron und ein Proton und

ist deshalb für diverse quantenchemische Berechnungen das beste „Versuchselement“. Mit steigenden Zahlen werden die Elemente schwerer und komplexer: Sauerstoff beispielsweise besitzt die Ordnungszahl acht, Kohlenstoff, der Baustoff des Lebens, ist etwas leichter, steht zwei Plätze weiter links auf Platz sechs. Deutlich schwerer sind Iod (53), das man aus Desinfektionsmitteln kennt, und Metalle wie Gold (79) und Quecksilber (80). Manche Elemente sind weitgehend unbekannt: etwa Yttrium und Seaborgium.

Noch kommen 94 der 118 bekannten Elemente natürlich vor, doch die Ressourcen auf der Erde sind endlich. Laut der „American Chemical Society“ wird es bei 44 von ihnen in den nächsten Jahren zu Versorgungsengpässen kommen.

„Das ist im Moment vor allem auf die Handy-Produktion zurückzuführen“, sagt eine Sprecherin der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). Denn betroffen sind neben Metallen wie Silber und Zink auch weniger bekannte Elemente wie Gallium, Hafnium und Indium. Diese Elemente kommen nur in sehr geringen Mengen auf der Erde vor, werden aber für Halbleiter- und Raumfahrttechnik sowie Touchscreens gebraucht. Da einerseits viele Menschen ihre alten Smartphones nicht entsorgen und das Recycling andererseits sehr aufwendig sei, gäbe es für viele dieser Elemente keinen Kreislauf, sodass immer weniger davon zur Verfügung stehen, sagt die GDCh-Sprecherin. Sogar Helium werde vermutlich in den nächsten „Jahren oder Jahrzehnten“ knapp.

Das Edelgas leitet den Schall nicht nur schneller als Luft und sorgt so beim Einatmen für die bekannte Donald-Duck-Stimme, sondern hat auch eine Reihe technischer Anwendungen: Verflüssigt wird es dank seines sehr niedrigen Schmelzpunkts von 269 Grad Celsius oft als Kühlmittel verwendet, etwa für Supraleiter. Aufgrund geringer Dichte und Reaktionsträgheit eignet sich Helium auch für Luftschiffe und als Schutzgas. Problematisch dabei ist, dass Helium nicht in Verbindungen vorkommt, aus denen man es isolieren könnte, sondern nur als reines Gas. Als solches hat es sich über Millionen Jahre hinweg aus dem radioaktiven Zerfall von Thorium gebildet und im Erdinneren gesammelt. Von dort steigt es mit anderen Gasen im Gestein auf und wird bei der Erdgasförderung abgetrennt. Doch der Verbrauch übersteigt die Förderung im Moment massiv. Alternative Methoden wie die künstliche Herstellung durch Kernreaktionen oder die Isolation aus Luft sind sehr teuer und energieaufwendig.

ELEMENTARKÜCHE

Schwere Forschung

Alle Elemente mit den Ordnungszahlen 95 und höher kommen in der Natur nicht natürlich vor, sondern werden durch Versuche im Labor hergestellt. Das erste war **Americium**, das 1944 produziert wurde und inzwischen als Quelle ionisierender Strahlung genutzt wird. Schon bei den Elementen mit den Nummern 104 und 105 wurde klar, dass die Periodizität des Systems bei schweren künstlich hergestellten Elementen ihre Grenzen erreicht. Das liegt daran, dass sich ihre Elektronen nahezu mit Lichtgeschwindigkeit bewegen

müssen und relativistische Effekte deshalb eine immer größere Rolle spielen. Die Elemente zeigen daher oft nicht mehr das Reaktionsverhalten und die Eigenschaften, welche man durch ihre Stellung im Periodensystem vermuten würde. Bei den **aktuellsten Neuzugängen** lassen sich die Eigenschaften aber ohnehin kaum noch messen: So existieren die neusten vier Elemente (Ordnungszahlen 113 bis 115), die erst im November 2016 ihre Namen und Abkürzungen bekamen, nur wenige Sekundenbruchteile. Diese **superschweren Elemente** werden erzeugt, indem Ionen leichter Elemente mit sehr hoher Geschwindigkeit auf schwerere Elemente geschossen werden. Ihr Nachweis ist sehr aufwendig. An den folgenden Elementen 119 und 120 wird aktiv geforscht, unter anderem im GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt. Bei welcher Ordnungszahl endgültig Schluss ist, ist unbekannt: Schätzungen gehen davon aus, dass insgesamt zwischen 126 und 173 Elemente möglich sind. *srei*

Bunte Bevölkerung

Neues Berliner Institut soll Diversität erforschen

Berlin, die wohl diverseste Stadt Deutschlands, soll ein neues Institut für Bevölkerungswissenschaft bekommen. Alternde Gesellschaft, neu Zuwandernde, Alleinerziehende, die dritte Geschlechtsoption und Regenbogenfamilien: Die rasanten Veränderungen in der Gesellschaftsstruktur und in den Familienformen seien ein bislang wenig bearbeitetes Themenfeld, sagt Andreas Edel, Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für demografische Forschung, der an der Antragsvorbereitung beteiligt ist.

Geplant sei ein „Einstein Center for Population Diversity“, die Anschubfinanzierung dafür stehe, erklärt Andreas Schlüter, Generalsekretär des Stifterverbandes für die deutsche Wissenschaft auf Anfrage. Eine Stiftung im Stifterverband habe eine Million Euro zugesagt. Hinzu kämen 500 000 Euro vom Land Berlin. Organisiert wird die Finanzierung vom Förderfonds Wissenschaft in Berlin. Ihn haben der Stifterverband und die Einstein-Stiftung im April 2017 gegründet, um private Spenden für die Berliner Wissenschaft zu mobilisieren. Der Förderfonds managt bereits die Public Private Partnership beim Einstein Center Digital Future, das ebenfalls im Frühjahr 2017 startete.

„Die Digitale Zukunft und die Bevölkerungswissenschaft sind die ersten beiden großen Projekte des Förderfonds“, sagt Schlüter. Beim Projekt für das neue Einstein Center for Population Diversity ist die Humboldt-Universität federführend, beteiligt sind außerdem die private Hertie School of Governance, das Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung, das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), das Rostocker Max-Planck-Institut für demografische Forschung – und eine Soziologin von der University of Oxford. Mit ihr sind die drei großen Berliner Unis und die Charité in der „OX/BER Research Partnership“ angesichts des bevorstehenden Brexit eine enge Kooperation eingegangen.

„Die Mission des neuen Einstein-Zentrums ist es, die Ursachen und Folgen der Bevölkerungsvielfalt auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene sowie durch länderübergreifende Vergleiche zu untersuchen“, heißt es in einem Entwurfspapier zum geplanten Institut. Forschende aus der Demografie, der Epidemiologie, der Medizin, Politikwissenschaft, Psychologie, Soziologie, Statistik und Wirtschaftswissenschaften sollen „eine erneuerte und interdisziplinäre Bevölkerungswissenschaft“ begründen – und damit einen Berliner „Leuchtturm von hoher internationaler Ausstrahlungskraft“.

„Heute ist Prenzlauer Berg der Bezirk der jungen Familien, aber auch sie werden altern“, nennt Andreas Edel ein Beispiel für die Berliner Diversität. Ein verwandtes Thema sei die Gesundheitsdiversität, wobei es unter anderem um Unterschiede im Gesundheitsstatus von Männern und Frauen geht. Das schließt auch die Frage ein, inwieweit soziale Ungleichheit und Diversität in Verbindung stehen – etwa hinsichtlich eines wachsenden Anteils an Alleinerziehenden oder neu Zugewanderten, sagt Edel, der in Berlin das vom Rostocker MPI betriebene europäische Netzwerk „Population Europe“ leitet.

Politische Auswirkungen habe die zunehmende Diversität der Bevölkerung auch dann, wenn klassische Wählermilieus wegbrechen, sagt Edel. „Wie sieht die Gesellschaft in 20 bis 30 Jahren aus und was hält sie dann zusammen“, laute die übergeordnete Forschungsfrage, die das neue Institut bearbeiten könnte – für Deutschland und Europa in globaler Perspektive. Im Entwurfspapier für das Zen-

trum wird das Spannungsfeld so beschrieben: „Für die einen bedeutet diese Vielfalt eine Chance, die neue Perspektiven, kreative Ideen und zivilgesellschaftliche Initiativen ermöglicht, die unsere Gesellschaft bereichern. Andere sehen darin eher eine Infragestellung des sozialen Zusammenhalts.“ Zu erforschen gelte es deshalb auch, wie in Zukunft eine hinreichende soziale Sicherung, nachhaltige Beschäftigungschancen und politische Partizipationsmöglichkeiten bereitgestellt werden könnten.

ANZEIGE

Folge 343 von 30.000.000

Sonderausstellung ARTEFAKTE: Wie wollen wir mit unserem Planeten umgehen?

Den ausgestorbenen Riesenalk (*Pinguinus impennis*) und 29.999.999 andere Naturen finden Sie im

Leinhardt Natur MUSEUM FÜR NATURKUNDE BERLIN

www.museumfuernaturkunde.berlin

Doch selbst wenn die ersten 1,5 Millionen Euro für das Vorhaben als gesichert gelten können: Noch muss das Einstein Center for Population Diversity weitere Hürden nehmen. Gebrauch werden zwei Millionen Euro pro Jahr – für die übliche sechsjährige Laufzeit von Einstein-Zentren. Der Antrag bei der Einstein-Stiftung soll im März gestellt werden, heißt es. Andreas Schlüter vom Stifterverband ist zuversichtlich: „Die Wissenschaft in Berlin stößt wegen der hohen Dichte von Forschungseinrichtungen und ihrer internationalen Ausstrahlung in ganz Deutschland auf das Interesse potenzieller Stifter.“ Und gerade das Thema



Vielfalt. Das Institut soll das Spannungsfeld zwischen gesellschaftlicher Diversität und Zusammenhalt ausloten. Foto: Peter Kneffel/dpa

des demografischen Wandels und der zunehmenden gesellschaftlichen Diversität sei hoch aktuell.

Der Fachöffentlichkeit wird sich das Forschungszentrum am 21. Januar vorstellen – bei einer Tagung in der European School of Management and Technology am Berliner Schlossplatz. Diskutiert wird unter dem Titel „Population Diversity als Zukunftstrend“. Offiziell starten soll das Zentrum im Januar 2020, unterdessen wird noch nach einem geeigneten Gebäude gesucht.

„Es wird Zeit, dass wir nicht nur von Vielfalt sprechen, sondern die Menschen, die diese Vielfalt ausmachen und gestalten, viel stärker als bisher in den Fokus rücken“, sagt Andreas Edel.

AMORY BURCHARD

Ein Repertoire an Fakten über neue Technologien

Die Gentechnologie hatte in Deutschland einen schlechten Start. Man möchte sagen: zum Glück! Als man in den USA in den 1990er Jahren vorpreschte und eine Vielzahl von Gentherapieexperimenten an „austherapierten“ Patienten wagte, die grausam scheiterten, gab das nicht nur den Anstoß zu mehr Grundlagenforschung, sondern auch zum Monitoring – zu einem kritischen Beobachten der zukunftssträchtigen Technologie. So entstand an der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW) ein „Observatorium“ der Gentechnik-Entwicklung, die „Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht“.

Seit nunmehr zwanzig Jahren behält das Observatorium die Entwicklung der Gentechnologie in Deutschland im Auge – nichts Vergleichbares gibt es bisher. Im Schutzraum der Akademie ist die Unabhängigkeit der Arbeit von äußeren Einflüssen garantiert: kein externer Geldgeber kann Einfluss nehmen. Keine politischen, ökonomischen oder ideologischen Interessen können die Ergebnisse des Monitorings – der vierte Bericht liegt jetzt vor – verfälschen, sei es zu den Entwicklungen in der Stammzellforschung, der Gentherapie, der Synthetischen Biologie, der Gendiagnostik oder der Grünen Gentechnik.

Für das Beobachten und Bewachen braucht es Experten. Die gibt es an einer Akademie reichlich, auch für ein komplexes Thema wie die Gentechnologie. Nicht nur die Naturwissenschaften sind betroffen, auch Fragen des Rechts, der Ökonomie und nicht zuletzt der Ethik sind relevant. Zur IAG gehören daher neben den Molekularbiologen, Biochemikern, Genetikern und Zellbiologen auch Professoren des Rechts, der Philosophie, der Soziologie.

Wichtigstes Werkzeug für das Monitoring sind die „Indikatoren“. Damit lassen sich unscharfe Größen, etwa die „Bedeutung“ einer Entwicklung zumindest teilweise exakt messen: Wie viel Fördergel-

der fließen in eine Technologieentwicklung, wie viele Wissenschaftler beschäftigen sich damit, wie viel publizieren sie, wie viele Patente melden sie an. Risiken lassen sich abschätzen anhand von Indikatoren wie der Anzahl von Fehlschlägen, Unfällen, unerwarteten Ereignissen. Indikatoren erlauben Vergleiche, machen Entwicklungen sichtbar. Die Daten gibt es, sie müssen nur fachkundig ausgesucht, bewertet und zusammengestellt werden – ein aufwendiges, aber lohnendes Verfahren.

Denn das Observatorium stellt ein Repertoire an Fakten und Daten zur Verfügung, das der Versachlichung des Diskurses dienen kann. Man hätte sich ein sol-

ches unabhängiges Observatorium für die aufbrechende Atomtechnik gewünscht. Man kann es empfehlen für anstehende Innovationen wie die Digitalisierung, die Automatisierung, die Energiewende, Big Data und Personalisierte Medizin – für alles, was an komplexen, für den oberflächlichen Blick undurchsichtigen und deshalb unheimlichen Entwicklungen auf uns zukommt und gesellschaftlicher Regulierung und Entscheidungen bedarf.

Der Fall der Gentherapie zeigt: Während der Ansatz in den Neunzigerjahren wegen der katastrophalen Fehlschläge beinahe zum endgültigen Aus geführt hätte, gibt es jetzt ein erfolgreiches Comeback: Seit 2015 wurden in Europa und den USA sechs verschiedene Gentherapien zugelassen. Weitere werden folgen. Der Anteil der Biopharmazeutika an den Neuzulassungen innovativer Medikamente steigt. Und die Entwicklung der Gendiagnostik kann als dramatisch bezeichnet werden. Gentests werden die Therapie revolutionieren, indem sie helfen, die Behandlung auf den einzelnen Menschen zuzuschneiden, zu „individualisieren“. Auch die „Grüne Gentechnik“ meldet Durchbrüche: Die mühsame klassische Züchtung besserer Nutzpflanzen, die auf der zufälligen Herstellung von Mu-

tationen durch Chemikalien oder radioaktive Bestrahlung beruhen, wird schon jetzt von der CRISPR/Cas9-Technik verdrängt und wohl auch dem noch immer nicht akzeptierten „Genfood“ zum Durchbruch verhelfen.

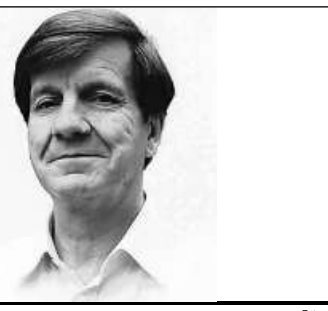
Auch langfristige Trends macht das Monitoring sichtbar: Vor der Jahrtausendwende wurde noch überwiegend über Chancen und Risiken der Gentechnologie diskutiert. Letztere haben sich in den zwei Jahrzehnten nicht materialisiert – und wir beobachten eine zunehmende Ethisierung der Debatte: Gibt es Grenzen des Erlaubten? Darf man alles, was man kann? Die Debatte der 1990er, als vor allem über eventuelle Risiken der Neukombination von Genen unterschiedlicher Spezies diskutiert wurde, haben die neuen technischen Entwicklungen obsolet gemacht: Mit Gen-Scheren wie CRISPR/Cas9, mit denen das Erbgut editiert werden kann, ist der Transfer artfremder Erbgutabschnitte nicht mehr erforderlich. Das „Unnatürliche“ der Gentechnologie tritt in den Hintergrund, stammen doch sogar die Werkzeuge der Gentechnologie – etwa die Crispr-Gen-Schere – aus der Natur.

— Der Autor ist emeritierter Biochemie-Professor der FU Berlin und Initiator der „IAG Gentechnologiebericht“.

POSITION

Zukunftsträchtige Technologien brauchen ein Observatorium

VON FERDINAND HUCHO



ben den Molekularbiologen, Biochemikern, Genetikern und Zellbiologen auch Professoren des Rechts, der Philosophie, der Soziologie.

Wichtigstes Werkzeug für das Monitoring sind die „Indikatoren“. Damit lassen sich unscharfe Größen, etwa die „Bedeutung“ einer Entwicklung zumindest teilweise exakt messen: Wie viel Fördergel-