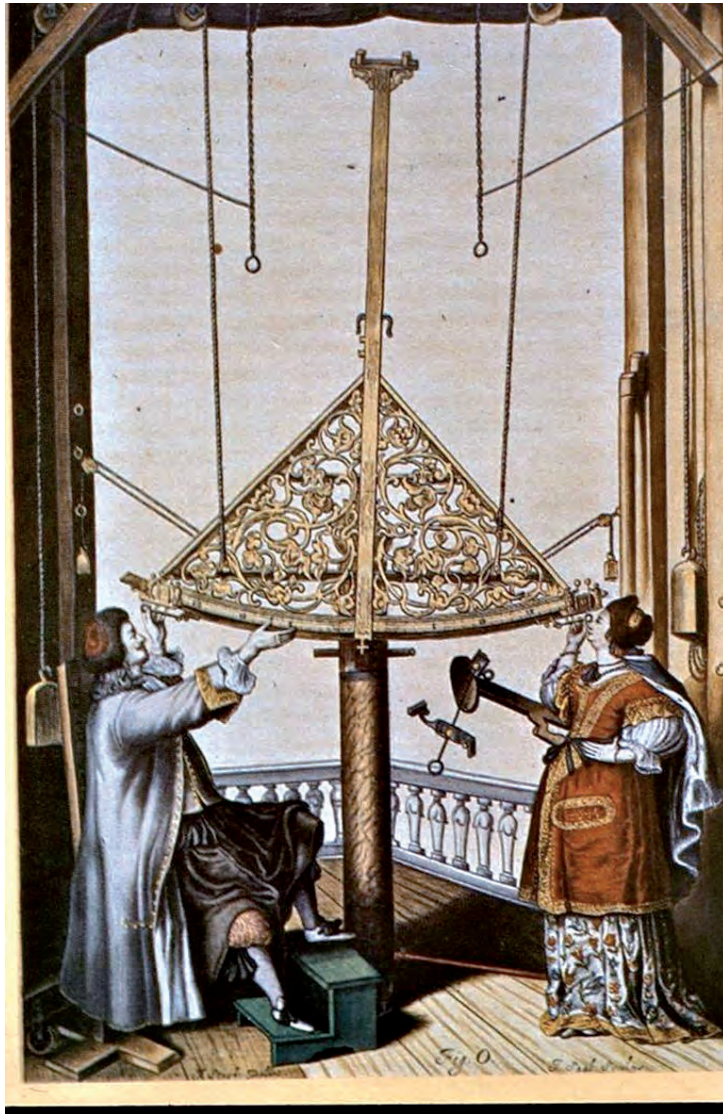


Urania



Informationsschrift des
NATURWISSENSCHAFTLICHEN VEREINS ZU LÜBECK

Nr. 52 – 2020 / 2021



Naturwissenschaftlicher
Verein zu Lübeck e.V.
gegründet 1872

Urania

Informationsschrift des
Naturwissenschaftlichen Vereins zu Lübeck e.V., gegr. 1872
Der Verein ist Tochter der GEMEINNÜTZIGEN in Lübeck

Redaktion:

Dr. Wolfgang Czieslik – Email: vorstand@nwv-luebeck.de

Verantwortlich im Sinne des Presserechtes sind die Autoren der Beiträge. Die in den Beiträgen wiedergegebenen Meinungen müssen nicht mit denen der Redaktion übereinstimmen.

Geschäftsadresse des Vereins:

NWV c/o Museum für Natur und Umwelt, Musterbahn 8, 23552 Lübeck

Internet: <https://www.nwv-luebeck.de/>

Vorstand:

- 1. Vorsitzender: Dr. Wolfgang Czieslik
- 2. Vorsitzende: Dr. Julia Schwach
- Kassenwart: Uwe Spiekermann
- Beisitzer: Dieter Löwe, Michael Möllers, Nele Twisselmann,

Beratende Mitglieder:

Dr. Wolfram Eckloff
Prof. em. Dr. Dietrich von Engelhardt
Prof. em. Dr. Rudolf Taurit
Prof. Dr. Hans-Dieter Reusch

Mitgliedsbeiträge: Erwachsene 36 € (ermäßigt 15 €), Paare 45 €, Schüler/Studierende beitragsfrei.

Bankverbindung für Mitgliedsbeiträge und Spenden (abzugsfähig):

Sparkasse zu Lübeck,

IBAN: DE25 2305 0101 0001 0082 75, BIC: NOLADE21SPL

Die URANIA ist für Mitglieder kostenlos im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Preis dieses Heftes: 10 € im Einzelbezug

Satz und Layout: Wolfgang Czieslik, Stockelsdorf

Umschlagmotiv: Johannes Hevelius und seine Frau Catharina Elisabeth am Messing-Oktanten
(s. Beitrag von Hans-Jürgen Kämpfert S. 4)



Inhalt

Vorwort zu den Themen dieses Heftes	2
Veranstaltungen 2020	3
Johannes Hevelius und Catharina Elisabeth Hevelius	4
Buchhinweis: Naturwissenschaft am Unterlauf der Weichsel	20
Das Eis wird dünn	21
Buchhinweis: Die Menschheit retten? Packen wir's an!	35
Natur vor der Haustür	36
Berichte aus dem Gesprächskreis	38
Nobelpreis in Chemie 2019 - Lithium-Ionen-Akkus	38
Nobelpreis für Physik 2020 – Schwarze Löcher	45
Nobelpreis für Chemie 2020 - Die Genschere CRISPR/Cas9	50
Was ist CRISPR/Cas und wie funktioniert es?	51
Nachweis von SARS-CoV-2 mit einem CRISPR-Cas-System	54
Ein sich wiederholendes Mysterium	55
Nobelpreis für Medizin 2020 – Die Entdeckung von Hepatitis C	57
Was ist Wahrheit? Anmerkungen über unser Glauben und Wissen	60
Zur Diskussion: Unsere Erde ist endlich!	64
Kurzberichte von Veranstaltungen	68
Nasse Moore brauchen wir!	68
Wahrnehmung von Schmerzen und die Rolle von Ionenkanälen	69
Als die Eiszeit ging zu Ende - Eine musikalische Zeitreise	70
Mitteilungen aus dem Verein	71
Jahresbericht für 2020	71
Haushaltsübersicht 2020 und Plan 2021	74

Vorwort zu den Themen dieses Heftes

Liebe Leserinnen und liebe Leser!

Auch in diesem Jahr präsentieren wir Ihnen ausführliche Berichte über die Mehrzahl unserer Veranstaltungen im Jahr 2020 in der Ihnen vorliegenden neuen Ausgabe der Urania Nr. 52 .

„Wie kann man erklären, dass Johannes Hevelke aus einer Danziger Brauerfamilie innerhalb kurzer Zeit zu dem anerkanntesten Astronomen in der Mitte des 17. Jahrhunderts aufstieg, um dann schon zu seinen Lebzeiten (1611 bis 1687) wieder zu den fast Vergessenen der wissenschaftlichen Welt zu gehören?“ Mit dieser Frage begann Hans-Jürgen Kämpfert seinen Vortrag über eine der faszinierendsten Persönlichkeiten im 17. Jahrhundert, den Danziger Brauer, Ratsherrn und Astronomen Johannes Hevelius.

Der Zustand unserer Erde und was jeder und jede zu ihrer Erhaltung tun kann war das Thema von Prof. Carsten Niemitz, der sehr umfassend und gut verständlich über die komplexen Zusammenhänge zwischen Klimawandel, Bevölkerungswachstum, Biodiversität, Plastikmüll u.a. informierte.

Drei kurze Veranstaltungsberichte beschäftigen sich mit der Bedeutung der Moore für unser Ökosystem und dem Thema Schmerzen. Hinweise auf weiterführende Quellen vervollständigen diese Berichte.

Einen großen Teil dieses Heftes nehmen Berichte aus dem Gesprächskreis des Naturwissenschaftlichen Vereins über Nobelpreise für Chemie, Physik und Medizin sowie zwei Diskussionsbeiträge („Was ist Wahrheit? – Anmerkungen über unser Glauben und Wissen“ und „Unsere Erde ist endlich!“) ein.

Aktuelle Informationen und Berichte über die Veranstaltungen des Vereins sowie Berichte, für die wir in diesem Heft keinen Platz mehr hatten, finden Sie auf unserer Homepage unter www.nwv-luebeck.de . Außerdem finden Sie hier zusätzlich ergänzende Texte zum Beitrag über die Genschere CRISPR/Cas9.

Viel Freude bei der Lektüre wünscht Ihnen

Ihr Wolfgang Czieslik

Veranstaltungen 2020

Aufgrund der Corona-Pandemie konnten im Jahr 2020 nur drei **Familien-Workshops** – jeweils einer im Januar, Februar und im Juli – durchgeführt werden. Diese Workshops waren gut besucht, was uns darin bestärkt, die Familienworkshops sobald als möglich sowohl als Indoor- als auch als Outdoor-Veranstaltung wieder anzubieten.

Im Jahr 2020 hat der **Gesprächskreis** sich mehr und mehr zu einer Veranstaltung mit einer vorher festgelegten Thematik mit Kurzreferat und anschließendem Gespräch entwickelt, wobei aber immer die Möglichkeit bestand spontan neue Gesprächsthemen einzubringen und zu diskutieren.

Themen in zwei Präsenzveranstaltungen und sechs Videokonferenzen waren

- Die Sicherheit von Medizinprodukten
- Nobelpreis für Medizin 2019, Mechanismus des biologischen Sauerstoffsensors
- Nobelpreis Chemie 2019, Lithium-Ionen-Akku
- COVID 19 Testverfahren und Impfstoffe
- Nobelpreis Physik 2020, Schwarze Löcher; Nobelpreis Chemie 2020, CRISPR/Cas9
- Nobelpreis Medizin 2020, Hepatitis C; „Was ist Wahrheit? – Anmerkungen über unser Glauben und Wissen“
- Klimawandel, „Unsere Erde ist endlich!“

Trotz der Corona-Pandemie konnten wir im Jahr 2020 fünf **Vorträge** mit sehr unterschiedlichen Themen aus den Bereichen Ökologie / Klimaschutz, Medizin und Wissenschaftsgeschichte anbieten.

Vorträge in zeitlicher Reihenfolge

Ute Ojowski, Nasse Moore brauchen wir! Klimaschutz durch Moorrenaturierung mit MoorFutures

Prof. Dr. Enrico Leipold (Universität zu Lübeck), Wahrnehmung von Schmerzen und die Rolle von Ionenkanälen.

Dr. Wolfram Eckloff, Reppenstedt, Als die Eiszeit ging zu Ende - Eine musikalische Zeitreise

Hans-Jürgen Kämpfert, Stockelsdorf, Johannes Hevelius und Catharina Elisabeth Hevelius

Prof. Dr. Carsten Niemitz, Mölln, Das Eis wird dünn - Die planetare Lage und Folgerungen daraus für Jede und Jeden

Johannes Hevelius und Catharina Elisabeth Hevelius

Hans-Jürgen Kämpfert

Es liegt etwas zutiefst Rätselhaftes und menschlich Berührendes im Leben und Schaffen des Danziger Astronomen: Wie kann man erklären, dass Johannes Hevelke aus einer Danziger Brauerfamilie innerhalb kurzer Zeit aufstieg zu dem anerkanntesten Astronomen in der Mitte des 17. Jahrhunderts, um dann schon zu seinen Lebzeiten (1611 bis 1687) wieder zu den fast Vergessenen der wissenschaftlichen Welt zu gehören? Man kann ihn vergleichen mit denjenigen Himmelskörpern, die er erforschte, mit den Kometen: Kometengleich taucht Hevelius am Himmel der Naturforscher auf, als Fürst der Astronomie, um nach 30 Jahren hellsten Strahlens wieder unscheinbar in den Tiefen des Alls zu entschwinden, und nur unsere Erinnerung und unser Gedenken lässt ihn heute vor unseren Augen erscheinen. Doch jeder Vergleich hinkt, denn seine Mondforschungen, die Beschreibung von Bau und Funktion seiner Sternwarte (der besten der Welt um 1650), sein schriftstellerisches Werk von rund 3000 Seiten im Quartformat, seine zahlreichen Entdeckungen am Himmel und nicht zuletzt die Ausbildung einiger Assistenten und vor allem seiner Frau zur ersten Astronomin der Geschichte überhaupt sind Leistungen, die auch heute noch uneingeschränkt ihre Bedeutung haben. Niemand konnte diesen Lebensweg auch nur ahnen, als Johannes Hevelke, die Schreibweise des Familiennamens ist gar nicht eindeutig festgelegt, am 28. Januar 1611 in einem alten Familienbesitz Ecke Häkergasse / IV. Damm – heute Straganiarska / Grobla IV - in der Altstadt Danzigs geboren wurde. Schon sein Urgroßvater hatte in der Mitte des 16. Jahrhunderts in diesem Hause Bier gebraut. Heute - nach den schweren Zerstörungen Danzigs in der Folge des Zweiten Weltkrieges - befindet sich an dieser Stelle eine Gedenktafel. Noch vor 1945 ergaben die Nachforschungen der weit verzweigten Familie Hevelke aus den Urkunden des Stadtarchivs Danzig, dass die Familiengeschichte der Hevelkes sich bis in das Jahr 1434 zurückverfolgen lässt. Aus einem Erbe in Danzig kaufte ein direkter Vorfahre des Astronomen aus der Gegend um Cuxhaven an der Elbe einen Hof in Stüblau im Danziger Werder



Johannes Hevelius, gemalt von Daniel Schultz (1615-1683)



Pfefferstadt: Wohnort von Hevelius nach der Vermählung mit Catharina Rebeschke



Gedenktafel am Ort des Geburtshauses von Johannes Hevelke

und nahm auch seinen Wohnsitz unter der Herrschaft des Deutschen Ordens auf diesem überaus fruchtbaren Ackerland. Aus dieser wohlhabenden Bauernfamilie in Stüblau ging im Laufe der folgenden 150 Jahre auch eine begüterte und weit verzweigte Brauerfamilie in Danzig hervor. Das repräsentative Haus in der Langgasse 45 schräg gegenüber dem Rechtstädtischen Rathaus gehörte um 1550 Jacob Hevelke, einem Urgroßonkel unseres Astronomen.

Schul- und Studienzeit

Ab Ostern 1618 war Johannes Hevelke Schüler des Akademischen Gymnasiums, dieser 1558 durch Constantin Ferber gegründeten und jahrhundertlang weit über Danzig hinaus bekannten Schule von hohem wissenschaftlichem Rang. Im Jahre 1624, gerade im vierhundertsten Jahre seit Gründung der Stadt Danzig, musste die Schule ihre Pforten schließen, weil Danzig von Krieg und Pest bedroht wurde. Die Stadt gehörte zu dieser Zeit mit ihren fast 80.000 Einwohnern zu den drei größten Städten Nordeuropas und war durch ihren Reichtum und ihre starken Befestigungsanlagen Anziehungspunkt für zahlreiche Künstler und Wissenschaftler. Johannes wurde in die Nähe von Bromberg geschickt, um in Sicherheit zu leben und um dort polnisch zu lernen. Nach drei Jahren kehrte er nach Danzig zurück – die Stadt hatte allein durch diese Pestepidemie etwa 10.000 Einwohner verloren - und studierte am Akademische Gymnasium bei dem von ihm sehr geschätzten Mathematiklehrer Prof. Dr. Peter Crüger, der aus Königsberg stammte und sich zur damals sehr modernen Lehre des Copernicus bekannte.

1629 verließ Johannes die Schule endgültig, aus Krankheitsgründen, wie er später in seiner *Machina Coelestis* angeben wird. Jedoch nahm er Unterricht bei einem Mechaniker, lernte Drechseln, Glasschleifen, Kupferstechen, übte sich in der Herstellung astronomischer Instrumente, im Zeichnen und in theoretischer Astronomie, aber auch in Rechtskunde und Kameralistik.

Ende des Jahres 1630 sandten seine Eltern ihn zum Jurastudium nach Leyden, dessen Universität bei den Danziger gehobenen Familien damals in hohem Ansehen stand. Als er ein Jahr später nach England ging, gewannen aber Astronomie, Mechanik und Mathematik wieder verstärkten Einfluss auf ihn. In London lernte er die Naturforscher Jacob Usher, Johann Wallis und Samuel Hartleben, der aus Danzig stammte, kennen. Sie gehörten später zu den Mitbegründern der Royal Society in London. Wiederum nach einem Jahr führte ihn seine Studienreise nach Frankreich zu den Pariser Mathematikern Mersenne, Gassendi und Boulliau, der ihn dann 1661 in Danzig besuchte, und zu dem berühmten Jesuitenpater Athanasius Kircher aus Fulda nach Avignon. Diese Zeit in England und Frankreich mit den zunächst überraschenden, zahlreichen Begegnungen des jungen, aber offenbar begabten Danziger Studenten mit bedeutenden Persönlichkeiten der wissenschaftlichen Welt war sicher ein Grund für seinen eigenen späteren, so überaus steilen Aufstieg als Astronom. Er bereiste noch den Westen Deutschlands und die Schweiz, als seine Eltern ihn 1634 nach Danzig zurückbeorderten, noch bevor er seinen größten Wunsch, in Italien die berühmten Gelehrten Galilei und Scheiner aufzusuchen, verwirklichen konnte.

In Danzig trat er sogleich in die Brauerei seines Vaters ein, da von seinen zwölf Geschwistern nur noch fünf Schwestern am Leben waren. Im Traubuch der St. Marienkirche fand sich unter dem 21. März 1635 seine Vermählung mit Catharina Rebeschke aufgezeichnet. Er übernahm die Verwaltung der Brauerei seines begüterten Schwiegervaters, die später nach dem Tode seiner Frau in seinen Besitz überging, und zog auf die Pfefferstadt – heute Korzenna -, eine größere Straße in der Danziger Altstadt, wo er sein Leben lang gewohnt hat. Seit 1636 war er als selbständiger Brauer Mitglied der Brauerzunft.

Der Aufstieg zum Astronom

Nichts, aber auch gar nichts deutet in dieser Zeit auf seine späteren Erfolge als Wissenschaftler hin. Jedoch nach fünf Jahren Tätigkeit im Brauergewerbe machte er einen Krankenbesuch bei seinem alten Lehrer Crüger in der Frauengasse. Dessen eindringliche Mahnungen, die Besichtigung seiner Sammlungen, Geräte und Bücher und schließlich dessen Tod bewirkten eine sensationelle Wende im Leben des Johannes Hevelke: Am 1. Juni 1639 beobachtete er eine Sonnen-

finsternis aus einer einfachen Dachkammer seines Hauses. Diese Dachkammer hatte er ab 1641 zu einer gut funktionierenden Sternwarte ausgebaut und nannte sie Stellaeburgum (Sternenburg). Als erste Aufgabe nahm er sich die Herstellung einer guten Vollmondkarte vor, baute eigenhändig zwei kleinere Fernrohre und beobachtete und zeichnete fünf Jahre lang die Mondoberfläche.

Seine Ergebnisse veröffentlichte er auf 563 Folio-Seiten mit 112 Kupfertafeln, von denen er 107 selbst gestochen hatte, im Jahre 1647 als Selenographia (Mondbeschreibung). Seine unermüdliche Geduld und sein großer Fleiß, sein gutes Auge, das es ihm als einem der ganz wenigen Beobachter gestattete, noch Sterne 7. Größe ohne Fernrohr zu erkennen, sein großes Können als Zeichner und Kupferstecher verhalfen seinem Erstlingswerk zu allgemeiner Anerkennung. Erst rund 150 Jahre später wurde es von Schröters Selenotopographie übertroffen. Seine Freunde und Leser im In- und Ausland spendeten ihm großen Beifall und forderten ihn zu weiteren Arbeiten auf. Selbst der Papst sah ein Exemplar und lobte es, freilich mit dem zusätzlichen Bedauern, dass es von einem Ketzer verfasst sei. Auch aus dem Lübecker Raum schrieb Johannes, Herzog zu Schleswig-Holstein (1606 – 1655), Bischof von Lübeck (seit 1634), Mitglied der „Fruchtbringnden Gesellschaft“ aus Eutin am 11. September 1647: „Durch Ihren Freund Fabricius haben Sie mir Ihr treffliches Werk, die Mondbeschreibung, zum Geschenk gegeben.....Fahren Sie fort, herrlicher Mann, der der Menschen dunkle Augen und Gemüther zu erleuchten! ...Nie werde ich aufhören, Ihre Verdienste zu rühmen, mich dankbar zu beweisen und Sie und die Ihrigen ins Herz zu schließen.“



Stellaeburgum des Hevelius 1641



Titelblatt "Selenographia" 1647



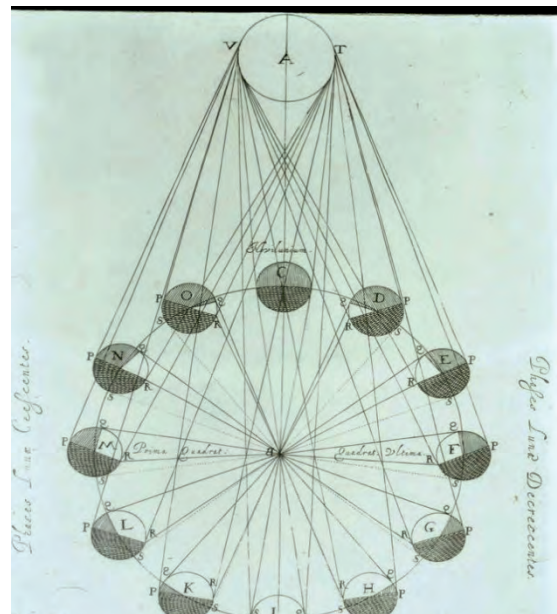
Karte des Mondes von Johannes Hevelius 1645

Mit diesem ausgezeichneten Werk legte er den Grundstein zu seinem Ruhm als Astronom. Fortan nannte er sich - latinisiert - Hevelius, wenn er als Wissenschaftler auftrat. Die hohe Qualität dieses Werkes ist auch darauf zurück zu führen, dass Hevelius alle Arbeiten höchst sorgfältig mit eigener Hand ausführte: Die Beobachtungen, die Messungen, die Zeichnungen und das Stechen der Kupferplatten, um zu vermeiden, dass durch Fremde Ungenauigkeiten auftreten könnten. Alle diese Tätigkeiten hatte er ja in seiner Jugend gelernt.



Foto des Mondes

Schon um 1640 begann er seine Messungen für ein Fixsternverzeichnis, das aus 3000 Sternen bis hinab zu Sternen 7. Größe bestehen sollte. Für damalige Zeiten ein ungeheurer Plan! Nebenher beschäftigte er sich mit Beobachtungen von Sonne, Planeten und Kometen und gab eine gute Theorie der Mondbahn. In den folgenden Jahren beschaffte er sich bessere Messinstrumente - Diopter, Sextanten, Quadranten und Oktanten - und baute seine Sternwarte völlig um. Als sein Vater Abraham Hevelke im Jahre 1649 starb (übrigens stammten seine Mutter und seine Großmutter wohl aus der bekannten Familie Hecker, der die Firma "Danziger Lachs" mit dem noch heute bekannten „Danziger Goldwasser“ gehörte), erbte er das Haus Pfefferstadt 55. Auf seinen drei Häusern auf der Pfefferstadt Nr. 53, 54 und 55 – heute Korzenna - richtete er mit großem finanziellem Aufwand eine Plattform von etwa 140 qm Fläche ein, versah sie mit drei Drehpavillons für die größeren und kostbareren Instrumente und nannte sie Uranienburg, wieder nach dem Vorbild des dänischen Astronomen Tycho de Brahe. Dessen Sternwarten auf der Insel Hven (oder Ven) im Öresund waren aber seit 1597 bereits verfallen.



Mondphasen A: Sonne B: Erde

Ohne Übertreibung lässt sich feststellen: Hevelius besaß mit seiner zweiten Sternwarte Uranienburg ab 1650 in Danzig **die berühmteste und beste der Welt!** Er setzte seine Beobachtungen fort und veröffentlichte seine Ergebnisse in Form von Briefen an bekannte Persönlichkeiten. Da sein Ansehen wuchs, konnte es nicht ausbleiben, dass er eine Reihe von Ehrungen und Auszeichnungen erfuhr.



Sternwarte Uranienburg 1650

Seit 1641 war er Schöffe, von 1651 bis zu seinem Lebensende Ratsherr (Consul) der Altstadt. Zwar erhielt er dafür eine finanzielle Entschädigung, doch kostete ihn auch diese Tätigkeit Zeit und Kraft. Es mag zunächst verwundern, dass eine so herausragende Persönlichkeit wie Hevelius niemals Danziger Bürgermeister geworden ist. Der Grund lag in den damaligen strengen Gesetzen seiner Heimatstadt, die es nur den Ratsherren der Rechten Stadt erlaubten, dieses Amt zu bekleiden. Doch war Hevelius mehrere Jahre "Wortführender Herr" der Alten Stadt. In den Kellern des Altstädtischen Rathauses hat er praktischerweise sein Bier gelagert, die Schlüssel zu diesen Räumlichkeiten soll er nie aus der Hand gegeben haben. Als Ratsherr war er als erster der Familie Hevelke berechtigt, ein Wappen zu führen. Er wählte sich den Kranich, meist mit einem Stein in Schnabel und Klaue, um damit jene Zielstrebigkeit, Energie und schweigende Aufmerksamkeit zu symbolisieren, die ihn selbst noch in hohem Alter auszeichneten. Als ein weiteres Zeichen seines zunehmenden Ruhmes muss es angesehen werden, dass ihn neben mehreren Gelehrten aus verschiedenen Ländern, neben Diplomaten und Fürsten während der Verhandlungen zum Frieden von Oliva (einem Vorort von Danzig mit einem berühmten Kloster) zwischen Polen und Schweden am 29. 1. 1660 auch König Johann II. Casimir von Polen und seine Gemahlin



Wappen von Hevelius

Marie Ludovika von Gonzaga auf seiner Sternwarte besuchten. Bei dieser Gelegenheit schenkte Hevelius seinem königlichen Besucher eine Pendeluhr, die er als äußerst geschickter Mechaniker und Künstler selbst gefertigt hatte. Hevelius hatte Pendeluhren schon seit einigen Jahren benutzt und offenbar vor Huygens entdeckt. Da Huygens aber 1657 die bessere Theorie lieferte und der bedeutendere Wissenschaftler wurde, schrieb man diese Entdeckung allgemein ihm zu.

Eine gute Beobachtung eines Vorübergangs des Merkurs vor der Sonnenscheibe gelang ihm im Mai des Jahres 1660. Hevelius wusste nur, dass er zwischen dem 1. und 11. Mai erfolgen musste und wollte deshalb elf Tage durchgehend beobachten. Doch schon am Mittag des 3. Mai soll er gerufen haben: "Nun seh' ich ihn, nun seh' ich ihn!" Aus seinen sorgfältigen Zeichnungen konnte er den scheinbaren Durchmesser des Merkurs wesentlich genauer bestimmen als alle seine Vorgänger. Seine Beobachtungen und eine gute Theorie veröffentlichte er 1662 im 181 Seiten starken Werk „Mercurius in sole visus“, dem er auch 10 Kupferplatten beigab, als erstes Buch in seiner eigenen Buchdruckerei. Er beschrieb darin auch selten zu beobachtende Halo-Effekte, darunter das „Danziger Phänomen“ von 1661 mit neun Ringen und sechs Nebensonnen und widmete es seinem Freund Ismael Boulliau in Frankreich. Mit dieser Merkur-Veröffentlichung hatte Hevelius offenbar den Höhepunkt seines Ruhms als Wissen-



Tielblatt

"Mercurius in sole visus" 1662

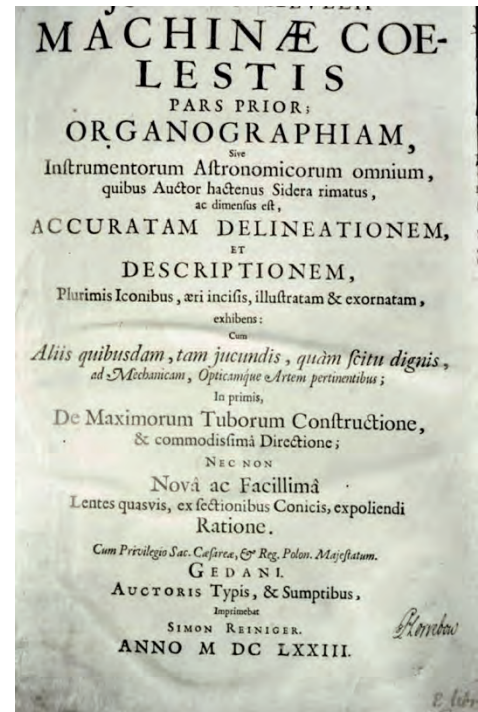
schaftler erreicht, er war der anerkannte Astronom seiner Zeit, eben der **Fürst der Astronomie**, wie ihn seine Zeitgenossen nannten. Am 30. März 1664 erfolgte die einstimmige Aufnahme in die Königliche Gesellschaft der Wissenschaften zu London, der Royal Society, der ab 1724 auch der in Danzig geborene Physiker D. G. Fahrenheit angehörte.

Arbeiten auf der Höhe des Ruhms

Im März 1662 starb seine 42jährige Frau nach 27 Jahren kinderloser Ehe. Sie war wohl stets etwas kränklich gewesen, hatte aber die Wirtschaft und zumindest einen Teil des Kaufmannsbetriebes selbständig geführt. Dazu gehörten außer dem Grundbesitz und zwei Brauereien auch eine Ziegelbrennerei, ein Holz- und ein Pferdehandel.

Der ungewöhnlich erfolgreiche Brauer und Kaufmann Hevelke finanzierte den überaus aufwendigen Forscher und Buchautor Hevelius. Neben seiner Buchdruckerei besaß er eine Glasschleiferei, zeitweilig mehrere Gehilfen (Zeichner, Kupferstecher, Buchdrucker, Wächter u.a.), sehr kostbare astronomische Instrumente und Bücher. Er sammelte literarische Kostbarkeiten, wie zum Beispiel die Handschriften des großen Naturforschers Johannes Kepler und den Commentariolus des Copernicus, die beide über ihn bis in unsere Tage erhalten geblieben sind.

Mit 52 Jahren heiratete er die begehrte und schöne 16jährige Kaufmannstochter Catharina Elisabeth Koopmann, die ein beträchtliches Vermögen und das Gut Bankau in die Ehe einbrachte. Sie wurde ihm mehr als eine treue und sehr geschickte Helferin bei seinen wissenschaftlichen Tätigkeiten, ebenso wie Gottfried Kirch (1639 – 1710), der spätere Direktor der Berliner Sternwarte, den er längere Zeit ausbildete. Das Hauptarbeitsgebiet dieser Jahre war die Beobachtung der Kometen. Seine Messwerte und Erkenntnisse gab er 1668 in der mit 913 Seiten und 38 Kupfertafeln ungeheuer umfangreichen Cometographia bekannt, die er König Ludwig XIV. zueignete. Sie enthält gute Messungen, aber eher nicht überzeugende Ideen über die Bahnen und die physikalische Beschaffenheit der Kometen, die er zunächst für Luftgebilde hielt. Das Werk erfuhr auch Kritik, seinetwegen geriet er in Streit mit französischen Astronomen, der seinem Ansehen schadete. Hevelius stellte sich nun die Aufgabe, das gesamte astronomische Wissen seiner Zeit zusammenfassend darzustellen, da er nicht ganz unberechtigt der Meinung war, dass nicht zuletzt durch seine Arbeit ein Höhepunkt der Astronomie erreicht worden war. Die Vorarbeiten nahmen Jahre in Anspruch und wurden so umfangreich, dass er weitere Helfer einstellen musste. Im Jahre 1673 veröffentlichte er den ersten Band



"Machina Coelestis" 1673

seiner *Machina Coelestis* auf 464 Seiten und 30 Kupfertafeln, wieder im Großformat wie alle seine Bücher, und widmete es ebenfalls Ludwig XIV. von Frankreich. Dieses Werk beschreibt in einer Vorrede seine eigene wissenschaftliche Ausbildung und im Hauptteil sehr genau die von ihm benutzten Messinstrumente, Hilfsmittel, Fernrohre und Uhren, alles für die Geschichte der Astronomie von größter Wichtigkeit. Bei den umfangreichen Beobachtungen hat seine zweite Frau ihm große Dienste erwiesen. Während ihrer Tätigkeit hat Hevelius sie in diesem Band zweimal abgebildet, wozu sein Biograph Westphal ironisch bemerkt: *"Wenn man hier die letztere Figur mit der ersteren vergleicht, so zeigt sich sehr deutlich, dass beide wohl nicht alle Nächte mit Sterngucken hinbrachten."* Und in der Tat war 1664 sein größter Wunsch, die Geburt eines Sohnes, in Erfüllung gegangen. Er taufte ihn Johannes Adeodatus, der von Gott Geschenke, doch wurde er ihm schon ein Jahr später wieder genommen. Drei in den Jahren 1666 bis 1672 geborene Töchter waren seine Erben. Es gibt also keine direkten Nachkommen des Hevelius mit seinem Namen.

Der zweite Band der *Machina Coelestis* erschien 1679. Auf über 1300 Seiten und 42 Kupfertafeln enthält er seine sämtlichen Ortsbestimmungen der Fixsterne, ein ausführliches Register und eine Zueignung an König Johann III. von Polen. Dieser hatte den berühmten Astronomen 1677 in Danzig besucht, um seine Sternwarte und die herrliche Aussicht von dort kennenzulernen. Ludwig XIV., Johann III. Sobieski und andere Fürsten setzten Hevelius ein Jahresgehalt aus, doch beklagte er sich darüber, dass die Zahlungen nicht regelmäßig erfolgten und angemahnt werden mussten, damit er sein aufwändiges Forscherleben fortführen konnte.

Eine eher pikante Geschichte spielte sich 1679 ab:

Vom 26. Mai bis zum 18. Juli besuchte ihn der junge und begabte englische Astronom Edmund Halley (1656 – 1742) im Auftrage der Royal Society. Deren bei Zeitgenossen als streitsüchtig bekannter Sekretär Robert Hooke (1635-1703) hatte Hevelius beschuldigt, seine Sternpositionen viel zu ungenau angegeben zu haben, da man mit Fernrohren schon 60mal genauer messen könne. Hevelius hatte sich zunächst damit verteidigt, dass er um Übersendung nur einer einzigen dieser Messungen bat. Hooke besaß natürlich keine solche Messung, und so hatte sich der Streit nur noch verschlimmert. Zur Schlichtung und zur Wahrheitsfindung wurde nun Halley (nach dem später der berühmte Komet benannt wurde) nach Danzig gesandt. Der alte, hochangesehene Astronom musste nur mit bloßem Auge einige Sternörter von Fixsternen ausmessen, und der junge Engländer kontrollierte sie mit dem Fernrohr. Der Vergleich fiel eindeutig zugunsten des Hevelius aus! Zudem erhielt er von Halley glänzendes Lob und neidlose Anerkennung.



Quadrant

Der Abstieg

Mit 68 Jahren hatte Hevelius alle Beobachtungen durchgeführt, die in damaliger Zeit möglich waren, doch dachte er nicht daran, sich jetzt zur Ruhe zu setzen. Mit dem ihm eigenen unerhörten Fleiß und Ehrgeiz wollte er nun alle seine Beobachtungen wiederholen und prüfen. Jedoch am 26. September 1679 fügte ihm eine Feuersbrunst, über deren Entstehen

zahlreiche Gerüchte im Umlauf waren, einen unermesslichen Schaden zu. Während er sich auf seinem Landgut vor dem Olivaer Tor aufhielt, brannten seine Häuser an der Straße Pfefferstadt fast vollständig nieder. Seine wertvollen Instrumente, seine kostbare Bibliothek, seine Buchdruckerei mit den noch nicht versandten Exemplaren aller seiner Schriften fielen den Flammen zum Opfer. Gerettet wurden die Handschriften Keplers und einige seiner eigenen, die Kupferplatten seiner bisherigen Werke und einige mindere Instrumente. Trotz dieses Millionenschadens, wenn man ihn in heutiger Währung abzuschätzen versucht, vollbrachte der fast 70-Jährige eine neue, unglaubliche Leistung. Unter Einsatz seines Vermögens und mit Hilfe seiner Frau baute er seine Sternwarte wieder auf und beobachtete schon 1682 den auch uns bekannten Halleyschen Kometen. Doch mit dem Brand war seine Schaffenskraft gebrochen. An neuen Veröffentlichungen hat er nur noch 1685 den „Annus climacterius“ herausgebracht, weitere hat er nicht mehr verwirklichen können, und wegen Altersschwäche konnte er die Kometen der Jahre 1684 und 1686 nicht mehr beobachten. Nach drei Monaten Krankenlager starb Hevelius, der fast alle seine Freunde überlebt hatte, an seinem 76. Geburtstag, am 28. Januar 1687.

Catharina Elisabeth Hevelke, geb. Koopmann

Seine Witwe überlebte ihn nur um sechs Jahre, gab aber noch drei seiner unvollendet gebliebenen Schriften, meist in einem Band zusammengebunden, als „Prodromus Astronomiae“ im Druck heraus. Auf Grund ihrer Kenntnisse gilt Catharina Elisabeth Hevelke oder Hevelius aus Danzig als die erste Astronomin der Geschichte!

Der bekannte französische Naturforscher D. F. J. Arago (1786-1853) schrieb in französischer Sprache:

„Ein wohlwollendes Andenken wird stets Madame Hevelius eingeräumt werden, der ersten mir bekannten Frau, die ohne Furcht der Ermüdung astronomischer Beobachtungen und Berechnungen trotzte.“ (Werke, 3. Band). Dieser Einschätzung des einstigen Direktors der Pariser Sternwarte kann man sich auch heute noch vorbehaltlos anschließen.

Catharina wurde am 17. 1. 1647 in Danzig als Tochter des begüterten Kaufmanns Nicolas Koopmann geboren und starb am 22.12.1693 ebenfalls in Danzig. Sie erhielt eine für damalige Verhältnisse recht gute private Ausbildung, vor allem offenbar in Fremdsprachen; aus späterer Zeit sind Briefe von ihr sogar in lateinischer Sprache erhalten. Anfang Februar 1663 heiratete die gerade erst 16jährige „vielbewunderte Schönheit“ in der Danziger St. Katharinenkirche den 36 Jahre älteren Ratsherrn, wohlhabenden Bierbrauer, Kaufmann und damals hochberühmten Astronomen Johannes Hevelius.

Eine romantische Familienlegende berichtet über das Zueinanderfinden des altersmäßig so unterschiedlichen Paares: Der angesehene Astronom habe einst

einer Nachbarstochter versprochen, ihr seine zahlreichen Beobachtungsinstrumente auf seiner weithin bekannten Sternwarte zu zeigen. Das Mädchen habe schließlich auf Einlösung dieses Versprechens gedrängt, sei von der Beobachtung des nächtlichen Himmels be-



*Hevelius und seine Frau Elisabeth
am großen Messing-Sextanten
Mach. Coel. Fig. M, S. 202*

geistert gewesen und habe darum gebeten, immer wieder kommen zu dürfen. Nach der Hochzeit übernahm die sehr junge Frau die Führung des recht umfangreichen Haushalts und weitgehend auch des Geschäfts. In den Jahren 1664 bis 1672 wurde sie Mutter von vier Kindern. Neben diesen vielfachen Anforderungen erhielt Elisabeth eine astronomische Ausbildung durch ihre Tätigkeit als Mitarbeiterin ihres Mannes, wahrscheinlich gleichzeitig mit Gottfried Kirch aus Guben (1639-1720), der als Student aus Jena bei Hevelius in Danzig hospitierte und arbeitete. Kirch erhielt im Jahre 1700 einen Ruf an die Berliner Akademie und hatte 1692 in zweiter Ehe Maria Margaretha Winkelmann (geboren 1670 bei Leipzig) geheiratet, die dann als zweite Frau in die Geschichte der Astronomie einging.

Elisabeth Hevelius hatte also keine akademische Ausbildung, doch gibt es auch später noch Vergleiche, wenn etwa Wilhelm von Humboldt 1810 den Autodidakten Friedrich Wilhelm Bessel als Professor und Direktor der Sternwarte nach Königsberg i. Pr. berief, der es hier zu höchstem Ansehen brachte. Die astronomischen Leistungen der Elisabeth Hevelius sind von denen ihres berühmten Mannes nur schwer zu trennen, eben weil er der längst anerkannte und erfahrene Wissenschaftler war, doch steht fest, dass er nach ihrer Ausbildung kaum mehr astronomische Gehilfen beschäftigte, weil seine Frau deren Position übernahm. In seinem 1673 in Danzig erschienenen Buch *Machina Coelestis* hat Hevelius seine Frau Elisabeth auf zwei Kupfertafeln abgebildet: einmal am großen Sextanten aus Messing (Fig. M, S. 202), und am großen Oktanten, ebenfalls aus Messing (Fig. O, S. 254). Im gleichen Werk beschreibt er seine Frau als geschickte Beobachterin und „zum Studium durch Neigung gut geeignet“. Sie habe alle Beobachtungen mit

ihm „sorgfältig ausgeführt“ und „die größten Schwierigkeiten, sooft sie sich nur leicht bemüht, zur vollsten Zufriedenheit besonders exakt, sogar nahezu eifriger als jeder der übrigen“ bewältigt und ihm Gehilfen ersetzt, „auch, weil sie immer da war“, denn die größeren Instrumente aus Metall mussten von zwei Personen bedient werden (S. 57 u. 223). Die Danziger Sternwarte des Hevelius war seit 1650 die Beste und Bekannteste Europas. Nach ihrer fast völligen Zerstörung 1679 durch den Brand war Elisabeth Hevelius wohl die treibende Kraft für den Wiederaufbau und die Fortsetzung der wissenschaftlichen Arbeiten, was auch an der Tatsache erkennbar ist, dass sie die ausgedehnte Korrespondenz mit Gelehrten und hochgestellten politischen Persönlichkeiten aus ganz Europa mehr und mehr übernahm; sie selbst hat Danzig möglicherweise nie verlassen.

Nach dem Tod ihres Mannes am 28. Januar 1687, der die Zerstörung eines großen Teils seines Lebenswerkes durch das Feuer wohl nie ganz verwunden hatte, gab sie aus dem Nachlass noch drei astronomische Werke heraus, oft unter dem gemeinsamen Titel

Prodromus Astronomiae cum Catalogo Fixarum, et Firmamentum Sobiescianum:

1. *Catalogus stellarum fixarum*. Danzig 1687/1690. Ein Fixsternkatalog über ca. 1550 Sterne, dessen Manuskript auf wunderbare Weise noch heute erhalten ist und über das als das millionste Buch der Brigham Young Universitätsbibliothek im US-Staat Utah eine eigene Veröffentlichung erschien.



*Hevelius und seine Frau Elisabeth
am Messing-Oktanten
Mach. Coel. Fig. O, S. 254*

2. *Firmamentum Sobiescianum, sive Uranographia*. Danzig 1690. Ein Sternatlas mit 56 großformatigen Kupferstichen in vorzüglicher Ausführung. Für dieses Werk verfasste Elisabeth Hevelius eine Widmung an den polnischen König Johann III.

3. *Prodromus Astronomiae*. Danzig 1690.

Elisabeth Hevelius überlebte ihren Mann nur um sechs Jahre; während dieser Zeit hielt sie die neue Sternwarte funktionsfähig und bewahrte das astronomische Erbe ihres Mannes. Sie starb am 22. 12. 1693 in Danzig. In der Familiengruft ihres Mannes in der Danziger St. Katharinenkirche wurde die selbstlose Frau und fleißige Astronomin beigesetzt. Ihre Bedeutung als Astronomin und die Anerkennung, die ihr zu Teil wurde, spiegelt sich auch in dem Vorhandensein einer Büste der Astronomin, wie Eugene Fairfield Mac Pike 1937 schreibt, die sich einst im Besitz der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig befunden haben soll.



Elisabeth Hevelius

Seine unmittelbaren Nachkommen dagegen wussten mit ihrem Erbe von einmaligem Wert nichts anzufangen. Durch Gleichgültigkeit und Verkauf wurden die kostbaren Bücher und Manuskripte, Instrumente, gesammelten Handschriften und teils seltenen astronomischen Werke über ganz Europa zerstreut, aus der Kupferplatte einer seiner Mondkarten wurde ein Tablett zum Teeservieren hergestellt. Einiges ist später wieder gesammelt worden.

Gedenken und Leistung

Obwohl Hevelius von der wissenschaftlichen Welt bald nur noch geringe Bedeutung zugemessen wurde, hat seine Vaterstadt ihm durch die Jahrhunderte ein ehrendes Andenken bewahrt. Der Ehemann seiner Urenkelin, Daniel Gottlieb Davison, stiftete 1780 das noch heute vorhandene Epitaph in der Katharinenkirche, in der Hevelius begraben wurde. Aus Anlass seines 100. Todestages 1787 wurden Aufsehen erregende Feierlichkeiten veranstaltet, für die ganze Straßen festlich erleuchtete Fenster zeigten. 1911, zur Wiederkehr seines 300. Geburtstages, stand Hevelius im Mittelpunkt einer Festsitzung, zu der die Naturforschende Gesellschaft in Danzig eingeladen hatte. Nachdrucke seiner Bücher, Medaillen, Briefmarken und Banknoten erinnern

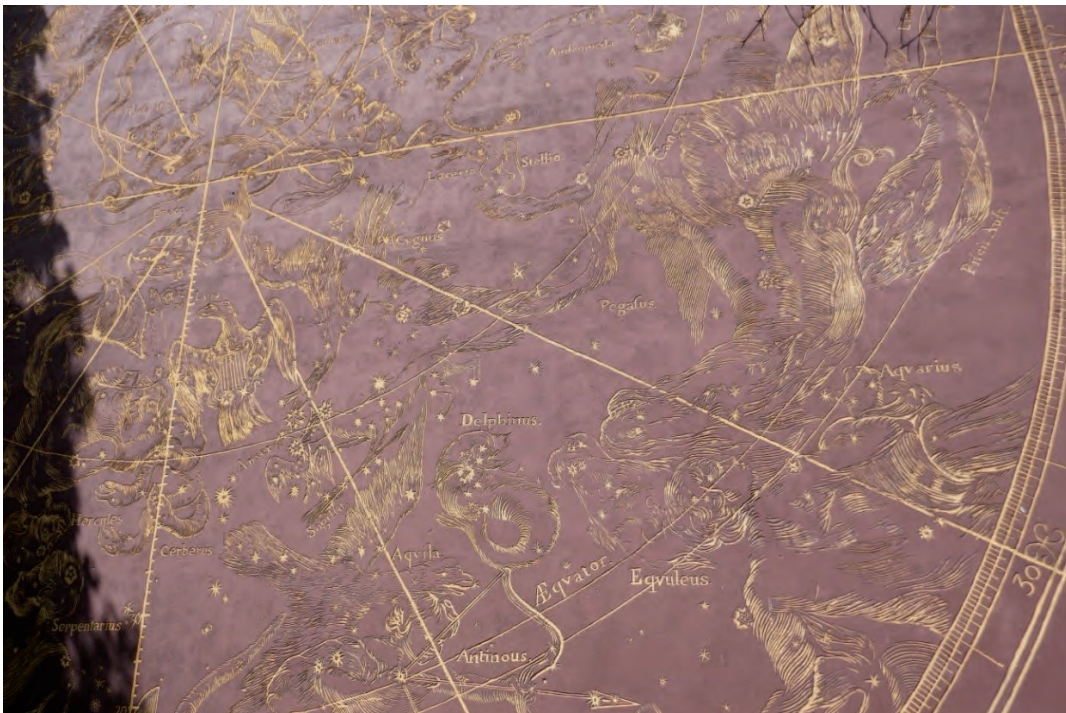


Hevelius – Epitaph von 1780 in der Katharinenkirche in der Altstadt von Danzig (Foto: W. Czieslik)

an ihn, im Danzig der Vorkriegszeit auch der Heveliusplatz oder die Heveliusapotheke, heute das Hotel „Hevelius“, eine Hochseefähre oder das Hevelius-Bier. Auch 1987 und später wurde in zahlreichen Veranstaltungen seiner gedacht, sowohl in der Bundesrepublik Deutschland als auch in Danzig, wo die Familiengruft in der Katharinenkirche geöffnet und konserviert wurde; Denkmäler und Erinnerungstafeln wurden installiert und eine Häuserwand gegenüber dem Altstädtischen Rathaus mit einer Abbildung aus seinem Himmelsatlas verziert. In Ausstellungen wurden seine Leistungen gewürdigt, eine davon wurde 2002 vom Verfasser mit dem Westpreußischen Landesmuseum in Münster gestaltet und befindet sich

noch heute in der St. Katharinenkirche. Einige der seinen drei Töchtern hinterlassenen Exemplare seiner Werke, deren Kupferstiche Hevelius mit eigener Hand koloriert hatte, sind erhalten geblieben - bibliophile Kostbarkeiten unserer Tage!

Hevelius gehört nicht zu den Großen der Astronomie wie Copernicus, Kepler oder Newton, doch in seinen erfolgreichsten drei Jahrzehnten genoss er die höchste Anerkennung seiner Zeit. Er war der eigentliche Begründer der Mondtopographie und schätzte oder berechnete die Höhe der Mondgebirge mit erstaunlicher Genauigkeit. Neben den schon genannten ausgezeichneten Leistungen erkannte er die Sterne alpha im Steinbock und 61 im Schwan um 1659 als Doppelsterne. Den damals einzig bekannten veränderlichen Stern Omikron Ceti (im Walfisch) hat er oft beobachtet und vermessen und gab ihm den Namen „Mira“ (der Wunderbare), der erhalten blieb und später auf eine ganze Klasse von Sternen übertragen wurde. Er war der Erfinder des Polemoskops oder "Wallguckers" (um 1637), mit dessen Hilfe man unter Anwendung der Spiegelungsgesetze "um die Ecke gucken konnte", dessen Anwendung er sich im Kriege vorstellte - ein Vorläufer des heutigen Periskops der Unterseeboote. Ebenso war er der Erfinder der Pendeluhr. Hevelius wollte die Höhen und Vertiefungen der Mondoberfläche nach Naturwissenschaftlern und Philosophen benennen, wie es heute üblich ist, doch scheute er den Groll der Übergangenen und wählte statt dessen Namen aus der Geographie, die von seinen Nachfolgern nicht anerkannt wurden, allein der Name "Meere", lateinisch „mare“, für die dunklen Flecken hat seine Gültigkeit behalten. Hevelius hat alle drei Mondlibrationen wiederholt beobachtet, erklärt und beschrieben; die beiden ersten wurden von Galilei, die dritte, die in der Länge, wurde von Hevelius selbst entdeckt. Deshalb ist auf seinen Mondkarten auch etwas mehr als die Hälfte der Mondoberfläche (des uns zugewandten Teils des Mondes) zu erkennen, die mit der Zeit sich ändernden Grenzen des Vollmondes sind aber gesondert eingezeichnet. Auch die Namen für zwölf von ihm benannte Sternbilder haben sich durchgesetzt, darunter das Einhorn, das Kamelopard und das Schild (scutum sobiescianum) als Dank für König Johann III. von Polen für seinen Einsatz im Namen der christlichen Völker beim Kampf gegen die Türken vor Wien.



Hauswand mit Himmelsatlas von Hevelius gegenüber dem Altstädter Rathaus (Foto: W. Czieslik)

Seine genauen Beschreibungen und Zeichnungen der Sonnenflecken besitzen noch heute ihre Bedeutung für die Erforschung des Zyklusverlaufs. Er hat sehr zahlreiche Messungen von fast 3000 Fixsternörter und Kometenpositionen mit erstaunlicher Genauigkeit durchgeführt, ebenso auch Helligkeitsschätzungen. In seiner sehr umfangreichen, mehrbändigen Briefsammlung, Briefe von ihm in deutscher und lateinischer Sprache und Briefe an ihn, fanden sich die Namen von Königen und Fürsten, hervorragenden Wissenschaftlern, Künstlern und hohen Verwaltungsbeamten - übrigens alphabetisch geordnet! Königin Christine von Schweden und der Große Kurfürst luden Hevelius ein, an ihren Höfen zu lehren und zu forschen, doch er blieb in Danzig. Er war ein herausragender Meister der Beobachtungskunst und des Instrumentenbaus, die von ihm benutzten Instrumente hat er mit großer Genauigkeit anschaulich beschrieben.

Hevelius ist in seinen astronomischen Qualitäten oft mit Tycho de Brahe verglichen worden, der später in Prag arbeitete und 1601 auch dort gestorben und in der Teynkirche begraben ist. Beide gehörten zu den besten beobachtenden Astronomen vor der Benutzung des Fernrohrs zu genauen Messungen. Hevelius kannte das 1608 von dem Holländer Lippershey in Middelburg entdeckte und von Kepler 1611 verbesserte Fernrohr gut, schiffte eigenhändig Linsen, baute, benutzte und verkaufte auch selber Fernrohre, darunter ein Riesenfernrohr mit einer Länge (Objektivbrennweite) von rund 50 Metern. Jedoch der Vorteil der großen Länge wurde durch die relativ schlechte Qualität der Linsen, die damals noch nicht bekannte optische Beugung und den Durchhang der schweren Holzrohre wieder aufgehoben. Darum machten spätere Astronomen wie Huygens, Cassini und Flamsteed schon bald mit kürzeren Fernrohren genauere Messungen. Hevelius hat für messende Beobachtungen Fernrohre auch kaum benutzt, da er mit Recht der Meinung war, selber mit bloßem Auge ebenso genaue Messungen durchführen zu können wie mit den damaligen Fernrohren. So wurde das Fernrohr sein Schicksal und der Grund dafür, dass seine im Grunde hervorragenden Leistungen alsbald von Jüngeren übertroffen wurden und an Bedeutung verloren. Das Schicksal des Wissenschaftlers Hevelius war damit entschieden. Es war nicht seine Schuld, dass es ihm bestimmt war, an einem Wendepunkt der astronomischen Beobachtungskunst zu wirken. Jedoch der Mensch Johannes Hevelke mit seiner Begeisterung für die Wissenschaft und seinem unglaublichen Einsatz in jeder Hinsicht für die Astronomie nötigt noch uns Heutige zu uneingeschränkter Bewunderung und Anerkennung. So haben auch die Menschen früherer Zeiten empfunden, denn eine alte Anekdote ist wohl später auf unseren Astronomen übertragen worden. Vor dem Kriege fand man sie in fast allen Danziger Schulbüchern:

Ein reicher Kaufmann in Danzig, Johannes Hevelke mit Namen, erhielt durch seine weitreichenden Geschäftsverbindungen in alle Welt einen bunten Papagei geschenkt. Es war ein gelehriges Tier, das bald auch einige Sätze sprechen konnte und stadtbekannt



*Vor den Toren von Danzig
Riesenfernrohr
mit einer Tubuslänge von 50 m*

wurde. Wenn zum Wochenende die Bediensteten des Kaufherrn ihren Lohn in Empfang nahmen, legten sie wohl beim Abschied die Hand grüßend an die Mütze und sprachen in breitem Danziger Platt: "Härr Hevelke, nu goane wi!" Diesen Satz konnte der Papagei alsbald deutlich und einer Menschenstimme täuschend ähnlich nachahmen. Bei vielen passenden und unpassenden Gelegenheiten wandte er ihn an - oft zu großer Freude der Zuhörenden. Viele Jahre ging es so, bis Herr Hevelke in hohem Alter aus dem Leben schied. Als sein Sarg im Beisein zahlreicher Trauergäste aus dem Hause getragen wurde, hörte man in der andächtigen Stille aus einer Ecke der reich geschmückten Diele des alten Patrizierhauses deutlich eine Stimme rufen: " Härr Hevelke, nu goane wi!" Doch schon kurze Zeit später erwischte die Katze den exotischen Vogel, denn in der allgemeinen Unruhe im Hause war aus Versehen die Türe seines Käfigs offen geblieben. Niemand konnte der Katze die eilige Flucht in den dunklen Keller verwehren. Nur eine gellende Stimme hörte man noch angsterfüllt schreien: "Härr Hevelke, nu goane wi!"

Mit großer Achtung vor dem Leben und dem Werk des Danziger Astronomen und mit herzlichem Dank an meine Leser sage nun auch ich: Härr Hevelke, nu goane wi!"

Werkverzeichnis

Alle Titel in lateinischer Sprache und im Folio-Format

Johannis Hevelii....

1. Selenographia sive descriptio lunae et macularum ejusdem, nec non motuum diversorum et omnium phasium lunae vicissitudinem etc., Gedani 1647. Zueignung an die Stadt Danzig. 563 Seiten Text und Register. Rund 130 Kupfertafeln, bis auf fünf alle vom Verfasser. Anhang: Sonnenflecken und Jupitertrabanten.
2. De Eclipsis Solis observata Gedani anno a nato Christo 1649. Epistola ad D. Laurentium Eichstadium. Als Brief an den Danziger Prof. L. Eichstädt gedruckt. Danzig 1650. Diese Beobachtung der Sonnenfinsternis vom 4. Nov. 1649 steht auch in Mach. Coel. II, pag. 18 ff.
3. Observatio Eclipsis Solis Gedani 8. April 1652. Epistola ad Petrum Gassendum et Ismaelum Bullialdum. Brief an die französischen Mathematiker Gassendi und Boulliaud. Danzig 1652. Die Beobachtungen stehen ebenfalls in Mach. Coel. II, pag. 19.
4. Epistola de Motu Lunae Libratorio Gedani 1654. Epistola ad J. B. Ricciolum. Verteidigungsbrief an Riccioli, SJ.
5. Epistola de utriusque Luminaris defectu. Gedani 1654. Epistola ad Petr. Nucarium. (Noyers, Sekretär am polnischen Hof.)
6. Dissertatio de nativa Saturni facie ejusque phasibus certa periodo redeuntibus, Gedani 1656. Saturn-Beobachtungen und Sonnenfinsternis vom 26.1.1656. Gaston de Bourbon, einem Onkel Ludwigs XIV. zugeeignet.
7. Mercurius in sole visus 1661, Maji 3 etc., Gedani 1662. 181 Textseiten und Register, 10 Kupfertafeln. Autoris typis et sumtibus, also erstes Werk aus eigener Druckerei. Zueignung an Ismael Bouillau(d). Venus in Sole visa Liverpooliae a Jerem. Horrock. (Venus Vorübergang am 24. 11. 1639 von Jeremias Horroxius in Liverpool, Erstveröffentlichung.) Historiola mirae Stellae in Collo ceti. (Beschreibung des veränderlichen Sterns Mira.) Von Nebensonnen und Halo-Effekten von 1660 und 1661. Danzig 1662.
8. Prodromus cometicus, s. historia cometarum ann. 1654, cum diss. de cometarum omnium motu, generatione variisque phaenomenis, Gedani 1665. Beschreibung des Kometen von 1664 und Abriss seiner Kometentheorie. 64 Seiten, 3 Kupfertafeln. Gewidmet dem Minister J. B. Colbert.

9. Descriptio Cometae, cum Mantissa Prodromi Cometicum, Gedani 1666
Verteidigung gegen Petit und Auzout. 188 Seiten, 4 Kupfertafeln. Gewidmet Kaiser Leopold I.
10. Cometographia, cometarum naturam et omnium a mundo condito historiam exhibens, Gedani 1668.
Beobachtungen und Theorie der Kometen und Aufzählung aller bekannt gewordenen Kometen seit Erschaffung der Welt. 913 Seiten, 38 Kupfertafeln. Gewidmet König Ludwig XIV, dem „Großen“.
11. Epistola de Cometa, anno 1672 Gedani observata. Danzig 1672.
Henr. Oldenburg zugeeignet. (Auch in Mach. Coel. II S. 597 behandelt.)
12. Machina coelestis pars prior; organographiam s. instrumentorum astronomicorum omnium, quibus auctor sidera hactenus rimatus et dimensus est, accurata delineatio et descriptio etc., Gedani 1673. Zueignung an Ludwig XIV.
Beschreibung der Ausbildung, der Instrumente und der Sternwarte des Verfassers. 464 Seiten, 1 Titelkupfer und 30 Kupfertafeln (von Stech gezeichnet und von Saal gestochen).
13. Epistola de Cometa Anno 1677, ad Amicum. Gedani 1677.
(Diesen Brief hat Lengnich nie gesehen, doch schreibt Seidemann, dass er in Paris, Breslau, Danzig, Dresden und Zittau vorhanden sei. Seltenstes Hevelius-Werk.)
14. Machina coelestis pars posterior, continet rerum uranicarum observationes etc., Gedani 1679. Zueignung an König Johann III. Sobieski.
Band II: 46 Seiten Vorrede, Widmungsgedichte, 840 Seiten Messungen und 42 Kupfertafeln vom Verfasser gestochen, Titelkupfer und Altersportrait.
Band III enthält 446 Seiten Text und Register,
Buch 3: 250 S. Messwerte in zeitlicher Anordnung, S. 1 bis 250,
Buch 4: 179 S. Messwerte nach Objekten geordnet, S. 251 bis 429, 3 S. Index nach Sternbildern zu Buch 4, 12 S. Index der Beobachtungen aus Band II und Band III, Werksverzeichnis: *Johannis Hevelii Opera*, Gedani edita.
15. Annus climacterius s. rerum uranicarum s. observationum annus quadragessimus nonus etc., Gedani 1685. Dem Danziger Rats Herrn und Freund Gabriel Krumhausen gewidmet. Letztes Werk von eigener Hand. Enthält Biographisches und die Beobachtungen Halleys in Danzig u. a. Mit guten Kupfertafeln vom Verfasser.

Die folgenden Titel gab seine Frau Catharina Elisabeth Hevelius posthum heraus; sie sind meist in einem Band zusammengebunden.

16. *Catalogus stellarum fixarum....*(Fixsternkatalog). Gedani 1687/1690.
Enthält Halleys *Catalogus stellarum australium ad annum 1700 completum reductus*. Das kostbare Manuskript dieses Hevelius-Werkes, das früher der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig gehörte, wurde um 1970 von der Brigham Young Universitätsbibliothek im US-Staat Utah gekauft und als millionster Band dieser Bibliothek in einer besonderen Veröffentlichung gewürdigt.
17. *Firmamentum sobiescianum, sive uranographia etc.*, Gedani 1690 (posthum). 56 S.
Aufzählung von 73 Sternbildern. Eingeführt wird das *Scutum Sobiescianum* als Dank an König Johann III. Sobieski für seinen Kampf im Namen der Christenheit gegen die Türken vor Wien. Die Kupfertafeln sind von Stech gezeichnet und von De la Heye gestochen. Zueignung an Johann III von Elisabeth Hevelius. Polnischer Nachdruck, Wroclaw 1987

18. Prodomus astronomiae s. novae tabulae solares, una cum catalogo fixarum, Gedani 1690 (posthum). Oft auch als Gesamttitel der letzten drei Schriften.
Gewidmet dem König Johann III. Sobieski. Mit Portrait aus M.C. Teil II und Joh. Ern. Schmiedens Cenotaphium.

Einzelne Beobachtungen ab 1682 in: Acta Eruditorum auf das Jahr 1682, Leipzig. S. 292/388.
Außerdem in den Philosophical Transactions, London.

Literatur-Auswahl

Begleitbuch zur Hevelius Ausstellung in der St. Katharinenkirche in Danzig, hrsg. vom Westpreußischen Landesmuseum in Münster-Wolbeck. Münster 2002.

Blech, Ephraim Philipp: Rede bey der Gedächtnisfeyer HEVELII den 28. Januar 1787. Danzig gedruckt bey Joh. Eman. F. Müller.

Brandstätter, Dr. Franz August. Johannes Hevelius, der berühmte Danziger Astronom. Sein Leben und seine Bedeutsamkeit, Anhang: Auszug aus Olhoffs Briefsammlung des Hevelius von 1683, Edwig Groening, Danzig 1861.

Brunn, A. von: Johann Hevelius wissenschaftliche Tätigkeit, in: Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, Neue Folg, 13. Band, 1. Heft, Danzig 1911.

Brüche, Ernst: Aus der Jugend des Fernrohrs, in: Physikalische Blätter (1961), Mosbach 1961, S. 28/29.

Grell, Chantal (Hg.): Correspondance de Johannes Hevelius. 2 Bände. Brepols Publishers n.v.: Turnhout/Belgium, 2014 bzw. 2017.

Hevelke, Johannes: Gert Havelke und seine Nachfahren. Geschichte der Familie Hevelke – Havelke und des Astronomen Johannes Hevelius 1434-1927, Danziger Verlagsgesellschaft, Danzig 1927.

Kämpfert, Hans-Jürgen: Johannes Hevelius – Ein Astronom aus Danzig, in: Westpreußen-Jahrbuch Band 20, Münster 1970.

Kämpfert, Hans-Jürgen: Danziger Naturwissenschaftler, in: Danzig in acht Jahrhunderten, hrsg. v.: Bernhart Jähmig u. Peter Letkemann, Münster 1985.

Kämpfert, Hans-Jürgen: Johann Hevelius – Astronom zu Danzig . Kulturwerk Danzig, Rembrandtstraße 20, Düsseldorf 1986. (Mit vollständigem Werksverzeichnis des Hevelius und ausführlicherem Literaturverzeichnis.)

Kämpfert, Hans-Jürgen: Johannes Hevelius. Arbeitshilfe Nr. 49/1987 des Bundes der Vertriebenen. Bonn 1987.

Lambrecht, H.: Vorwort in einem Faksimiledruck der Erstaussgabe eines Exemplars der Selenographia aus Polnitz, Leipzig 1967.

Lengnich, Carl Benjamin: Hevelius, oder Anekdoten und Nachrichten zur Geschichte dieses großen Mannes. In Briefen, mit erläuternden Zusätzen und Beylagen. Danzig, Flörke 1780.

Lingenberg, Heinz: Oliva – 800 Jahre, Unser Danzig, Lübeck 1986.

MacPike, Eugene Fairfield, Hevelius, Flamsteed and Halley.
London, Taylor and Francis, Ltd., 1937.

Rossmann, Fritz: Nikolaus Kopernikus – Erster Entwurf seines Weltsystems, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1966.

Schmeidler, Felix: Vorwort in einem Nachdruck der Machina Coelestis, beide Teile in drei Bänden, Otto Zeller, Osnabrück 1969. – Wissenschaftliche Schriftenreihe der Ost- und Westpreu-ßenstiftung in Bayern Nr. 1.

Seidemann, Gustav Adolph: Johannes Hevelius. Ein Beitrag zur Geschichte der Astronomie des 17. Jahrhunderts, in: Programm des Gymnasiums und der Realschule in Zittau. Zittau 1864, S. 3 – 40.

Turek, Marian (Hrsg.): Johannes Hevelius and his Gdansk. Gdanskie Towarzystwo Naukowe. Gdansk 2013

Volkoff, Ivan / Franzgrote, Ernst / Larsen, A. Dean: Johannes Hevelius and his catalog of stars, Utah (USA) 1971.

Westphal, Johann Heinrich: Studien und Schriften des Astronomen Johann Hevelius, Universitätsbuchhandlung, Königsberg 1820

Wolf, Rudolf: Geschichte der Astronomie. München 1877

Wünsch, Johannes: Die Auswertung der Sonnen- und Mondbeobachtungen des Danziger Astronomen Johannes Hevelius, München 1987.

Schriftliche Fassung des Vortrags, von Hans-Jürgen Kämpfert anlässlich der Jahreshauptversammlung des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Lübeck am 9. März 2020.



Foto: Hans-Jürgen Kämpfert

Hans-Jürgen Kämpfert wurde am 14. August 1935 in Danzig-Langfuhr geboren. Er besuchte das Carl-Hunnius-Gymnasiums in Wyk / Föhr und das Katharineum in Lübeck und studierte ab 1956 Mathematik, Physik, Philosophie und Pädagogik an der Universität Hamburg. Anschließend arbeitete er als Lehrer am Carl-Jacob-Burckhardt-Gymnasium, als Studienleiter am Institut für Praxis und Theorie der Schule (1975 bis 1982) und war von 1987 – 1998 Leiter der Oberschule zum Dom in Lübeck.

Veröffentlichungen und Vorträge über ostdeutsche Naturforscher, Schriftsteller und Institutionen. Mitarbeit im Bildungspolitischen Ausschuss des schleswig-holsteinischen Philologenverbandes und als Vorsitzender im Stiftungsrat der Stiftung Nordostdeutsches Kulturwerk.

Buchhinweis: Naturwissenschaft am Unterlauf der Weichsel

Hans-Jürgen Kämpfert, Naturwissenschaft am Unterlauf der Weichsel, Nicolaus-Copernicus-Verlag, Münster/Westfalen 2020, 396 Seiten

Hans-Jürgen Kämpfert, langjähriges Mitglied des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Lübeck, befasst sich in diesem Buch ausführlich mit der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Danzig sowie Wissenschaftlern und Forschern, die entweder in Danzig oder Westpreußen geboren wurden oder längere Zeit in Danzig gearbeitet haben. Zu den bekanntesten Persönlichkeiten, deren Kurzbiographien hier zu finden sind, gehören sicherlich Nicolaus Copernicus, Johannes Hevelius, Daniel Gabriel Fahrenheit, Emil von Behring, Walter Nernst und Wernher von Braun.

Dieses Buch ist eine wertvolle Informationsquelle über einen wichtigen Teil der Wissenschaftsgeschichte in Europa.



Das Eis wird dünn

Die planetare Lage und Folgerungen daraus für Jede und Jeden

Carsten Niemitz

Der Gang über dünnes Eis ist eine gute Metapher für einen ökologischen Kippmechanismus. Schmilzt es, weil das Wasser darunter über null Grad warm ist, so wird es allmählich dünner, wobei der auf dem Eis gehende Mensch keine Anzeichen für den Prozess erhält. Wenn es bricht, kann der Mensch den Sturz ins Wasser nicht mehr verhindern. Um beim Bild zu bleiben, schmilzt in diesen Jahren die ökologische Tragkraft der Erde rapide, weil die Menschheit die Kapazitäten der Erde in einem Maße übernutzt, dass wir eigentlich aktuell rund 1,6 bis 1,7 Erden für den Erhalt dieser Tragfähigkeit benötigen würden. Gleichzeitig beobachten wir, dass die politischen Instanzen auf der ganzen Welt viel zu wenig in die Wege leiten, um den Schwund in entscheidendem Maße zu verlangsamen oder aufzuhalten. Auch die überwiegende Mehrzahl der einzelnen Menschen auf der Welt verhält sich so, dass die ökologische Tragkraft weiter abnimmt. Vieles können sie nicht verhindern, aber auch das, was sie tun *könnten*, unterbleibt viel zu oft. Auch jene gebildeten Menschen, die so gut Bescheid wissen, dass sie zielführende Forderungen an die Politik formulieren können, tragen freiwillig meist selbst zu wenig oder fast nichts dazu bei, was die Lage verbessern könnte. Wenn sie es täten, wäre nicht nur der Tragfähigkeit, also der Zukunftsfähigkeit der Umwelt geholfen, sondern ihr millionenfaches Verhalten würde auch den Druck auf die Politik enorm erhöhen. Zunächst müssen wir unsere Situation auf der Welt einer Analyse unterziehen, wobei wir einzelne Themenfelder exemplarisch beleuchten werden. Manchmal wird die Kürze der Behandlung zu Recht nur als ein Schlaglicht auf das jeweilige Thema aufzufassen sein, vielleicht auch weil wichtige Teilaspekte in anderen Kapiteln mit behandelt werden. Aber so werden wir feststellen, dass viele Dinge, die im wissenschaftlichen und öffentlichen Diskurs isoliert behandelt werden, vielfältig miteinander verknüpft sind.

Verfügbares Land und Flächenbedarf

Legt man die ‚bewohnbare‘ Fläche der Erde zugrunde, also die Landfläche unter Abzug von Sand- und Eiswüsten etc., so verteilen sich rund 7,8 Milliarden Menschen auf etwas weniger als 120 Millionen km². Damit hätte jeder Mensch etwa 1,6 Hektar Platz. Im Schnitt beträgt die Bevölkerungsdichte der Welt rund 65 Menschen pro km². Das sollte doch reichen, müsste man meinen, insbesondere wenn man sich Landschaftsbilder von Schottland geistig aufruft. Aber die meisten Schotten leben eben, wie vielerorts auf der Welt, in den wenigen Städten, Edinburgh, Glasgow, Dundee... Im Stadtstaat Singapur leben fast 8000 Menschen auf einem Quadratkilometer, im Fürstentum Monaco sind es 20 000. Auf der Welt nimmt die Urbanisierung dermaßen zu, dass man in Städten wie Delhi auch bei meist wolkenlosem Wetter kaum wahrnimmt, dass die Sonne eigentlich (!) scheint. Andererseits hält der Drang in die Städte jetzt schon die gesamte Menschheit am Leben. Derzeit leben nämlich 5,6 Milliarden Menschen, gut drei Viertel der Weltbevölkerung, in urbanen Gebieten [1], und wenn der in den letzten Jahrzehnten dorthin zugewanderte Teil weiterhin das weite Land bevölkern würde, wäre die Welt schon in höchst bedrohlichem Maße zersiedelt.

Folgendes Beispiel führt das Ausmaß der Flächenverknappung deutlich vor Augen. Die gesamte Agrarfläche für alle Nutzpflanzen beansprucht laut Angaben der FAO (Food and Agricultural Organization der UN) etwa 18 Millionen km², was der Fläche Südamerikas gleichkommt. Der heutige Flächenbedarf allein für die Viehzucht beträgt einschließlich der Weiden und vor allem der Anbauflächen von Mais und Soja für die Massentierhaltung aber viel mehr, nämlich rund

30 Millionen km², was der Fläche Afrikas entspricht. Bei gleich bleibender Produktivität, so die FAO, müssten bis 2050 rund 10 Millionen km² Land, so groß wie die USA, neu kultiviert werden. Allen – und so auch der UN-Organisation – ist natürlich klar, dass es diese enorme zusätzliche Agrarfläche einfach nicht geben kann [2].

Mit knapper werdenden Flächen steigen weltweit deren Preise. In Deutschland haben sie für Bauland und Pachten für die Landwirtschaft 2020 – dem globalen Trend folgend – den Rekord vom Vorjahr wieder übertroffen. Die jährlichen (!) Preissteigerungen liegen in Deutschland bei über 7 %, in vielen Ländern aber viel höher, in Ungarn bei 27 und in Rumänien bei über 35 % [3]. Da wundert sich niemand über Machenschaften größter Ausmaße. So kaufen Großkonzerne und Regierungen riesige Ländereien in armen Ländern auf und/oder sichern sich die exklusiven Nutzungsrechte. In vielen Fällen führt dies zur Verarmung und/oder Vertreibung der ansässigen Bevölkerung [4], Menschenrechtsverletzungen bis hin zu Morden werden immer wieder berichtet. Die drei größten Nationen auf diesem Feld sind Großbritannien, gefolgt von China und, etwa gleichauf, den USA mit jeweils rund 40.000 km². Israel hat seine Landfläche von 22.000 km² durch das so genannte Landgrabbing etwa verdoppelt (Deutschland liegt bei ca. 10.000 km²). So wurden zwischen 2000 und 2020 fast 400.000 km² in armen Ländern der eigenen Nutzung entzogen. Der ehemalige UN-Generalsekretär Kofi Anan hat dies als eine Form des Neokolonialismus bezeichnet. Annähernd die Hälfte dieser Flächen wird aber nicht zur Erzeugung von Lebensmitteln oder zur Bekämpfung von Hunger verwandt, sondern zu einem wesentlichen Anteil für den Anbau von Futtermitteln (Soja, Weizen, Mais usw. zu Verwendung in der Massentierhaltung für die Erzeugung von Fleisch.) Auf fast genau 20 % der Fläche, entsprechend 80.000 km² [5] werden Pflanzen für die Produktion von Pkw-Kraftstoffen angebaut. Unsere Regierung verschönt das, indem sie damit versetztes Benzin als „Bio“-Kraftstoff bezeichnet. Wichtig ist hierbei, dass die Welternte an Getreide sich von 1960 bis heute etwas mehr als verdreifacht hat, so dass sich die Pro-Kopf-Produktion trotz der starken Bevölkerungszunahme eigentlich um mehr als 50 % verbesserte. Leider geht aber ein erheblicher Anteil der globalen Produktion in die Massentierhaltung, was folgende Zahlen exemplarisch verdeutlichen. Im Jahr 2018/19 haben allein die USA 315.000 t Getreide verbraucht, wovon aber fast exakt nur ein Zehntel (31.700 t) in den Konsum gingen [6]. Wenn man die Kurven der globalen Weizenproduktion betrachtet, erkennt man, dass ihr Anstieg sich etwa seit 1985/90 allmählich abzufachen beginnt. Angesichts der völlig ausgereizten, aggressiven Anbau- und Düngemethoden können die Ertragszahlen pro Fläche nicht ewig weiter steigen und werden in Bälde stagnieren. Hinzu kommt, die nach allen Prognosen weiterhin stark steigende Bevölkerungszahl. Das kann nicht beruhigend sein.

Wasser

Was die Produktion von Getreide und anderen Agrarerzeugnissen betrifft, wird es auch aus einem anderen Grunde immer schwieriger, die aktuellen Ertragszahlen wenigstens stabil zu halten. Einer der Gründe hierfür ist die so genannte Degradation (Verarmung) und Desertifikation (Wüstenbildung) vor allem in landwirtschaftlich genutzten Gebieten. Neben dem zunehmenden Klimawandel gehören Überweidung und Abholzung zu den Hauptursachen. Alle drei Faktoren haben entscheidenden Einfluss auf den Wasserhaushalt von Luft und Böden in betroffenen Ländern.

Schon vor über 15 Jahren lautete eine Schätzung: „Vom Prozess der Desertifikation sind etwa 46 % der Fläche Afrikas betroffen“; in dem Bereich von fast 3 Millionen km² mit dem höchsten Risiko leben schätzungsweise 22 Millionen Menschen [7]. Auch prognostizierte der Autor damals Millionen von Umweltflüchtlingen aufgrund der allgemeinen Verschlechterung aller Lebensumstände. Im Hinblick auf eine längere Perspektive für die ganze Welt sagte der UN-Generalsekretär Anan: „With an estimated 135 million people at risk of being driven from their

lands because of continuing desertification, the world must focus more on reversing this trend" [8].

Der Wasserverbrauch der Weltbevölkerung ist von 1900 bis zum Jahr 2000 um etwas mehr als das Vierfache gestiegen, wobei sich aber der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch trotz einer radikal veränderten Umwelt und völlig veränderten Bedingungen in sehr geringem Maße verändert hat [9]. Dies schließt wegen des teilweise luxuriösen Wasserverbrauchs in reichen Staaten zwingend ein, dass einem erheblichen Teil der armen Weltbevölkerung weniger Wasser individuell zur Verfügung steht als vor gut hundert Jahren.

Die Durchschnittswerte des Wasserverbrauchs in den einzelnen Ländern sind irreführend, weil für die Herstellung sehr vieler Produkte insbesondere in den Herkunftsländern viel oder sehr viel Wasser verbraucht wird. Wenn man das Beispiel der Baumwolle aufgreift, kaufen wir mit einem T-Shirt ein trockenes, schönes Produkt aus Naturfasern. Das Wasser jener Pflanzen, die sehr stark bewässert werden müssen, schlägt aber nicht bei uns zu Buche, sondern verknappt die verfügbare Wassermenge im Herkunftsland. Damit entlastet der Import eines T-Shirts unseren eigenen Wasserverbrauch. Dieses ‚Produktions-Wasser‘ wird als ‚virtuell‘ bezeichnet, weil es im Produkt ‚drin steckt‘, ohne greifbar da zu sein. Äußerst wasserintensiv ist die Produktion von Rindfleisch mit über 15.000 Liter/kg Fleisch, während eine Baumwoll-Jeans mit 6.000 bis 11.000 Liter/Stück angegeben wird (Bio-Produkte haben einen viel geringeren Anteil an virtuellem Wasser. Das ist Teil der Zertifizierung). Allein mit dem Verbrauch von Flächen und von Wasser erkennt man, dass der Fleischverzehr kaum etwas mit Fragen um die Gesundheit vegetarischen Lebensstils zu tun hat: Es handelt sich hier um eines der größten globalen Umweltprobleme überhaupt.

Mit dem Import eines Kleinwagens können 30.000 Liter virtuelles Wasser anfallen, bei einer großen Luxus-Elektrolimousine kann durchaus über eine halbe Million Liter zusammenkommen [10]. Mit einer ganzen Produktpalette (Rindfleisch, Reis, Kaffee, Kakao, Baumwolle etc.) tragen wir nicht unmaßgeblich zur Wasserknappheit in vielen der Herkunftsländer bei. Hier können wir durch Auswahl bestimmter Produkte, beispielsweise weniger Fleisch (vor allem weniger Importfleisch) viel erreichen, ferner durch Vermeidung exotischer Ware (z.B. von Heidelbeeren in 150g Plastikschachteln aus Chile, wie ich sie neulich bei Netto sah), längere Nutzungsdauer, Kauf von Bio-zertifizierter Ware u.a. [11].

Längst wird die Wasserknappheit auch strategisch genutzt. Als Beispiel mag der Syrienkrieg dienen. Als 2018 der so genannte Islamische Staat aus Syrien zurückgedrängt wurde, sprengten dessen zurückweichende Truppen in der subtropisch trockenen Region jeden der Wassertürme und setzten Wassermangel gegen die nachfolgenden Truppen und die Bevölkerung als Waffe ein. Viele Menschen verhungerten und verdursteten, besonders Kinder [12]. In Syrien dienen fast 90 % des Wasserverbrauchs der Landwirtschaft, hiervon wiederum über 90 % für Weiden, Weizen und Baumwolle. Nur die restlichen 10 % versorgen den gesamten öffentlichen und privaten Sektor [13]. Zusammenfassend kann man den abschließenden Satz einer Expertenkommission der UNO zitieren, die sich auf viele methodisch völlig unterschiedliche, im Resultat aber übereinstimmende Befunde beruft: „Wir nähern uns rapide der planetaren Grenze... des Verbrauchs von Süßwasser, und zwar ungeachtet, welche der vorliegenden Schätzungen man betrachtet“ [9].

Nahrung

Die Bedeutung der Fleischproduktion wurde schon behandelt. Aber wenn man die Weltgetreideproduktion anschaut, unser ‚täglich Brot‘, so stellen wir fest, dass nur knapp die Hälfte des Weltertrags für die Herstellung von Lebensmitteln verwandt wird. Über ein Drittel, also 800 Millionen Tonnen – als Zahl 800.000.000 t – werden als Futtermittel für die Tierzucht verbraucht. Als wäre dies nicht skandalös genug, wird ein recht großer Anteil der übrigen knapp

20% zur Erzeugung von Treibstoff, verwendet und zur Energieerzeugung in Bio-Gasanlagen ‚verstromt‘ [14]. Dies ist umso ärgerlicher, als es immer noch etwa 820 Millionen hungernde Menschen auf der Welt gibt und die Zahl der Betroffenen nach Jahren erfolgreicher Hungerbekämpfung seit fünf Jahren wieder leicht ansteigt [15].

Aber nicht nur in Deutschland ist Schwund im Produktionsprozess, bei der Verarbeitung, im Vertrieb und Verschwendung durch Endverbraucher ein Problem. Ein zu hoher Prozentsatz der verzehrbaren Lebensmittel kommt gar nicht auf den Tisch. Für den größten Anteil des Schwundes sind die Endverbraucher verantwortlich. Bei Getreide, also vor allem bei Brot und Brötchen, vergeuden wir ein glattes Viertel der Ernte durch schlechte Einkaufsplanung und Lagerung und einfach dadurch, dass vieles nicht aufgegessen und weggeworfen wird. Dies ist auch eine ethische und eine Erziehungsaufgabe im Hinblick auf das Naturgut und die Leistung des Bauern und des Bäckers. Bei Kartoffeln landet gar nur etwa ein Drittel der Erzeugung auf dem Teller, am meisten verschwindet beim Bauern selbst, aber nur etwas weniger bei der Verarbeitung und im Haushalt [16].

Energie

Essenzielle Notlagen ganzer Gesellschaften können durch verbesserte Nutzung von Energie gelindert werden. Drei Faktoren jedoch treiben die Entwicklung der Menge globaler Primärenergie in den letzten zwei Jahrhunderten mit logischer Konsequenz voran: das wachsende technische Vermögen, die zeitparallele Bevölkerungsentwicklung und der im Weltdurchschnitt steigende Pro-Kopf-Konsum. Letzteren finden wir völlig normal und bezeichnen ihn auch so, nämlich als ‚Lebens-Standard‘.

Während sich die Weltbevölkerung vom 1973 bis 2018 verdoppelte, hat die globale Erzeugung von Primärenergie mit dem Faktor 2,3 noch stärker zugenommen [17]. Der Anteil fossiler Energieträger hat sich zwar prozentual in diesem Zeitraum etwas verringert, beträgt aber immer noch je nach Quelle und Berechnungsmodus 81 bis 85 % [Abb. 1]. In absoluten Zahlen entspricht dies ebenfalls mehr als einer Verdopplung. Der sehr langsame Kohleausstieg wird durch den schon lange Zeit kontinuierlichen Einstieg in das ebenfalls fossile Erdgas nicht nur prozentual mehr als kompensiert. Erdgas emittiert bei der Verbrennung zwar nur gut die Hälfte an CO₂, doch stieg die absolute Menge der CO₂-Emission auf das 1,7-fache, weil im vergangenen Jahr weit mehr als dreimal soviel Erdgas eingesetzt wurde als 1973. Hinzu kommt, dass ein großer Teil des Erdgases inzwischen durch das höchst unsaubere Fracking gewonnen wird.

Da 1973 das Zeitalter der Kernenergie erst begann, stieg der Anteil nuklearer Energie in der globalen Versorgung von 0,9 auf heute 4,9 % und, absolut gesehen, auf fast die 13-fache Energieleistung von damals. Auch erlebt die Nutzung von Kernkraft eine leichte, still verlaufende Renaissance und nimmt in den letzten sieben Jahren an der weltweiten Steigerung der Energieproduktion etwa proportional teil. „China forciert alle Sektoren der Energiegewinnung von der Kohleverstromung bis zur Windkraft und eben auch mittels neuer Kernkraftwerke, bei denen keine Brennstäbe mehr zum Einsatz kommen sondern Hochtemperatur Kugelhaufenreaktoren“ [11]. Die hierzu nötige Technik wurde vor über dreißig Jahren in Deutschland entwickelt und auch im AKW Hamm eingesetzt, hatte sich aber damals aus verschiedenen Gründen nicht bewährt [18]. Die erneuerbaren Energiesparten, Geothermie, Solar- und Windenergie, Gezeiten- und Wellenkraftwerke machen *zusammen* nur 2,0 % der weltweit erzeugten Energie aus [18], während die fossilen Energieträger, wie oben bereits angeführt, immer noch mehr als vierzigmal so viel zur Versorgung der Erdbevölkerung beitragen. Das ist keine sehr ermutigende Relation.

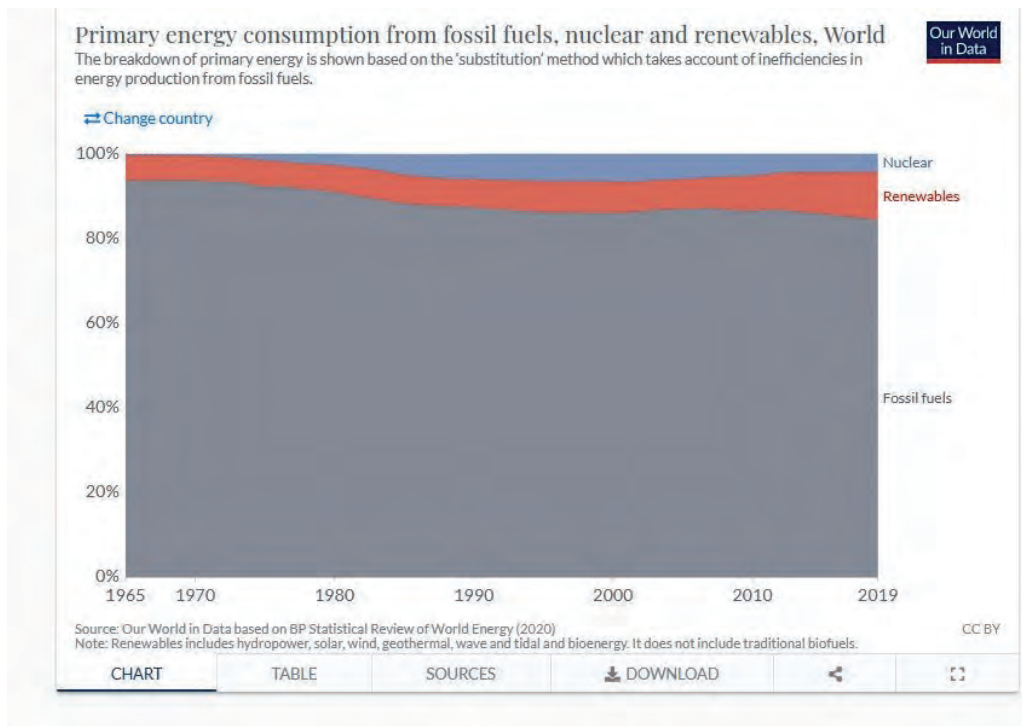


Abb. 1: Nach dem BP Statistical Review of World Energy 2020 tragen die Kernkraft und alle erneuerbaren Energien zusammen (Biogas, Solar- und Windenergie, Gezeiten- und Wasserkraftwerke sowie die Nutzung von Geothermie) gut 15 Prozent der Weltenergieproduktion bei. Die Zunahme der erneuerbaren Energien ist dabei viel langsamer als die Zunahme der Treibhausgase in der Atmosphäre [aus 19].

Atmosphäre

Am verlässlichsten misst man den Gehalt der Atmosphäre an Treibhausgasen fernab jeder Industrie und in recht großer Höhe über dem Meeresspiegel. Der Mauna Loa auf Hawaii ist hierfür hervorragend geeignet, denn die Entfernung des über 4000 m hohen Berges von San Francisco entspricht etwa jener von Frankfurt nach Assuan. Seit Ende der 1950iger Jahre werden dort Messungen der atmosphärischen Luft durchgeführt. Mit einer Ausnahme steigen die Konzentrationen aller wesentlichen Treibhausgase in der ganzen Zeitspanne stark an. Hierzu zählen das Kohlenstoffdioxid CO_2 [Abb. 2], das Methan CH_4 und die nitrosen Gase (z.B. das vor allem aus Gülle stammende Lachgas N_2O). Die Ausnahme bezieht sich auf die in Kühlschränken verwandten FCKWs (Fluorchlorkohlenwasserstoffe), die 1987 verboten wurden, deren Konzentration aber nach einem weiteren kurzen Anstieg nur sehr langsam abnimmt. Ungefähr im Jahr 2075, also etwa 90 Jahre nach dem Verbot, werden sie den Wert erreichen, der 1977 – also 10 Jahre vor dem Verbot – gemessen wurde [21]. Die Konzentration des CO_2 , das nach atmosphärischem Wasserdampf wichtigste Treibhausgas, nimmt seit Beginn der Messungen in einer über die Jahrzehnte immer steiler werdenden Kurve zu. Die angeblichen und die wirklichen Bemühungen um eine Verlangsamung oder einen eigentlich *unbedingt nötigen Stopp* dieser Entwicklung haben in 41 Jahren - seit der ersten Weltklimakonferenz 1979 in Genf – nichts, aber rein gar nichts bewirkt. Man müsste ja eine Kurve erzielen, die nicht nur langsamer steigt oder waagrecht stagniert. Sie müsste wieder weit absinken, denn die jetzige Konzentration bewirkt ja eine weitere Aufheizung.

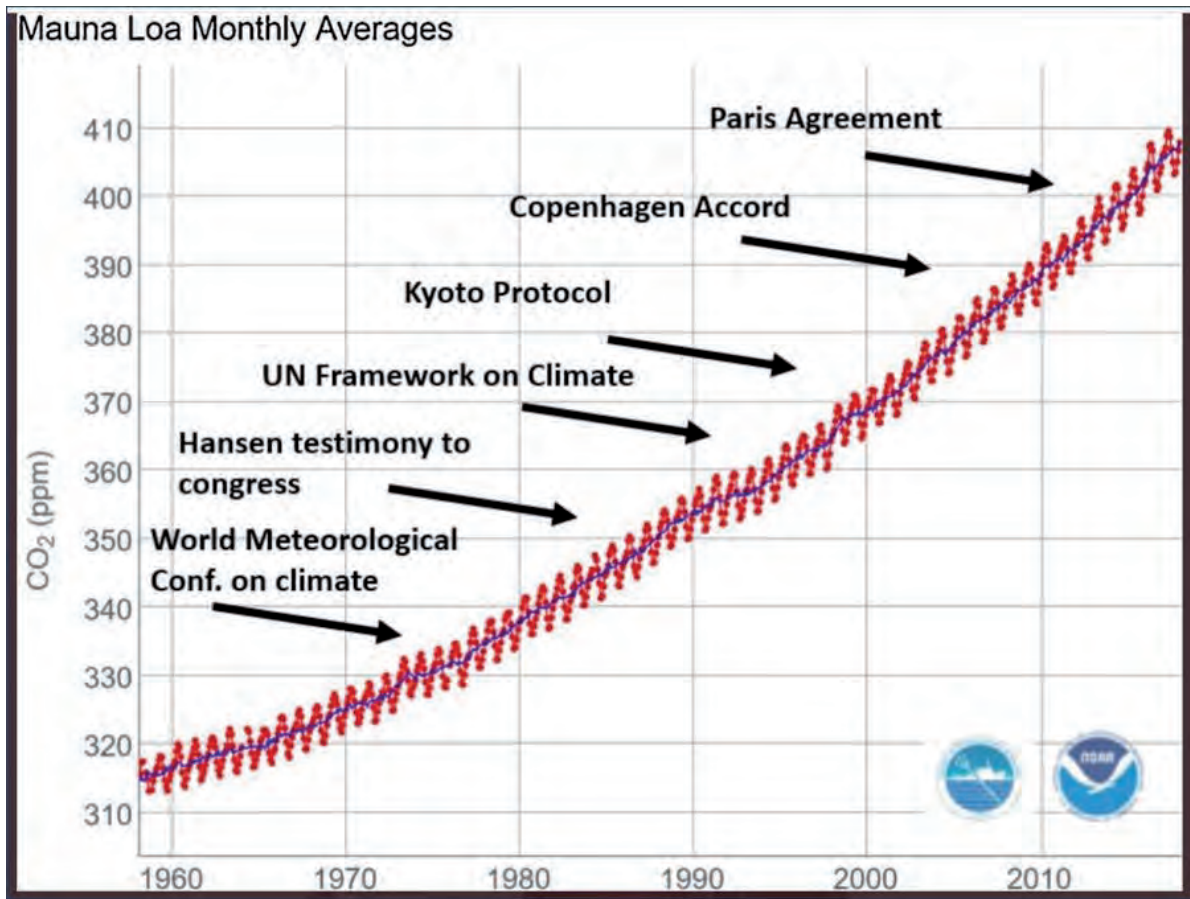


Abb. 2: Die CO₂-Konzentration auf Hawaii in über 4000 m üNN von 1958 bis 2019 in ppm (Parts per Million; Anzahl der CO₂-Moleküle im Verhältnis zu einer Million anderer Moleküle in der Luft). Eingezeichnet sind wichtige Ereignisse zur Bewältigung einer Klimakrise [nach 20].

Ozeane

Im Jahr 2020 waren die in alphabetischer Reihenfolge mit Namen versehenen Hurricanes über dem Atlantik (im indo-pazifischem Teil der Welt werden sie Taifune oder Zyklone genannt) erstmals so zahlreich, dass das lateinische Alphabet nicht mehr ausreichte und man griechische Namen vergeben musste. Letztlich ist es der Energieverbrauch der vielen Menschen, also Industrie, Heizung, Autos etc., der die Entstehung der Wirbelstürme auf der Welt maßgeblich befeuert. Ausgehend von der globalen Durchschnittstemperatur des letzten Jahrhunderts beträgt die atmosphärische Erwärmung derzeit fast genau 1° C [22]. Dies scheint keine sonderlich beunruhigende Veränderung zu sein. In welchem Maße der Energietransfer aus der Luft das Meerwasser heizt, wurde kürzlich erstmals umfassend ermittelt. Der Forscherverbund von vierzehn Experten aus China und den USA hat errechnet, dass die Weltmeere in den letzten 25 Jahren 228 Trilliarden Joule (228×10^{21} J) an Wärmeenergie aufgenommen haben. Zum Vergleich: Die Atombombe von Hiroshima hatte eine Energie von 63 Billionen J (63×10^{12} J). Durchschnittlich geht damit pro Stunde ungefähr die Energie von 16.000 Hiroshima-Bomben aus der Luft in das Wasser der Ozeane über [23]. Da erübrigt sich fast die Frage, woher die vielen Wirbelstürme ihre Energie und ihre zerstörerische Wucht beziehen. Die Atmosphäre und das Wasser der Meere stellen also ein gekoppeltes System dar. Dies bezieht sich außer dem Austausch von Wärme auch auf jenen des CO₂. Der aktuelle Ausstoß von CO₂ in die Atmosphäre betrug 2019 rund 37 Milliarden Tonnen [24]. Etwa ein Viertel davon löst sich im Meerwasser, ein Umstand, der das Klima schützt und uns alle vielleicht jetzt schon

vor dem Schlimmsten bewahrt. Aber in der Ökologie bekommt man nichts geschenkt, denn ein Teil des CO_2 reagiert im Wasser zu Kohlensäure, was zu einer Versauerung der Meere mit einem abnehmenden pH-Wert führt [Abb 3 a]. Nun besteht ein großer Teil der Nahrung von Meeresfischen aus Myriaden winziger, schwimmender Schnecken. Deren aus Kalk (Aragonit) bestehenden Gehäuse korrodieren jedoch bei versauertem Wasser. Ein Absterben solcher Schnecken bedeutet für viele Fischarten die Einbuße einer wesentlichen Nahrungsquelle. Nun werden nach Angaben der UNO fast alle Meere ohnehin schon maximal befischt, so dass die verbliebenen Bestände weiter gefährdet sind. Solch ein Zusammenhang demonstriert, wie die CO_2 -Produktion insbesondere der USA, Chinas und Europas sich über eine Wirkungskaskade auf elementare Lebensbedürfnisse wie z.B. unsere Ernährung auswirken kann (Abb. 3a und 3b).

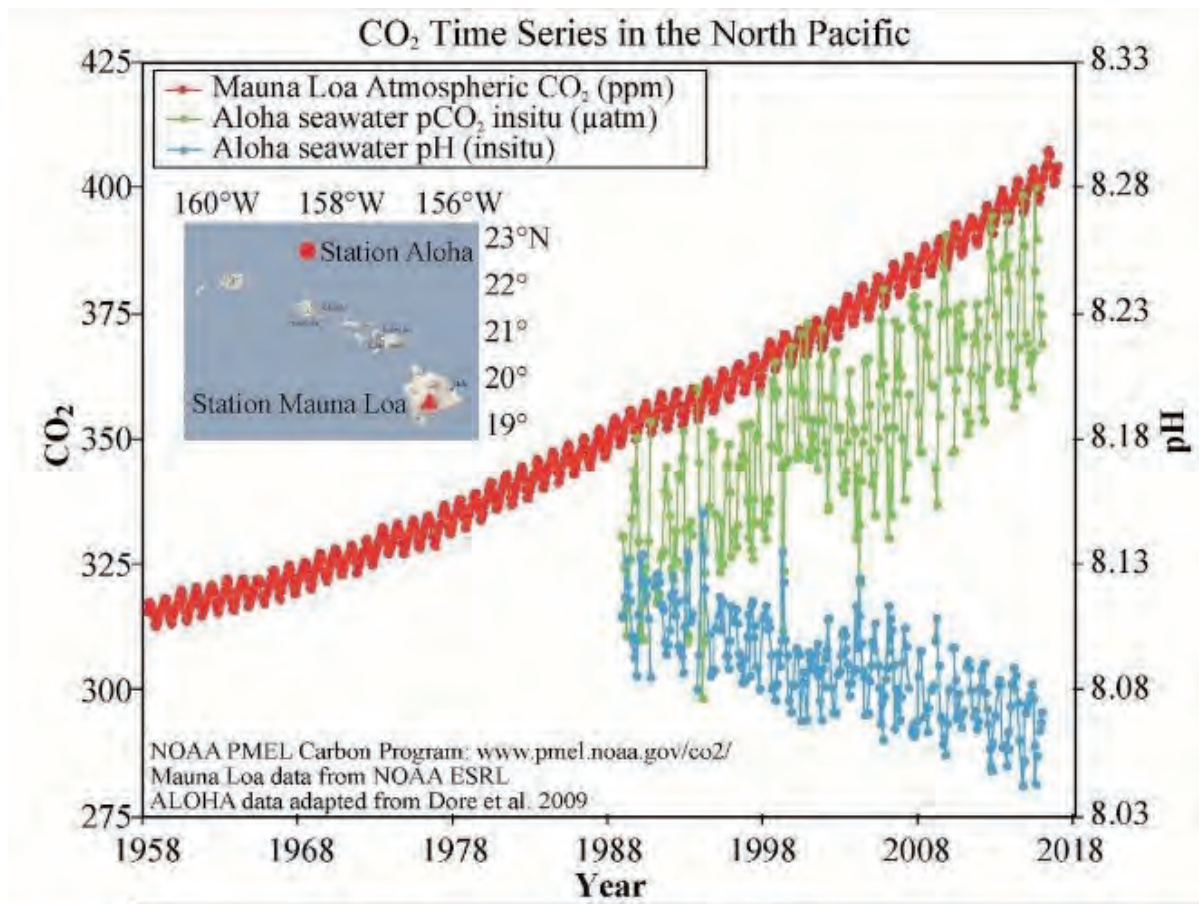


Abb. 3a: Neben der atmosphärischen Konzentration (rot) wird hier jene des im Meerwasser gelösten CO_2 (hellgrün) im Lauf der Jahre dargestellt. Hellblau ist der mit steigendem Kohlensäuregehalt abnehmende pH-Wert abzulesen.



Abb. 3b: Die Bildung der Kalkgehäuse der kleinen Meeresschnecken, wie hier *Limacina spec.*, wird durch Korrosion zunehmend behindert, was zum Tod der Schnecken führt (Raster-EM-Foto: Lischka, GEOMAR mit freundlicher Genehmigung). Erläuterung im Text.

Artenvielfalt

Zu diesem Thema muss man gleich vorausschicken, dass wir über die Mehrzahl der Organismenarten fast nichts wissen und die allermeisten von ihnen nicht einmal kennen. Dabei ist die Natur als Ganzes unsere unverzichtbare Lebensbasis. Im Gegensatz zu relativ einfachen Messungen wie Temperaturen und Konzentrationen entzieht sich die Vielfalt des Lebens also einer exakten Bestimmung. Auch hat sie dermaßen viele Aspekte, dass eine auch nur annähernde Betrachtung den Rahmen dieses Beitrags sprengen würde. Ich habe mich dafür entschieden, nur einen Bereich zu behandeln, nämlich den Schwund, wie er im *Living Planet Index 2020* des WWF dokumentiert ist. Im Einzelnen werde ich dann auch nur exemplarisch auf den Teilkontinent Südamerika eingehen [25]. Der *Living Planet Index* beruht auf Meldungen von mehreren tausend Wissenschaftlern und berücksichtigt fast 21.000 Arten von Wirbeltieren. Den Verlust anhand ausgestorbener Arten anzugeben, ist nicht praktikabel, denn eine Tierart wird erst dann als erloschen gekennzeichnet, wenn man dreißig Jahre lang keinen einzigen Hinweis auf seine Existenz erhalten hat. Daher werden hier die Zu- und Abnahmen von Populationen der in die Analyse eingeschlossenen Arten zwischen 1970 und 2016 angegeben. Weltweit sind 68 % der gemeldeten Populationen von einer Abnahme betroffen. In Südamerika sind es jedoch 94 % der dort untersuchten Arten. Allein bei den Amphibien werden dort über 2000 Arten als vom Aussterben bedroht kategorisiert [26], wobei der Verlust an Lebensraum die größte Rolle spielt. Als unmittelbare Ursachen werden Holzeinschlag, Waldbrände und die Anlage von Siedlungs- und landwirtschaftlichen Nutzflächen sowie Schäden des Lebensraumes durch die Klimakrise aufgeführt. Aber obwohl die Pflanzen der Welt ebenfalls stark betroffen sind, bleiben sie bei umfassenden Analysen der Biodiversität bisher meist unberücksichtigt [27]. Eine Stichprobe von tausenden von Pflanzen auf der ganzen Welt ergab, „dass jede fünfte (22 %) vom Aussterben bedroht war, die meisten davon in den Tropen. Das Risiko auszusterben ist bei Pflanzen mit dem von Säugetieren vergleichbar und ist höher als bei Vögeln“ [28]. Experten schätzen, dass der Verlust der Artenvielfalt die Existenz der Menschen bei weitem mehr gefährdet als der Klimawandel.

Der ökologische Fußabdruck und die planetaren Grenzen

Viele Menschen wissen es schon: Wenn ein Mensch oder eine Nation im Durchschnitt genau all jene Ressourcen in einem Jahr verbraucht und so viel Schadstoffe emittiert, wie die Welt bereitstellen oder verkraften kann, hat die Person oder die betreffende Nation den ökologischen Fußabdruck mit dem Wert 1,0. Bei der Berechnung des Fußabdrucks einer Person geht eine große Anzahl einzelner Faktoren ein (Tab. 1). Im Vergleich zur Biokapazität und Produktivität der Welt würden die Menschen nach verschiedenen Berechnungen 1,6 bis 1,74 Erden für ein nachhaltiges Überleben benötigen [29, 30] (Abb. 4). Dies wäre jedoch das absolute Minimum, da der Fußabdruck 1,0 genau an der oberen Kapazitätsgrenze liegt. Um die Frage zu beantworten, welche Möglichkeiten denn auf der Erde bestehen, um nicht nur an die Grenze, sondern in den Bereich eines ungefährdeten Lebens für Milliarden von Menschen zurückzufinden, können wir die planetaren Grenzen für die wesentlichen Sektoren globaler Gefährdung heranziehen.

Tab. 1: Nach solchen und ähnlichen Kriterien wird gefragt, wenn man sich im Internet seinen eigenen ökologischen Fußabdruck berechnen möchte.

Kriterien zur Berechnung des ökologischen Fußabdrucks – eine Auswahl

Ernährung	Mobilität	Wohnen	Konsum
Fleischkonsum	Auto-Nutzung	Einfamilienhaus	Luxuswaren
Milchprodukte	welches Benzin	technischer Standard	sparsame Geräte
Fischprodukte	Fahrrad	Zweitwohnsitz	Car-Sharing
Bio-Lebensmittel	Geringverbraucher	Öko- / Solarstrom	Wohnungsausstattung
Abfall	ÖPNV	Wassernutzung	Nutzungsdauer von Waren
Wasser: Leitungswasser oder Supermarkt	Urlaub: nah / fern Flugzeug / Bahn	Standby Rasen sprengen; Torf	Mülltrennung Papier / Toner

Wie viele Erden bräuchten wir, wenn alle Leute der Welt so leben würden wie die Bewohner von...



Global Footprint Network National Footprint Accounts 2016

Abb. 4: Anzahl der Planeten Erde, welche die Bevölkerung der Welt und ausgewählter Länder jeweils für ein nachhaltiges Überleben benötigen würde (Näheres siehe Text).

Planetare Belastungsgrenzen

„Ein sicherer Handlungsraum für die Menschheit“ war der Titel eines Beitrags zur Zeitschrift *Nature* im Jahr 2009 [31]. Die 27 Autorinnen und Autoren definierten für zehn Bereiche die Belastbarkeit der globalen Ökosysteme und stellten beispielsweise fest, dass das Element Phosphor – fast ausschließlich als Mineraldünger – damals 90 % der von den Ökosystemen der Welt zu bewältigenden Menge erreicht hatte. Drei Sektoren hatten die 100%-Marke überschritten: Die Klimakrise mit einem Wert von 150 % sowie zwei Bereiche jenseits des mit einschätzbaren Werten bestimmbaren Bereiches. Während die Abschätzungen bis jenseits von 250 % der planetaren Kapazität reichten, schossen zwei Werte weit darüber hinaus: der Stickstoffkreislauf (fast quantitativ für die aggressive Düngung) und der Verlust an Artenvielfalt. Ein Jahrzehnt später war es Zeit, dies zu aktualisieren. Als elfter Bereich wurde der Sektor Weltbevölkerung hinzugefügt. Für zwei Kriterien gab es 2009 noch keine ausreichende Datengrundlage, nämlich für ‚Chemikalien‘ und für ‚Feinstaub‘ [Abb. 5].

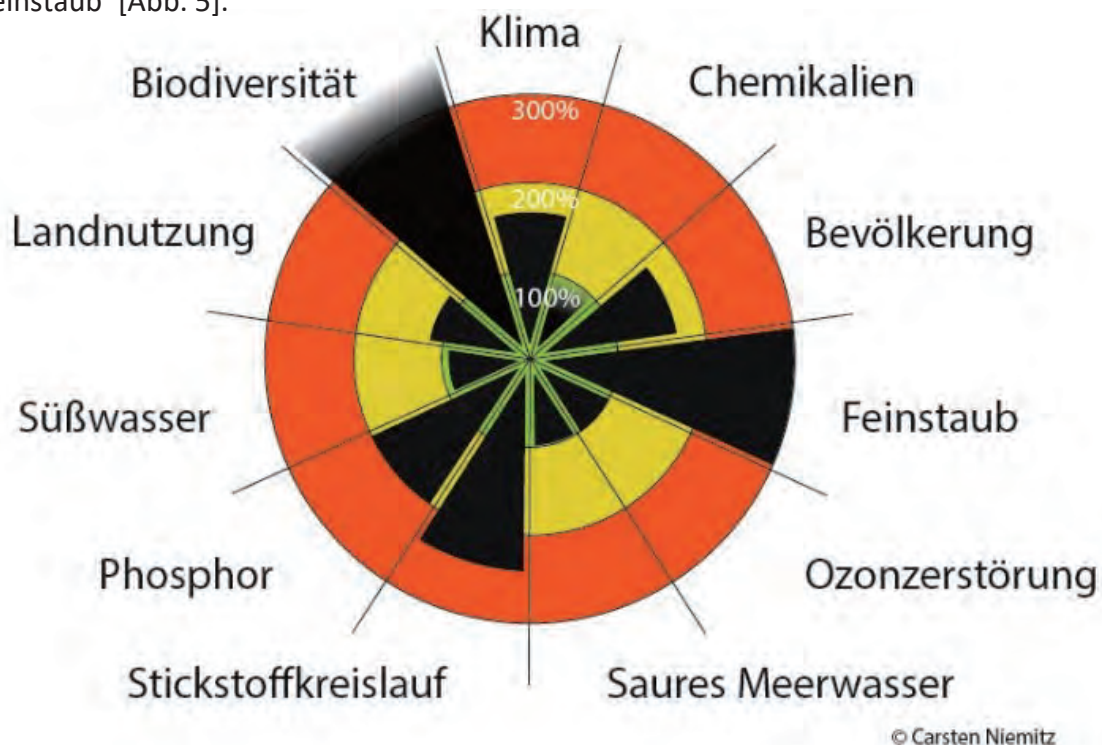


Abb. 5: Elf umweltrelevante Bereiche und ihr abgeschätztes Ausmaß im Verhältnis zum sicheren Bereich (grün). Die mit 100 % bezeichnete Grün/Gelb-Grenze ist die so genannte planetare Leitplanke. Ozonbelastung der Atmosphäre und die Versauerung der Meere haben diese Kapazitätsgrenze der Erde gerade erreicht. Mit > 300 % und jenseits von Rot übertrifft der Verlust der Artenvielfalt die Toleranz der Natur um mehr als das Dreifache (vgl. 11).

Hier ist die Rangfolge, in welchem Maße die jeweiligen Belastungen die Kapazität der Erde überfordern: 1. die ‚Biodiversität‘ (Artenvielfalt). – 2. ‚Feinstaub‘ und Aerosole belasten die Welt mit rund 300 % der sogenannten planetaren Leitplanke und kosten jedes Jahr viele Millionen frühzeitig beendeter Menschenleben. – 3. Der ‚Stickstoffkreislauf‘ belastet durch Nitratdünger und Gülle (letztlich also durch Massentierhaltung) die Grund- und Meerwasser in einem für die Lebensgrundlage der Menschheit gefährlichem Maße. Der Wert der Schätzrechnungen erreicht fast das 2-½-fache dessen, was eine lebensfähige Welt erträgt. – 4. An vierter Stelle landet der ‚Phosphatkreislauf‘ und an 5. und 6. Stelle gleichauf das ‚Klima‘ der Welt und die ‚Bevölkerungsentwicklung‘. An elfter Stelle sind hier Chemikalien genannt. Hiermit ist ge-

meint, dass beispielsweise Antibiotika, wie sie in der Massentierhaltung eingesetzt werden (einschließlich von Reserve-Antibiotika), sich im Grundwasser schon derart angereichert haben, dass sie sich mit einem Wert von um die 80 % der planetaren Leitplanke zu nähern beginnen. Zwar ist die Überschreitung der planetaren Leitplanken nicht gleichzusetzen mit dem Maß der Gefährdung für unser Leben. Aber als Biologe kann ich mir ganz nüchtern vorstellen, dass der Platz 1 ‚Artenvielfalt‘ den Ökosystemen unserer Erde um einen beträchtlichen Faktor funktio-
nell vorrangig ist, im Vergleich zum Klima oder der Existenz der Menschheit auf Platz 5 und 6.

Bevölkerung

Gerade ist eine Analyse der Bevölkerungsentwicklung für 195 Länder erschienen, in der es nicht nur um Bevölkerungsszenarien geht, sondern um Fruchtbarkeit, Sterblichkeit und Migration [32]. Die Schlussfolgerungen lassen im Wesentlichen das nächste halbe Jahrhundert aus und halten abschließend fest: „Eine dauerhaft niedrige Fertilitätsrate unterhalb des Erhaltungsniveaus dürfte in vielen Ländern ... ökonomische, soziale, umweltrelevante und geopolitische Konsequenzen haben“. - ein Kernsatz, den man auch ohne die Studie hätte schreiben können. Im unmittelbar anschließenden letzten Satz machen sich die Forscherinnen und Forscher lediglich Sorgen um zu wenige Menschen: „Politische Optionen zur Anpassung an sich fortsetzende niedrige Fertilität ... werden für die nachfolgenden Jahre ausschlaggebend sein“. Im Zusammenhang mit Migration werden Umwälzungen in der Umwelt nicht erwähnt. Es kommt vor allem auf Arbeitskräfte an, die auf das Bruttosozialprodukt einwirken. Es geht um eine Politik, „die arbeitende Frauen dabei unterstützt, ihre erwünschte Familiengröße zu erreichen“, damit die Bevölkerung nicht weiter zusammenbricht. Abschließend räumen sie ein, dass die demographische Zukunft wegen der Unsicherheiten in der Analyse für keines der Länder „in Stein gemeißelt“ sei. Kein Wort darüber, dass die gegenwärtige Konstellation von Entwicklungen in der Umwelt und der gleichzeitig steigenden Bevölkerungszahlen ein Problem darstellen könnten. Soweit eine der umfassendsten Berechnungen von 24 internationalen Forscherinnen und Forscher in *Lancet*, einer der renommiertesten britischen Medizinzeitschriften. In einem Artikel der Redaktion Umwelt und Wissen der Deutschen Welle fragt deren Autor: „Das wirft eine Frage auf ... Sind weniger Menschen gut für unseren Planeten?“ [33]. Der DW-Autor ist voll der suggestiven Tendenz des Artikels verfallen. In der Fachwelt gilt es als unbestrittene Sachlage, dass die Menschheit das mögliche Angebot der Erde um den Faktor 1,6 bis 1,7 übernutzt. Zur Lösung des Problems gibt es zwei denkbare Möglichkeiten. Entweder wir senken den Ressourcenverbrauch und somit die Schadstoffemissionen um rund 40 %, oder wir exportieren etwa 3,3 Milliarden Menschen auf einen anderen Planeten, was deren Ressourcenverbrauch und weitere Umweltbelastungen ebenfalls beenden würde. Die zweite dieser Optionen ist theoretisch denkbar, aber völlig unrealistisch. Eine umfangreiche, kürzlich in *Nature Sustainability* erschienene Studie schlägt vor, durch proaktive Schutzmaßnahmen den Verlust von Habitaten vor einer Expansion der Landwirtschaft zu schützen [34]. Aber die Autoren räumen neben weiteren, hier nicht aufgezählten Einschränkungen ein: „Tatsächlich können die Bedrohungen der Biodiversität beträchtlich größer sein, als wir voraussagen ... Wir berücksichtigen nicht die Einwirkungen des anthropogenen Klimawandels, nicht die Fragmentation der Lebensräume, Raubbau, invasive Tier- und Pflanzenarten oder Umweltverschmutzung“. Es ist bezeichnend und auch für ökologische Zukunftsstudien typisch, dass der Faktor der menschlichen Bevölkerungsentwicklung, wie oben exemplarisch dargelegt, gar nicht berücksichtigt wird. Auf politischer Ebene ist er ohnehin tabu. Dabei braucht man doch nur zu bemerken, dass die Zunahme der Weltbevölkerung im Jahr 2010 noch rund 80 Millionen Menschen betrug, während es im Jahr 2020 95,5 Millionen waren [35]. Die Zunahme im letzten Jahrzehnt zeigte von Jahr zu Jahr eine weitere Beschleunigung der Entwicklung.

An jedem Tag vermehren wir uns um 260 000 Menschen, an jedem vierten Tag um eine Million Erdenbürger, die Nahrung, Wasser und andere Ressourcen auf einem nicht mitwachsenden Planeten benötigen, zusätzlich Schadstoffe emittieren usw.

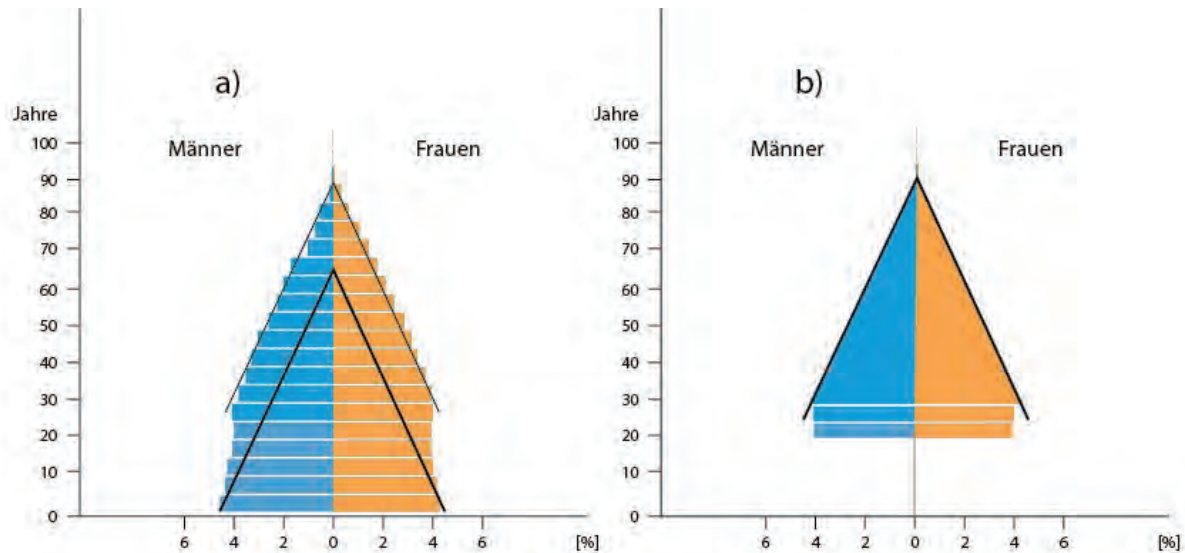


Abb. 6: Aktuelle Pyramide der Weltbevölkerung in Lebensjahren. Die fein ausgezogene, dachförmige Linie bezeichnet die aktuelle natürliche Absterbezone. Die stärkere Linie darunter verdeutlicht die in 20 Jahren zu erwartende Absterbezone.

b) Ungefährer Zustand der Bevölkerungspyramide in 20 Jahren unter der Annahme, dass weltweit keine Kinder geboren würden. Im angenommenen Fall würde die Weltbevölkerung nur aus Menschen bestehen, die 20 Jahre alt oder älter wären. Erläuterung im Text [aus 36].

Ausgehend von der aktuellen Bevölkerungspyramide der Welt stellt sich die Frage, was eine Verminderung der Geburtenzahl bewirken könnte (Abb.6). Rein theoretisch kann man fragen, welche Auswirkung es hätte, wenn 20 Jahre lang auf der ganzen Welt keine Kinder geboren würden. Bei der aktuellen durchschnittlichen Lebenserwartung von etwa 70 Jahren werden in 20 Jahren knapp 30 % der heute lebenden Menschen versterben. Von heute 7,8 Milliarden Menschen werden also ungefähr 5,5 Milliarden noch am Leben sein. So viele Menschen waren wir 1991. Nach den Angaben des Global Footprint Network hatte die Menschheit damals einen ökologischen Fußabdruck von 1,2 Planeten. Selbst wenn also alle Frauen der Welt 20 Jahre lang kein Kind mehr bekämen, würden wir also das Niveau der Nachhaltigkeit für ein unbeschädetes Überleben der Menschheit nicht erreichen.

Dies setzt zwar voraus, dass das Welt-Bruttosozialprodukt und die Pro-Kopf-Emission etc. in dieser Zeitspanne etwa unverändert blieben. Aber wenn man die die aktuellen Kurven und Hochrechnungen (siehe oben) extrapoliert, ist nicht von gravierenden Veränderungen auszugehen. Außerdem würde der Fußabdruck von 1,0 ja das gerade noch tolerable Maximum der Umweltbelastung bedeuten, das bei unverändertem Pro-Kopf-Verhalten täglich neu überschritten würde. Es würden also weiterhin 0,2 Erden *fehlen*. Dies lässt nur einen Schluss zu: Wir müssen also alle familienpolitischen, geburtenreduzierenden Maßnahmen und alle ressourcenschonenden und emissionsenkenden Schritte gleichzeitig unternehmen.

Und nun?

Die Deutschen können argumentieren, dass die Chinesen als größte Kohleverpester der Welt mit dem Ausstieg anfangen müssen. Stimmt. Aber die Chinesen können entgegnen, dass China pro Jahr mehr Windenergieanlagen neu installiert als die gesamte EU. Stimmt auch. Wer auf andere wartet, erzeugt Stillstand.

Die Deutschen können zu Recht feststellen, dass die Frauen in Nigeria zu viele Kinder bekommen und verlangen, dass eine wirksam reduzierende Familienpolitik erst dort beginnen sollte. Die Nigerianer könnten im Gegenzug darauf verweisen, dass die Deutschen eine Umweltbelastung von über drei Planeten anteilig erzeugen und Nigeria mit einer Erde auskäme, und dass deshalb erst einmal in Deutschland mit Maßnahmen begonnen werden sollte. Die beiden Beispiele machen deutlich, dass der fordernde Fingerzeig auf irgendwelche Anderen die Ausrede ist, sich selbst untätig zu verhalten. Ethisch ausgedrückt heißt dies: Wer selbst nicht handelt, verwirkt sein Recht zu fordern.

Referenzen

- [1] European Commission, Joint Research Centre (JRC) Atlas of the Human Planet 2019; doi: [10.2760/445233](https://doi.org/10.2760/445233))
- [2] Duman M, Reichert T: Landnutzung: Das Fleisch und seine Flächen. In: Heinrich-Böll-Stiftung, BUND, Le Monde diplomatique (Hg): Fleischatlas 2018, 28-29, Paderborn 2018.
- [3] Heinrich-Böll-Stiftung (Hg): Bodenatlas 2015 – Daten und Fakten über Acker, Land und Erde. Berlin 2015.
- [4] Gironde, Chr.: Land grabs, big business and large-scale damages. Global Challenges No. 6, 2019.
- [5] Land Grabbing: Der große Landrausch. Der Informationsdienst der deutschen Wirtschaft iwd, Köln, 2015.
- [6] Alle Daten über die Getreideproduktion. <https://www.mccormick.it/de/alle-daten-ueber-die-getreideproduktion/>. Zugriff am 14.12.2020
- [7] Reich PF: Land resource stresses and desertification in Africa. Agro-Science 2(2), April 2004. doi: 10.4314/as.v2i2.1484
- [8] Friedmann J: Desertification facts, threats, solutions. Conservation Institute. <https://www.conservationinstitute.org/desertification-facts/> Zugriff am 14.12.2020
- [9] Kummu M et al.: The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. Sci Rep 6, 38495, 2016. doi: 10.1038/srep38495
- [10] A.Y. Hoekstra (Hrsg.): Virtual water trade, S. 16, Institute for Water Education, UNESCO-IHE, Delft 2003.
- [11] Niemitz, C.: Die Menschheit retten? Packen wir's an! Oekom Verlag, München 2019.
- [12] Bauer W: Das große Verhängnis. ZEIT Magazin, Nr. 5, 26-33, 2018.
- [13] Frenken K (Hg): Irrigation in the Middle East -region and figures. Aquastat survey – 2008. FAO Water Reports 34. Rom 2009.
- [14] Weltagrarbericht: Wege aus der Hungerkrise – Hunger im Überfluss. 2018. <https://www.weltagrarbericht.de/themen-des-weltagrarberichts/hunger-im-ueberfluss.html>. Zugriff am 21.12.2020.
- [15] FAO, UNICEF, WHO (Hg): The state of food security and nutrition in the world 2018. – Building climate resilience for food security and nutrition. FAO, Rom 2018.
- [16] Gustavsson et al.: Global food losses and food waste – extent, causes and prevention. FAO, Gothenburg, Rom 2011.

- [17] Bundeszentrale für Politische Bildung (Hg): Primärenergie-Versorgung. <https://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/globalisierung/52741/primaerenergie-versorgung>. Zugriff am 16.12.2020.
- [18] Engel KM: Neuer Anlauf für eine alte Idee. Spektrum.de. <https://www.spektrum.de/news/neuer-anlauf-fuer-eine-alte-idee/1593456>. Zugriff am 22.1.2019.
- [19] Ritchie H, Roser M: Energy. Our World in Data, 2020. <https://ourworldindata.org/energy>
- [20] NOAA, Scripps Institution of Oceanography (Hg), 2020: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/atmosphaerische-treibhausgas-konzentrationen#kohlendioxid->
- [21] Schätzrechnung nach: Global Monitoring Laboratory (Hg): Chlorofluorocarbon-11 (CCl₃F). <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/combined/CFC11.html>. Zugriff am 16.12.2020.
- [22] National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA (Hg): Global climate report – Annual 2019. <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201913>. Zugriff am 16.12.2020.
- [23] [23] Cheng L et al.: Record-setting ocean warmth continued in 2019. Adv. Atmos. Sci. 37, 137-142, 2020.
- [24] Peters GP et al.: Carbon dioxide emissions continue to grow amidst slowly emerging climate policies. Nature Climate Change 10, 3–6, 2020.
- [25] Almond REA et al.: WWF Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss. Gland, 2020.
- [26] Deinet S et al.: Zooming in on Latin America and the Caribbean. p. 22-23, in: WWF Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss. Gland, 2020.
- [27] Lughadha EN et al.: Plant diversity is in serious decline. p. 36-37 in: WWF Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss. Gland, 2020.
- [28] Brummitt NA et al.: Green plants in the red: A baseline global assessment for the IUCN Sampled Red List Index for plants. 2015. PLOS ONE 10:e0135152. doi: 10.1371/journal.pone.0135152
- [29] Nickel K: Dreimal Deutschland bitte! So viel Fläche bräuchte unser Planet jetzt. GQ- Magazin. 10. Aug. 2016. <https://www.gq-magazin.de/auto-technik/article/grafik-wie-viele-erden-brauchen-wir>. Zugriff am 20.12.2020.
- [30] World Wide Fund for Nature, WWF: Living Planet Report 2018, Gland 2018.
- [31] Rockström et al.: A safe operating space for humanity. Nature 461, 472-475, 2009.
- [32] Vollset SE et al.: Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2000: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study. Lancet 396, 1285-1306, 2020.
- [33] Niranjan A: Weniger Menschen auf der Erde – wie wirkt sich das aufs Klima aus? Deutsche Welle DE, 31.08.2020. <https://www.dw.com/de/%C3%BCberbev%C3%B6lkerung-klima-fertilit%C3%A4t-fruchtbarkeit-geburtenrate/a-54729749>. Zugriff am 23.12.2020.
- [34] Williams DR et al.: Proactive conservation to prevent habitat losses to agricultural expansion. Nature sustainability, 21. Dez. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00656-5>
- [35] Hochrechnung für die letzten 8 Tage auf Basis der am 23.12.2020 vorliegenden Zahlen. Nach: <https://countrysmeters.info/de/World>
- [36] Niemitz C: Evolution und Nachhaltigkeit – Ein heikles genetisches Handicap. Natwiss. Rundsch. 73. Jg, 353-363, 2020.

Prof. Dr. Carsten Niemitz hat Biologie, Medizin, Mathematik und Kunstgeschichte studiert.

Für seine Doktorarbeit hat er fast drei Jahre in Borneo gelebt, meist im Urwald. Nach der Promotion hat er an der Universität Göttingen als Anatom gelehrt und erhielt im Alter von 31 Jahren den Ruf als Direktor des Instituts für Humanbiologie an der Freien Universität Berlin. Dort hat er bis zu seiner Emeritierung im Jahr 2010 zu den Themen Verhaltensforschung, Anatomie des Menschen, Biodiversität, Nature Conservation Management, Humanökologie und Naturschutz geforscht und gelehrt. Von Oktober 2010 bis Juni 2019 war er Leiter des Instituts für Forensische Humanbiologie in Mölln.

Seit 2014 wohnt Herr Niemitz in Mölln und ist dort im NABU und bei Scientists for Future in Lübeck aktiv.



Buchhinweis: Die Menschheit retten? Packen wir's an!

Carsten Niemitz, Die Menschheit retten? Packen wir's an!, Oekom Verlag München, 2019
242 Seiten, 22,- €

Leicht verständlich und auf dem aktuellen Stand der Wissenschaft informiert Carsten Niemitz über wichtige ökologische Fragen, die für das Überleben der Menschheit auf dieser Erde von großer Bedeutung sind. Der Klimawandel kommt hier genauso zur Sprache wie das Bevölkerungswachstum, die Biodiversität, Fragen der Ernährung, oder der Zustand unserer Meere. Komplexe Zusammenhänge werden verständlich und nachvollziehbar dargestellt. Praxisnahe Tipps und Anregungen, wie jede und jeder in unserer Gesellschaft zum Erhalt der Menschheit beitragen kann, runden dieses Buch ab.



*Umschlagabbildung: ©GoodStudio
shutterstock.com*

Natur vor der Haustür

Die folgenden Bilder stammen von Prof. Dr. Carsten Niemitz, der in Mölln im NABU und bei Scientists for Future in Lübeck aktiv ist.



Am Mittwoch, 16.12.2020 erschien bei uns (Familie Niemitz) wie im letzten Winter (damals aber nach 15-jähriger Abwesenheit) an einer Überlaufstelle eines kleinen Sees eine Wasserramsel (*Cinclus cinclus*). Die nahen Verwandten vom Zaunkönig sind hervorragende Schwimmer und Taucher auch in Stromschnellen und suchen am Grund nach Insektenlarven und ähnlichem Kleingetier. Dies hier ist die nordische Unterart und kommt wahrscheinlich aus Schweden oder Finnland.



Die Heckenbraunelle (*Prunella modularis*) ist wegen ihres unauffälligen Gefieders nur schwer zu entdecken, ist aber in Mitteleuropa ein weit verbreiteter Brut- und Sommervogel.



Die nur 8 mm lange und 2,5 mm breite Rhododendronzikade (*Graphocephala fennahi*) auf dem Rhododendron im Garten von Herrn Niemitz.



Diese Hummelschwebfliege beobachtete Herr Niemitz in seinem Garten. Dies sind niedliche kleine Fliegen, die sich mit einer Mimikry als Hummeln tarnen und deren Brut in den Nestern von Erdhummeln wohnt, meistens ohne die Hummeln selbst zu belästigen. Die auch bei uns stark dezimierte Biodiversität (mit kaum abschätzbaren wirtschaftlichen Schäden) birgt so viele erstaunliche ökologische Verschränkungen unmittelbar vor unserer Haustür.

Berichte aus dem Gesprächskreis des Naturwissenschaftlichen Vereins

Nobelpreis in Chemie 2019 - Lithium-Ionen-Akku

Wolfgang Czieslik

2019 wurde der Nobelpreis in Chemie für die Entwicklung der Lithium-Ionen-Batterie – genauer des Lithium-Ionen-Akkus – an Stanley Whittingham, John Goodenough und Akira Yoshino verliehen. Die Lithium-Ionen-Akkus gehören weltweit zum Alltag sehr vieler Menschen und sie haben das Potential eine Gesellschaft ohne fossile Brennstoffe zu ermöglichen.[1]



John Bannister Goodenough (*25. 07. 1922 in Jena als Sohn des US-amerikanischen Historikers Erwin Ramsdell Goodenough; †25. 06. 2023 Austin, Texas, USA) hat an der Yale University und der University of Chicago Mathematik und Physik studiert (Promotion 1952) und am MIT und der University of Oxford (England) an der Entwicklung von Speichertechnologien (RAM) und wieder aufladbaren Batterien gearbeitet bis er 1986 Professor an der University of Texas in Austin wurde.

Michael Stanley Whittingham (* 22. 12. 1941 in Nottingham, England) hat an der University of Oxford Chemie studiert (Promotion 1968) und an verschiedenen Stationen in den Bereichen Festkörperchemie und Elektrochemie gearbeitet bis er 1988 Chemieprofessor und Direktor des Instituts für Materialforschung an der Binghamton University im US-Bundesstaat New York wurde.



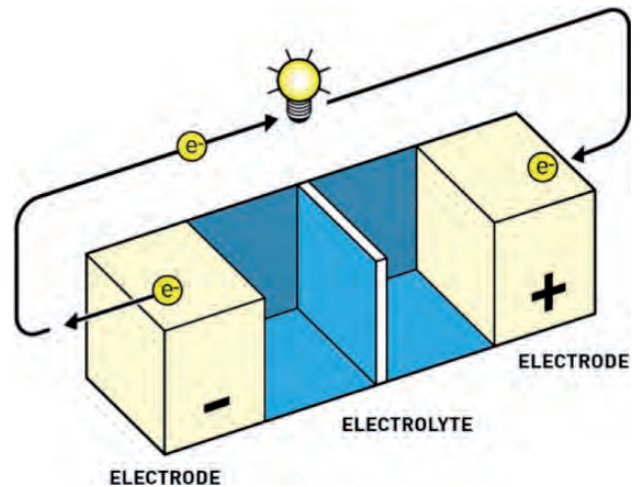
Akira Yoshino (*30. 01. 1948 in Suita, Präfektur Osaka, Japan) hat an der Universität Kyoto Ingenieurwissenschaften studiert (Master 1972; Promotion 2005 an der Universität Osaka) und für die Firmen Asahi Kasei (Japanischer Chemiekonzern) und A&T Battery (Gemeinschaftsunternehmen von Asahi Kasei und Toshiba) an der Entwicklung von Lithium-Ionen-Akkus bis zur Serienreife (Patentierung 1985) gearbeitet.



Bildnachweis: © Nobel Media. Photo: A. Mahmoud [2]

Grundprinzip einer Batterie

Eine Batterie besteht grundsätzlich immer aus zwei Elektroden, die durch einen Elektrolyten getrennt sind. Die Elektroden werden häufig durch eine Barriere getrennt, so dass kein Kurzschluss entstehen kann. An den Elektroden finden Reduktions- und Oxidationsprozesse statt, die zu einem Elektronenfluss führen, wenn sie über einen Verbraucher miteinander verbunden sind. An der elektrisch negativen Elektrode werden Elektronen abgegeben (Oxidation) und an der elektrisch positiven Elektrode werden Elektronen aufgenommen (Reduktion).



Grundprinzip einer Batterie

Daniell-Element [3]

Im Daniell-Element besteht die Anode aus Zink und die Kathode aus Kupfer. Der Elektrolyt ist im Anodenraum eine wässrige Zinksulfatlösung und im Kathodenraum eine wässrige Kupfersulfatlösung, wobei für die Reduktion und die Oxidation nur die Zink- bzw. die Kupferionen von Interesse sind.

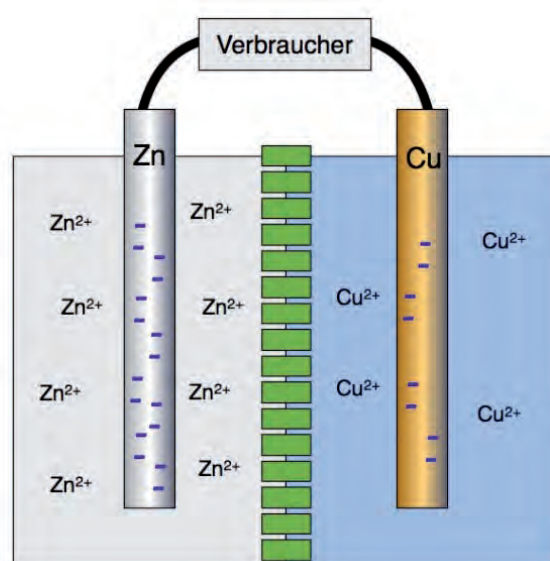
Tauchen die Metalle in die jeweilige Lösung ein, dann lösen sich zweifach positiv geladene Ionen aus dem Metallverband und lassen jeweils zwei negativ geladene Elektronen zurück. Dieser Prozess kommt relativ schnell zum Stillstand, da sich an der Metalloberfläche eine Doppelschicht mit negativ geladenen Elektronen auf der Metallseite und positiv geladenen Ionen auf der Elektrolytseite bildet.

Da die Zink-Ionen ein größeres Bestreben haben in Lösung zu gehen als die Kupfer-Ionen, ist die Zink-Elektrode stärker negativ aufgeladen als die Kupfer-Elektrode. Zwischen beiden Elektroden kann eine elektrische Spannung gemessen werden.

Verbindet man beide Elektroden über einen Verbraucher (Glühlampe, LED, Motor) miteinander, dann wandern die Elektronen von der Zink-Elektrode zur Kupfer-Elektrode, so dass der Ladungsüberschuss abgebaut wird. Es fließt ein elektrischer Strom, mit dem ein Motor angetrieben werden kann.



John Frederic Daniell [4] (*12. März 1790 in London; †13. März 1845 ebenda); britischer Physikochemiker



Grundprinzip eines Daniell-Elements

Blei-Akkumulator [5]

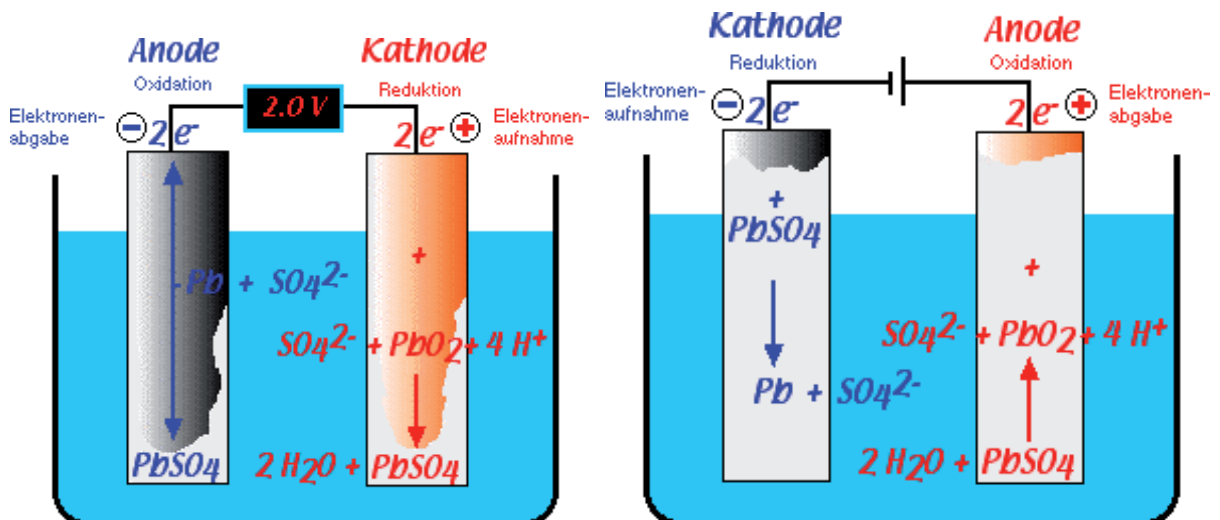
Das Daniell-Element kann wie andere ähnlich aufgebaute Batterien nur entladen werden. Eine wieder aufladbare Batterie, ein Akkumulator, ist beispielsweise der Bleiakku, der immer noch in den meisten Autos verbaut wird. Der erste Bleiakku wurde 1854 von dem deutschen Mediziner und Physiker Wilhelm Josef Sinsteden entwickelt. Im einfachsten Fall besteht der Bleiakku aus zwei Bleiplatten, die sich gegenseitig nicht berühren, in einem Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure (37% Massenanteil). Im entladenen, neutralen Zustand lagert sich an beiden Elektroden eine Schicht aus Bleisulfat (PbSO_4 , die kristalline Struktur wird aus zweifach positiv geladenen Blei-Ionen (Pb^{2+}) und zweifach negativ geladenen Sulfat-Ionen (SO_4^{2-}) gebildet) an. Legt man nun eine Gleichspannung an die beiden Elektroden an, dann findet am negativen Pol eine Reduktion (Aufnahme von Elektronen) und am positiven Pol eine Oxidation (Abgabe von Elektronen) statt. Bei diesem Vorgang, dem Aufladen des Akkus, werden an der negativen Elektrode



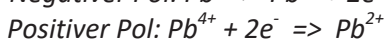
Wilhelm Josef Sinsteden (auch Josef Sinsteden); geb. 6. Mai 1803 in Kleve; gest. 12. November 1891 in Xanten) war ein deutscher Mediziner und Physiker. [6]

zweifach positiv geladenen Blei-Ionen zum ungeladenen Blei-Atom reduziert. An der positiven Elektrode werden zweifach positiv geladenen Blei-Ionen unter Abgabe von Elektronen zu vierfach positiv geladenen Blei-Ionen oxidiert. Im aufgeladenen Zustand haben die positiven Elektroden eine Schicht aus Blei(IV)-oxid (PbO_2) und die negativ gepolten Elektroden bestehen aus mehr oder weniger porösem Blei (Bleischwamm).

Beim Entladen des Akkus geben ungeladene Blei-Atome Elektronen ab und werden zu zweifach positiv geladenen Blei-Ionen oxidiert. Jedes der vierfach geladenen Blei-Ionen nimmt zwei Elektronen auf und wird damit zum zweifach geladenen Blei-Ion reduziert. Bei diesem Vorgang wird elektrische Energie frei, die beispielsweise für den Antrieb eines Motors genutzt werden kann.

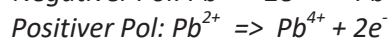
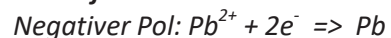


Entladen des Bleiakkus



Bei diesem Vorgang wird elektrische Energie frei. [8]

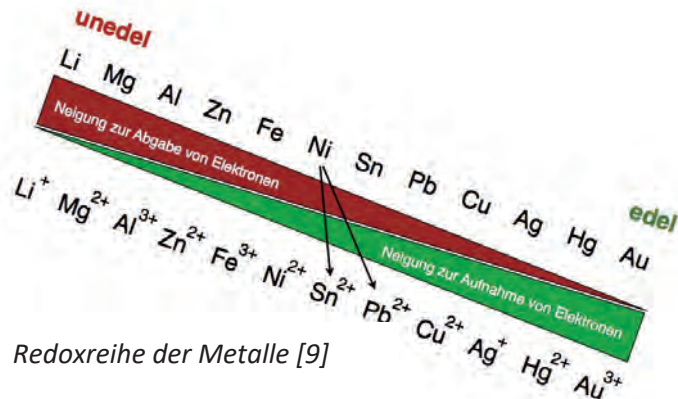
Aufladen des Bleiakkus



Für diesen Vorgang muss elektrische Energie zugeführt werden. [7]

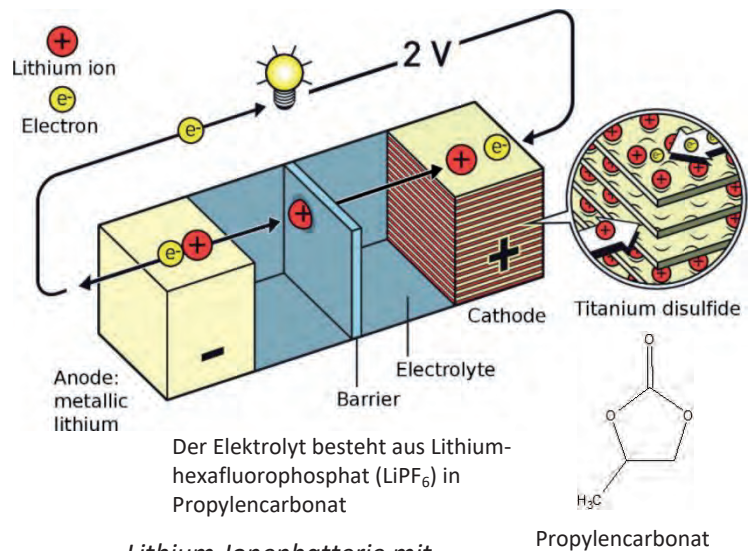
Lithium – Ionen – Akku

Beim Entladen einer Batterie werden am negativen Pol Elektroden abgegeben und am positiven Pol Elektronen aufgenommen. Eine große elektrische Spannung zwischen den beiden Elektroden entsteht dann, wenn das Material der negativen Elektrode eine möglichst große Neigung zur Abgabe von Elektronen hat und das der positiven Elektrode eine möglichst große



Neigung zur Aufnahme von Elektronen. Nun könnte man denken, dass analog zum Daniell-Element eine Batterie aus einer Li/Li⁺ - Halbzelle und einer Au/Au³⁺ - Halbzelle besonders gute Ergebnisse liefern würde. Theoretisch würde die Spannung zwischen diesen Halbzellen 4,5V betragen. Die Frage ist allerdings ob solch eine Batterie den Anforderungen in der Praxis genügen kann und ob sie preiswert ist.

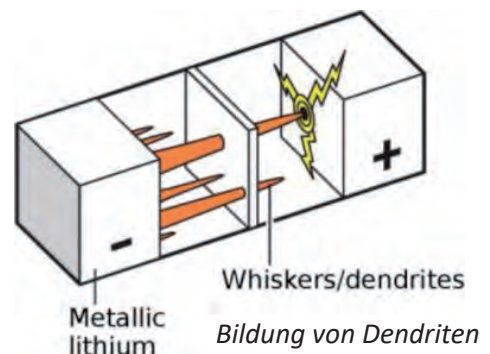
Allerdings ist Lithium schon in den 1960er und 1970er Jahren wegen seiner großen Neigung zur Abgabe von Elektronen ein interessanter Kandidat als Elektrodenmaterial gewesen. Lithium reagiert allerdings gut mit Sauerstoff – Bildung eines Oxides – und mit Wasser bildet sich Wasserstoff. Dies bedeutet, in einer Batterie mit Lithium als Elektrodenmaterial müssen Sauerstoff, also auch Luft, und Wasser abwesend sein. Als Elektrolyt kommt daher nur ein nichtwässriges Medium in Frage.



Lithium-Ionenbatterie mit metallischem Lithium als Anode

Das Ergebnis der sehr komplexen Entwicklung war eine Batterie mit metallischem Lithium als Anode (Minuspol) und Lithiumhexafluorophosphat (LiPF₆) als Elektrolyt in Propylencarbonat als nichtwässrigem Lösungsmittel. **Stanley Whittingham** konnte zeigen, dass Titandisulfid (TiS₂) als Kathode (Pluspol) gut geeignet ist. Titandisulfid enthält schichtweise angeordnete Titandisulfid-Moleküle, zwischen denen positiv geladene Lithium-Ionen eingelagert (Interkalation) werden können, ohne die Gitterstruktur des Titandisulfids zu zerstören. Auf der Basis dieser Ergebnisse wurden bei Exxon große Zellen mit bis zu 45Wh entwickelt. Diese verwendeten Lithium als Anode, Titandisulfid als Kathode und am Ende der Entwicklung Tetramethylborat als Elektrolyten.

Ein Problem mit dem reaktiven Metall Lithium konnte allerdings nicht behoben werden. Bei wiederholten Lade- und Entlade-Zyklen bildeten sich an der Metalloberfläche Dendriten, die die Trennschicht durchdringen und bis zur Gegenelektrode reichen, was zu einem Kurzschluss mit potenzieller Brandgefahr führte. Die Lösung dieses Problems erwies sich als so schwierig, dass die weitere kom-



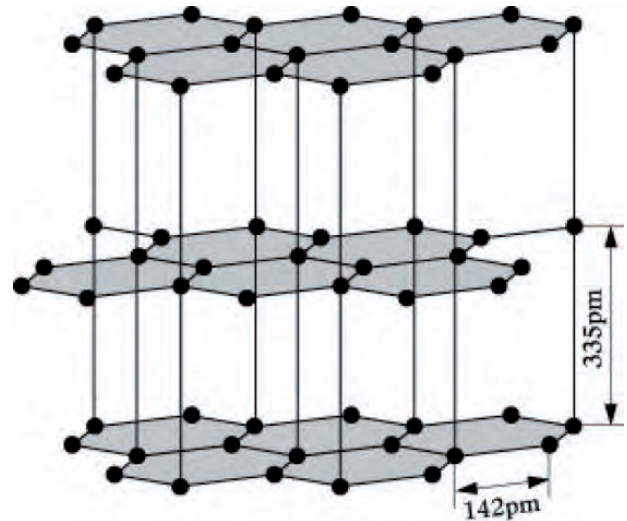
merzielle Entwicklung dieser Batterien im Wesentlichen zum Erliegen kam.

Die weitere Entwicklung führte dann zu einem Zellentyp, bei der sowohl die Anode als auch die Kathode Elektronen aufnehmen kann (Ionen-Transferzellen-Konfiguration). Für die Kathode hatte man ja mit Titandisulfid ein Material in das Lithium-Ionen interkalieren können und das Elektronen aufnehmen kann.

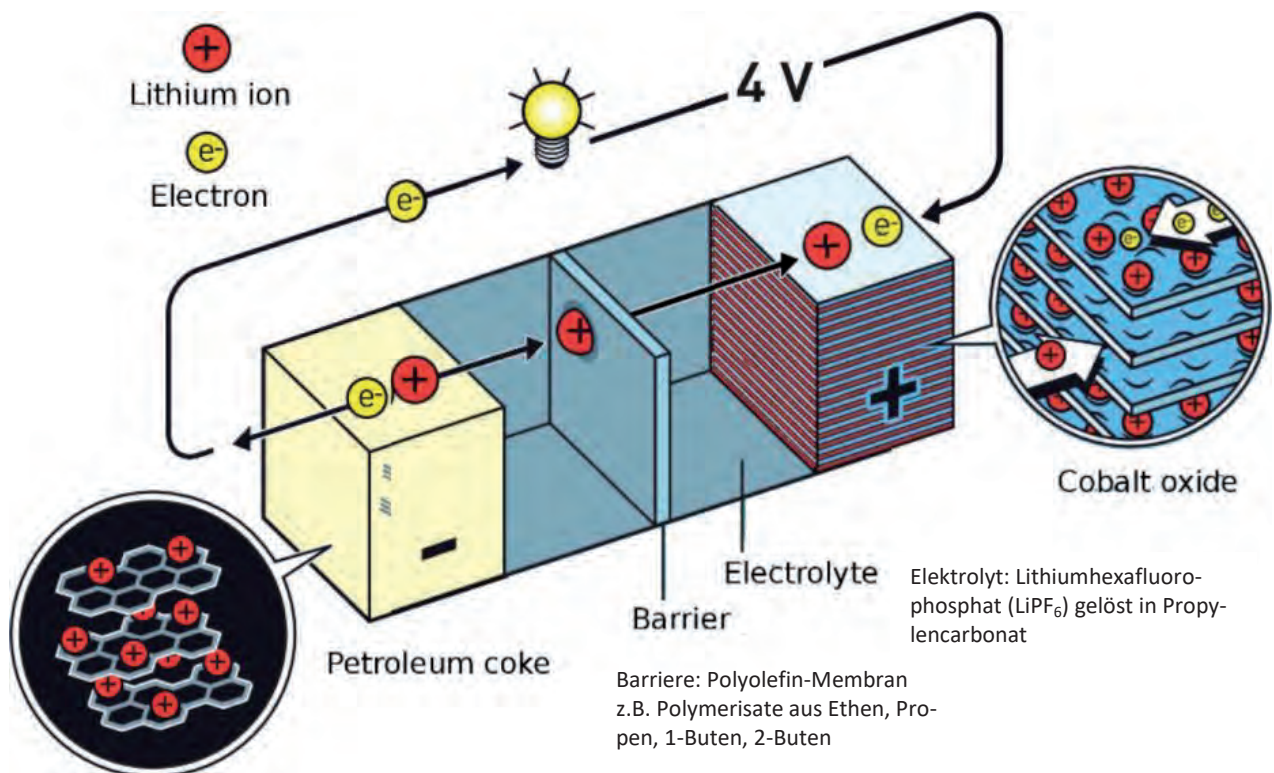
Für die Anode erschien Graphit besonders attraktiv, da die Kohlenstoffatome Schichten von Sechsecken bilden, zwischen denen Lithium-Ionen eingelagert werden können. Einem Lithium-Ion werden mindestens sechs Kohlenstoffatome zugeordnet. Allerdings führte die Interkalation von Lithium-Ionen unter bestimmten Umständen zur Zerstörung der Elektroden. 1985 fand **Akira Yoshino** bei der Asahi Kasei Corporation speziell behandelten Petrolkoks, in das effektiv und wiederholt Lithium-Ionen eingelagert werden konnte.

In der Entwicklung von Kathodenmaterialien gelang etwa um 1980 der Gruppe um **John B.**

Goodenough ein Durchbruch als diese Kobaltdioxid (CoO_2) als geeignetes Kathodenmaterial entdeckten. Im Gitter von Kobaltoxid gibt es ebenso wie im Titandisulfid Schichten, zwischen denen Lithium-Ionen ohne dramatische Gitterausdehnung eingelagert werden können. Das Kathodenmaterial besteht also aus LiCoO_2 , wobei das Lithium-Ion im Kobaltoxid-Gitter hinreichend mobil ist. Einer Elementarzelle aus einem Cobalt-Ion (Co^{3+}) und zwei Sauerstoff-Ionen (O^{2-}) kann ein Lithium-Ion (Li^+) zugeordnet werden.



Kristallstruktur des hexagonalen Graphits [10]



Lithium-Ionen-Akkumulator mit allen Komponenten (modifiziert mit Abbildungen aus [1])

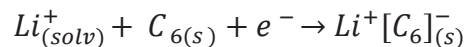
Ladung und Entladung des Lithium Ionen Akkus

Im entladenden, neutralen Zustand besteht eine Elektrode im Wesentlichen aus modifiziertem Graphit und die andere Elektrode aus Lithium-Cobaltoxid.

Aufladen:

Zum Aufladen des Lithium-Ionen-Akkus wird die Graphit-Elektrode mit dem Minuspol einer Gleichspannungsquelle verbunden und die Lithium-Cobaltoxid-Elektrode mit dem Pluspol.

Am negativen Pol werden Lithium-Ionen des gelösten Lithiumhexafluorophosphats (LiPF_6) in das Graphitgitter der negativen Elektrode eingelagert (Interkalation). Dies kann durch folgende Gleichung beschrieben werden:



Im statistischen Mittel werden jeweils einem Lithium-Ion sechs Kohlenstoff-Atome zugeordnet. Die elektrische Ladung ist über die Kohlenstoffatome delokalisiert. Dies ist im Prinzip eine Reduktion.

Am positiven Pol werden Elektronen vom dreifach positiv geladenen Cobalt-Ion abgezogen, so dass ein vierfach positiv geladenes Cobalt-Ion entsteht. Dies ist eine Oxidation

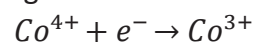


Die Lithium-Ionen wandern durch den Elektrolyten und die Barriere, eine semipermeable Membran, zur Graphit Elektrode und werden dort eingelagert. Lithium-Ionen (Li^+) dienen während des Aufladens als Ladungsträger. Sie nehmen aber am negativen Pol keine Elektronen (e^-) auf und werden damit nicht zu neutralen Lithium-Atomen reduziert.

Entladen:

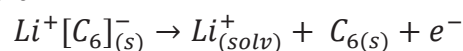
Beim Entladen verlaufen die Prozesse im Prinzip umgekehrt zum Ladevorgang.

Verbindet man den negativen Pol – die Graphit-Elektrode – über einen Verbraucher - eine Lampe, einen Motor u.ä. – mit dem positiven Pol – die Cobaltoxid-Elektrode -, dann wandern Elektronen von der Graphit Elektrode zur Cobalt-Elektrode. Es fließt ein elektrischer Strom. Das Elektron wird vom vierfach geladenen Cobalt-Ion aufgenommen (Reduktion).



Das liegt schlicht und einfach daran, dass vierfach geladene Cobalt-Ionen ein stark positives Redoxpotenzial haben, nämlich je nach pH-Wert zwischen +1,2 Volt (neutrales Medium) und +0,83 Volt (alkalisches Medium). Dies bedeutet diese Ionen nehmen gerne Elektronen auf. Das Redoxpotenzial für Lithium liegt dagegen bei -3,045 Volt. Lithium-Atome geben also gerne Elektronen ab.

Gleichzeitig wandern Lithium-Ionen von der Graphit-Elektrode zur Cobaltoxid-Elektrode und werden dort wieder interkaliert.



Quellenangaben und Literaturhinweise

- [1] Dieser Bericht basiert auf dem Bericht der Royal Swedish Academy of Science über den Nobelpreis in Chemie 2019 „Scientific Background on the Nobel Prize in Chemistry 2019“ . Bilder, für die kein gesonderter Bildnachweis angegeben wurde, stammen aus diesem Bericht. <https://www.nobelprize.org/uploads/2019/10/advanced-chemistryprize2019-2.pdf>
- [2] Bildnachweis John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham, Akira Yoshino: Nobel Media, A. Mahmoud; <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/summary/>
- [3] Daniell – Element: Chemieseiten von Ulrich Helmich <https://www.u-helmich.de/che/Q1/inhaltsfeld-3-ec/2-GalvanischeZellen/seiteEC-2-3.html>
- [4] Bildnachweis: John Frederic Daniell https://de.wikipedia.org/wiki/John_Frederic_Daniell
- [5] Blei – Akkumulator: Chemieseiten von Ulrich Helmich <https://www.u-helmich.de/che/Q1/inhaltsfeld-3-ec/62-Akkus/seiteEC-62-Blei.html>
- [6] Bildnachweis: Wilhelm Josef Sinsteden https://de.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Josef_Sinsteden
- [7] Bildnachweis: Blei –Akkumulator aufladen <http://w3.restena.lu/ddnuc/Haus/zimmer/garage/bleiakku/aufldung.htm>
- [8] Bildnachweis: Blei –Akkumulator entladen <http://w3.restena.lu/ddnuc/Haus/zimmer/garage/bleiakku/entldung.htm>
- [9] Bildnachweis: Redoxreihe der Metalle <https://www.u-helmich.de/che/Q1/inhaltsfeld-3-ec/2-GalvanischeZellen/seiteEC-2-4.html>
- [10] Bildnachweis: Kristallstruktur des hexagonalen Graphits <https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/graphitstruktur/3858>

Für weitere Informationen zur Elektrochemie sind folgende Chemiebücher für Interessierte, nicht nur Chemiker, geeignet:

- G. Baars, H. R. Christen, **Chemie**, HEP Verlag, Bern 2008; ISBN: 978-3-03905-393-3
- Andrew Burrows, John Holman, Andrew. Parsons, Gwen Pilling, Gareth. Price, **Chemistry**³, Oxford University Press, New York 2017, ISBN: 9780198733805

Nobelpreis für Physik 2020 – Schwarze Löcher

Uwe Spiekermann

Der Nobelpreis für Physik 2020 geht zur Hälfte an den britischen Mathematiker und theoretischen Physiker **Roger Penrose** (Oxford) und zur anderen Hälfte an die amerikanische Astrophysikerin **Andrea Ghez** (Los Angeles) und den deutschen Astrophysiker Reinhard Genzel (Garching).



Abb. 1a: Roger Penrose



Abb. 1b: Andrea Ghez



Abb. 1c: Reinhard Genzel

Der Preis würdigt die theoretische Erforschung **Schwarzer Löcher** und den Nachweis eines solchen Giganten im Zentrum der Milchstraße. Dabei geht es wie bereits bei den Preisträgern 2019, dem Amerikaner **James Peebles** und den beiden Schweizern **Michael Mayor** und **Didier Queloz**, als es um die Entwicklung des Kosmos und die Entdeckung von Exoplaneten ging, um kosmische Fragen.

Die Geschichte der Erforschung Schwarzer Löcher geht zurück auf **Albert Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie** (ART) von 1915. Die ART führt die Gravitation auf das geometrische Phänomen der **gekrümmten Raumzeit** zurück.

Mit seinen Feldgleichungen zur ART erschütterte Einstein die Vorstellung, Raum und Zeit seien unbeeinflussbar. Sie gehören untrennbar als vier-dimensionale Raumzeit zusammen und werden durch das beeinflusst, was sich in ihnen abspielt.

Massen und Energien krümmen die Raumzeit. Gravitation heißt, dass andere Massen dieser Krümmung folgen.

Schon 1916 veröffentlichte der deutsche Astronom **Karl Schwarzschild** eine erste Lösung der Einstein'schen Feldgleichungen. Bei einem bestimmten Radius divergiert sie, wird unendlich, eine Singularität tritt auf.

Heute weiß man, dass der Radius an dieser Stelle, wenn die Masse nur groß genug ist, den Horizont eines Schwarzen Lochs beschreibt, den **Schwarzschild-Radius**, ab dem sich nichts mehr der Gravitation der extrem kompakten Masse entgegensetzen, ab dem nichts mehr von innen nach außen dringen kann.

Karl Schwarzschild berechnete den Schwarzschildradius zu $R = 2Gm/c^2$, wobei G die Gravitationskonstante, m die Masse eines vollständig kollabierten Sterns und c die Lichtgeschwindigkeit ist.

Beispiele: Sonne $R = 3 \text{ km}$ Erde $R = 0,9 \text{ cm}$

1930 entdeckt der amerikanische Astrophysiker **Chandrasekhar** die Grenzmasse für die Entstehung **Weißer Zwerge** (möglicher Endzustand in der Entwicklung eines Sterns, wenn die Kernenergiequellen erschöpft sind, z. B. Sirius B). Ein Stern mit mehr als 1,4 Sonnenmassen wird in der Endphase zu einem **Neutronenstern**.

Ein massereicher Stern wird am Ende seines Lebens nach Einstellen der thermonuklearen Prozesse instabil, sein Eisenkern kollabiert, wobei mit der Dichte die Energie der Gaspartikel ansteigt. Freie Elektronen können dadurch in die Atomkerne eindringen, dort mit Protonen

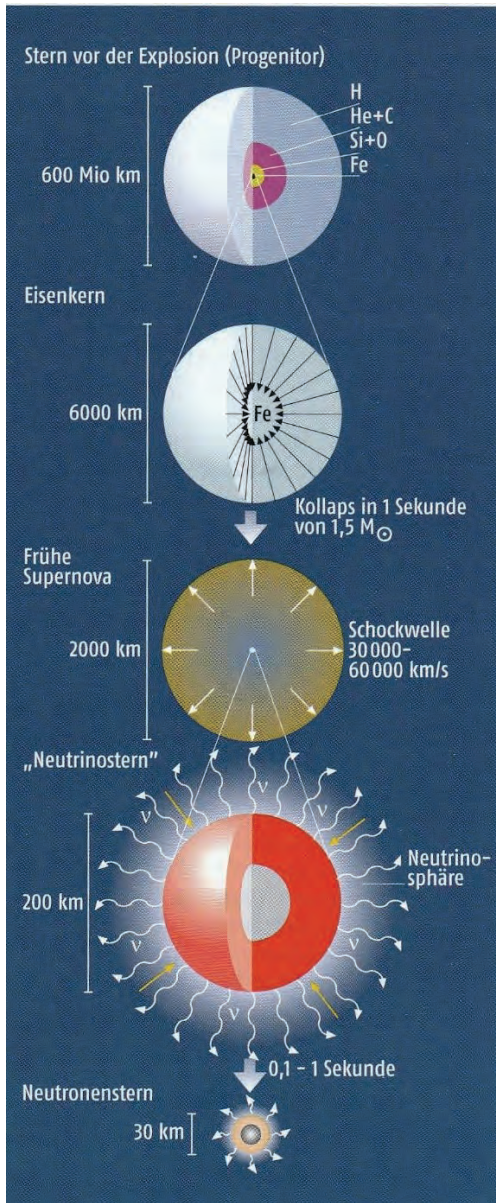


Abb. 2: Entwicklung eines Sterns zu einem zu einem Neutronenstern

reagieren und sie in Neutronen umwandeln, wobei jede Umwandlung mit dem Ausstoß eines Neutrinos verbunden ist. (s. Abb. 2)

1939 prognostizierte der Physiker **Robert Oppenheimer** die Existenz Schwarzer Löcher aus Erwägungen zur Entwicklungsgeschichte der Sterne. Nach Oppenheimer wird dieses Endstadium als Neutronenstern nur erreicht, wenn die Massengrenze von 3,2 Sonnenmassen nicht überschritten wird. Ist ein Stern massereicher, entsteht ein Schwarzes Loch.

Anfang der sechziger Jahre gab es erste Hinweise, dass es im Kosmos tatsächlich Objekte geben könnte, die der theoretischen Beschreibung eines Schwarzen Lochs entsprechen. Bestimmte ferne Galaxien, sogenannte **Quasare** (**Quasi-Stellar Radio Source**, „sternähnliche Radioquelle“) strahlen in ihrem Zentrum tausendmal so hell wie die gesamte Milchstraße, was nur durch eine extreme Massenkonzentration erklärt werden konnte. Die Beobachtung gab den Theoretikern neuen Aufwind. In den sechziger Jahren gelang es **Roger Penrose** zusammen mit anderen mit Hilfe der Mathematik zu zeigen, dass das Auftreten von Singularitäten eine reale Eigenschaft der Raumzeit darstellt.

Eine grundlegende Erkenntnis der Kosmologie geht auf **Roger Penrose** und **Stephen Hawking** zurück, der **Satz von Hawking-Penrose**, nach dem in den Einsteinschen Feldgleichungen notwendige Lösungen mit Singularitäten (z. B. Urknall oder Schwarze Löcher) existieren. Nach Penrose sind Singularitäten aber immer durch Ereignishorizonte abgeschirmt. Nackte Singularitäten kommen nicht vor. So wenig wie man sich in der Zeit rückwärts bewegen kann, ist es möglich, aus einem Schwarzen Loch zu entkommen.

Schwarze Löcher konnten daraufhin zum Verständnis der Quasare dienen. Die Materie, die sich in großen Scheiben in das Zentrum der Galaxien in das sich dort befindende Schwarze Loch hinein bewegt, wird aufgeheizt und erzeugt so eine gigantische Leuchtkraft.

Bis zur Jahrtausendwende fehlte ein empirischer Beweis für die Existenz Schwarzer Löcher. Den konnten auf indirektem Weg erst Andrea Ghez und Reinhard Genzel mit ihren Mitarbeitern liefern. Dafür richteten sie ihre Teleskope auf das Zentrum der Milchstraße, eine dicht von Sternen, Gas- und Staubwolken besiedelte und damit unübersichtliche Region mit der zentralen Radioquelle **Sagittarius A*** in etwa 26 000 Lichtjahren Entfernung. Ein Objekt mit mehreren Millionen Sonnenmassen im Zentrum müsste Sterne in seiner Nähe eigentlich stark beschleunigen. Aus der Bewegung der Sterne um das Galaktische Zentrum sollte die dortige Massenverteilung abgeleitet und damit die Frage beantwortet werden, welche Art von Objekt sich dort befindet. Diese Strategie erfordert für die Wiedergabe der Sternbewegungen höchste Präzision und lange Beobachtungszeiten, was nur Teleskope am Erdboden leisten können, die dabei jedoch von Bewegungen in der Erdatmosphäre gestört werden.

Ghez und Genzel entwickelten Lösungen für die Probleme wie Lichtdetektoren, die Strahlung im Nahinfrarot auffangen, welche interstellare Staubwolken einigermaßen gut durchdringen kann. Zudem entwickelten sie Methoden, mit denen sich die Luftunruhe in der Atmosphäre korrigieren lässt, die sogenannte **adaptive Optik**.

Das Team Ghez nutzte dafür das Keck-Observatorium auf Hawaii, Genzels Team die Europäische Südsternwarte in Chile und richteten über drei Jahrzehnte hinweg ihre Teleskope auf das galaktische Zentrum.

Die Ergebnisse beider Gruppen stimmten schließlich überein. Insbesondere die Bewegung des Sterns S2, der in knapp 16 Jahren das Zentrum der Milchstraße umkreist, lieferte den Nachweis, dass sich dort ein Schwarzes Loch mit einer Masse von 4 Millionen Sonnenmassen befindet. Dieses Resultat wurde seitdem vielfach bestätigt.

Entdecken können wir Schwarze Löcher allein aufgrund ihrer gravitativen Beeinflussung der sie umgebenden Materie und Strahlung im Röntgenbereich.

Einen weiteren indirekten Beweis für Schwarze Löcher lieferten z. B. die Messungen des **Gravitationswellendetektors LIGO**. Dabei konnten die Forscher 2015 zwei massereiche Objekte von 31 und 19 Sonnenmassen beobachten, die miteinander verschmolzen.

Werden riesige Massen, wie die von Schwarzen Löchern und Neutronensternen, beschleunigt, versetzt das die Raumzeit so stark in Schwingung, dass das Gravitationswellenecho noch in großer Entfernung nachweisbar ist.

Bei der Kollision der beiden Schwarzen Löcher im September 2015 wandelte sich das Energieäquivalent von drei Sonnenmassen in Raumzeitschwingungen um, die sich im Weltall ausbreiteten.

Alles, was die Gravitationswellen passieren, wird binnen einiger Millisekunden einige Male in einer Richtung gedehnt und in einer anderen zusammengedrückt. Ohne spezielle Messgeräte bekommen wir davon nichts mit. Selbst starke Gravitationswellen verformen das Weltall nur minimal. Einer der 4 km langen Arme des LIGO-Observatoriums wird z. B. lediglich um den 10^{-21} -ten Teil gestaucht.

Nachweisen lässt sich die Veränderung mit einer Abwandlung des sogenannten Michelson-Interferometers. Das L-förmige Gerät besteht aus zwei zueinander rechtwinklig angeordneten Armen, an dessen Ende verstellbare Spiegel installiert sind.

Bei einer Messung werden vom Schnittpunkt der Arme zeitgleich zwei Laserstrahlen auf die Spiegel gesandt und nach ihrer Reflexion am Ausgangspunkt wieder zusammengeführt. Das Interferometer wird so eingestellt, dass sich die beiden Teilstrahlen gerade auslöschen. Durchquert eine Gravitationswelle das Interferometer, ändern sich die Längen der Interferometerarme. Das ruft eine Phasenverschiebung der beiden Teilwellen des Laserlichts hervor und deren Interferenz ändert die Intensität des gemessenen Lichts.

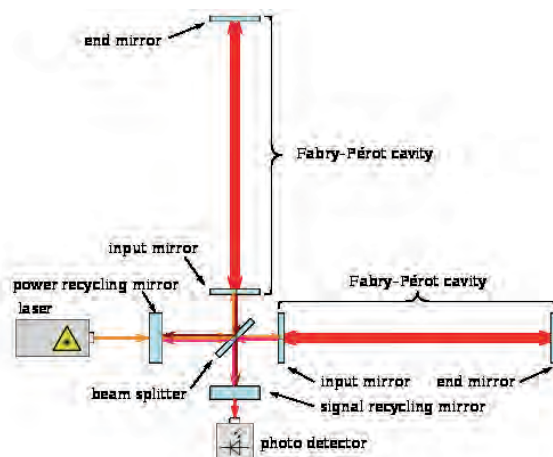


Abb. 3: Vereinfachter Aufbau des LIGO

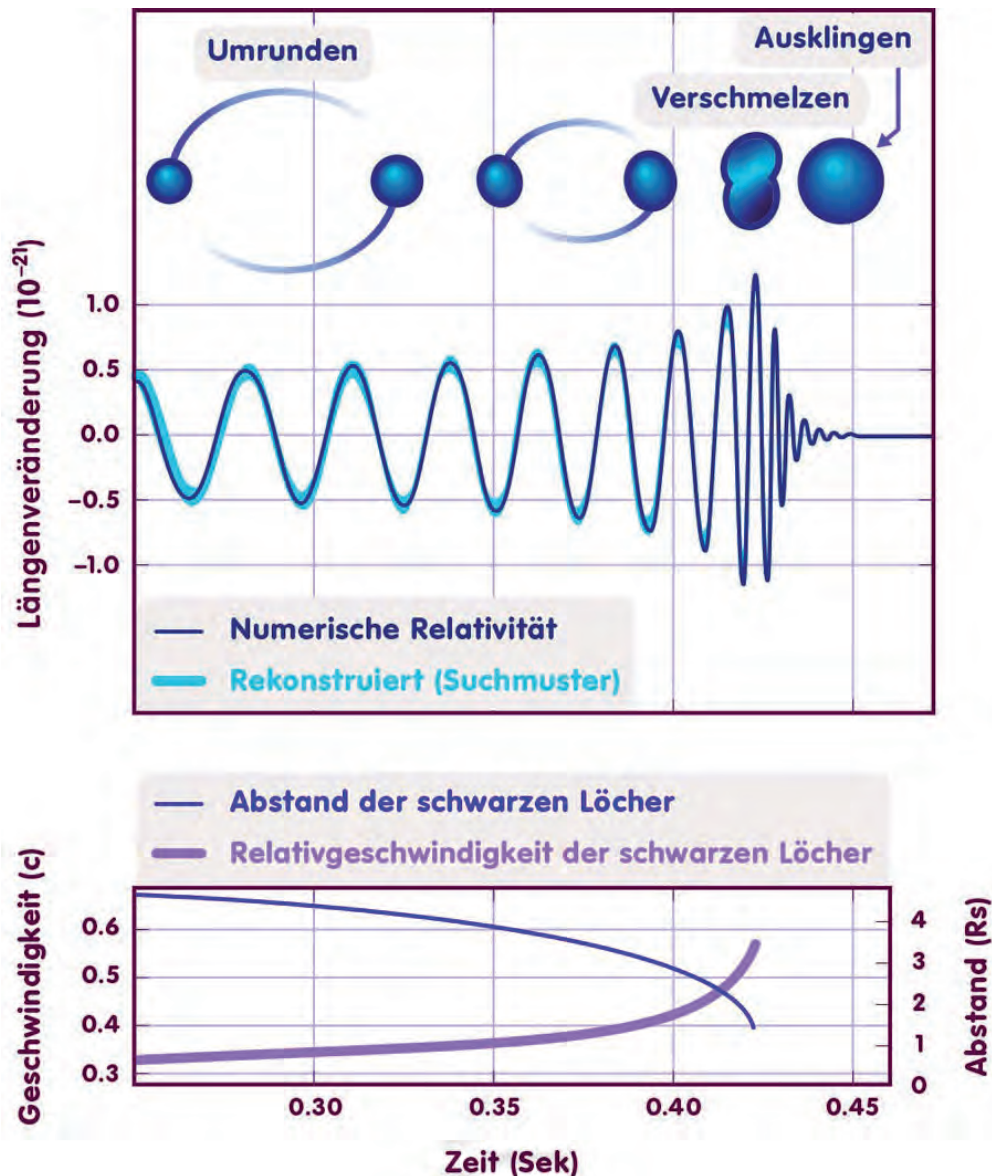


Abb. 4: Vergleich der Messdaten des Ablaufs der Verschmelzung der beiden Schwarzen Löcher mit einer mit Hilfe von Einsteins Feldgleichungen berechneten Kurve

2017 ging der Nobelpreis für Physik an **Rainer Weiss**, **Barry C. Barish** und **Kip Thorne**. Sie waren entscheidend daran beteiligt, dass Gravitationswellen 2015 entdeckt werden konnten, 100 Jahre nachdem Einstein sie vorhergesagt hatte.

Dass sich Schwarze Löcher im Zentrum von Galaxien verbergen, hat kürzlich das **Event Horizon Telescope** gezeigt, ein Zusammenschluss von acht über den Globus verteilten Radioobservatorien an Standorten in Spanien, Chile, Mexiko, den USA und am Südpol. Es erreicht eine deutlich bessere Auflösung als optische Teleskope.

Der Teleskopverbund wurde 2017 auf das extrem massereiche Schwarze Loch im Zentrum der rund 50 Millionen Lichtjahre entfernten Galaxie M87 gerichtet.

Zwei Jahre später konnte nach Auswertung von 3000 Gigabyte Daten das erste Bild eines supermassereichen Schwarzen Lochs mit seinem Schatten gezeigt werden. Das Exemplar ist mit rund 6,5 Milliarden Sonnenmassen deutlich massereicher als Sagittarius A* im Herzen unserer Milchstraße.

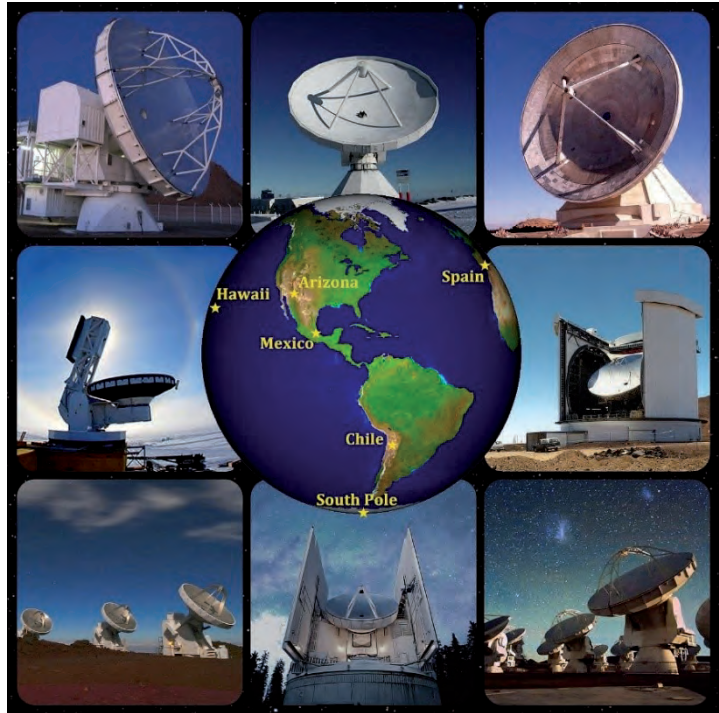


Abb. 5: Die einzelnen Teleskope des EHT



Abb. 6: Das erste Bild eines Schwarzen Lochs

Quellennachweis für die Bilder

Bilder 1a, 1b, 1c: dpa

Bild 2: Hans-Ulrich Keller: Kompendium der Astronomie; Kosmos Verlag 2016

Bild 3: Wikipedia: LIGO Gravitationswellen Observatorium

Bild 4: LIGO.caltech.edu

Bild 5: APEX, IRAM, Narayanan, McMahon, JCMT/JAC, Hostler, Harvey, ESO/Malin

Bild 6: EHT Collaboration

Literaturhinweise

Der Brockhaus: Astronomie; F.A.Brockhaus Verlag 2006

Sterne und Weltraum 12/2020; Spektrum Verlag

Astronomie-Newsletter vom 6.10.2020; Spektrum Verlag

Astronomie-Newsletter vom 3.10.2017; Spektrum Verlag

Sibylle Anderl: Physik-Nobelpreis 2020 vom 6.10.2020; Bayrischer Rundfunk

Nobelpreis für Chemie 2020 - Die Genschere CRISPR/Cas9

Wolfgang Czieslik, Einhard Schierenberg

Der Nobelpreis für Chemie wurde 2020 an Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna für die Entdeckung verliehen, dass das natürliche bakterielle Viren-Abwehrsystem CRISPR/Cas9 als universelle Genschere verwendet werden kann. Diese Entdeckung ist in Bezug auf seine anwendungstechnischen Möglichkeiten vielleicht der bedeutendste wissenschaftliche Durchbruch des 21. Jahrhunderts. Der CRISPR/Cas9-Mechanismus erlaubt es nämlich, das Erbgut eines beliebigen Organismus gezielt an ausgewählten Stellen in gewünschter Weise zu verändern. [1], [2], [3]



Abb. 1: Emmanuelle Marie Charpentier

(* 11. Dezember 1968 in Juvisy-sur-Orge, Frankreich) Charpentier studierte ab 1986 Biologie, Mikrobiologie und Genetik an der Universität Pierre und Marie Curie in Paris, wo sie 1995 für ihre Forschungsarbeiten am Institut Pasteur einen Ph.D. in Mikrobiologie erwarb. 2002 wechselte sie an die Max F. Perutz Laboratories der Universität Wien und ging 2009 an die Universität Umeå in Schweden. Von 2013 bis 2015 war sie Professorin an der Medizinischen Hochschule Hannover und leitete die Abteilung „Regulation in Infection Biology“ am Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, Braunschweig. 2015 folgte Charpentier dem Ruf zur Direktorin der Abteilung „Regulation in der Infektionsbiologie“ am Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie in Berlin und ist seit 2018 Gründungsdirektorin der Max-Planck-Forschungsstelle für die Wissenschaft der Pathogene. [4]



Abb. 2: Jennifer A. Doudna Cate

(* 19. Februar 1964 in Washington, D.C.). Sie erwarb 1985 einen Bachelor am Pomona College, Claremont, CA, in Chemie und 1989 einen PhD an der Harvard University. 1994 erhielt sie eine erste Professur an der Yale University. 2000/2001 war sie Gastprofessorin an der Harvard University, bevor sie 2003 an die University of California, Berkeley wechselte. [5]

Was ist CRISPR/Cas und wie funktioniert es?

Viele Bakterien besitzen ein sehr effektives System, mit dem sie eindringende Viren unschädlich machen können. Ein Virus selbst ist zu keinen Stoffwechselfvorgängen fähig und benötigt daher zur Fortpflanzung Wirtszellen. Bakteriophagen, das sind Viren, die Bakterien als Wirtszellen verwenden, heften sich an die Außenwand des Bakteriums und schleusen ihre DNA bzw. Ihre RNA in die Bakterienzelle ein. Viele Bakterien besitzen andererseits in ihrem Erbgut sich wiederholende Sequenzen (Repeats, 22-47 Basenpaare), die als „clustered regularly interspaced palindromic repeats“ (gehäuft auftretende, regelmäßig unterbrochene, kurze Palindrom-Wiederholungen), kurz CRISPR, bezeichnet werden. (Abb. 3)

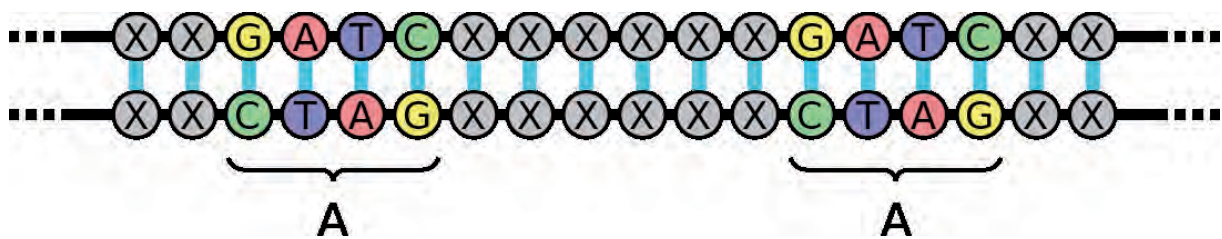


Abb. 3: Vereinfachte Darstellung einer Repeat-Sequenz mit Palindrom-Sequenzen:

Die mit A bezeichnete Sequenz des oberen DNA-Strangs entspricht der Sequenz des unteren Strangs allerdings in gegenläufiger Abfolge. Zwischen den Palindrom-Sequenzen befinden sich in der Regel nicht palindromische Sequenzen, hier mit X gekennzeichnet. Verändert nach [6]

Zwischen den Repeats befinden sich variable Abschnitte (Spacer, 17 - 20 Basenpaare), die beispielsweise aus dem Erbgut von Viren stammen, die früher in die Bakterienzellen eingedrungen sind. Mit Hilfe dieser Spacer kann das Bakterium das Virus erkennen, wenn dieses erneut an das Bakterium andockt und seine DNA einschleust. In der Nähe der CRISPR-Blöcke befindet sich eine DNA-Sequenz, die den Bauplan für eine Nuclease, in diesem Fall Cas9, enthält. Cas9 ist ein Enzym, das in dem Zucker-Phosphat-Gerüst der DNA die Auftrennung der Bindung zwischen dem Phosphat-Rest und dem Zucker (Desoxyribose) katalysiert. Somit kann Cas9 als DNA - Schere bezeichnet werden.

Bei einem Virenangriff auf das Bakterium wird zunächst die Information der doppelsträngigen CRISPR-DNA auf in eine einzelsträngige crRNA (CRISPR-RNA) übertragen und so die zur CRISPR-DNA passende crRNA aus den entsprechenden Bausteinen synthetisiert (Transkription). Die einsträngige crRNA besteht also aus sich wiederholenden konstanten palindromischen Sequenzen (Repeats), zwischen denen sich variable Sequenzen aus Viren-Erbgut befinden.

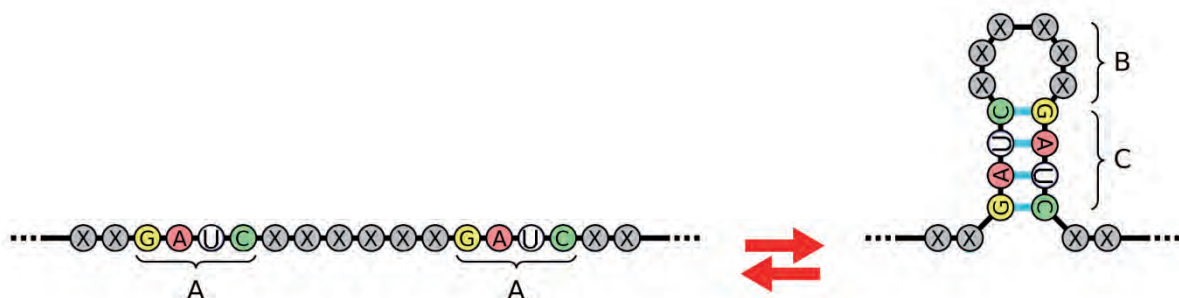


Abb. 4: Vereinfachte Darstellung der Bildung einer stabilen Haarnadelstruktur(C) aufgrund von zwei palindromischen Sequenzen (A) in einem RNA-Strang. Verändert nach [6]

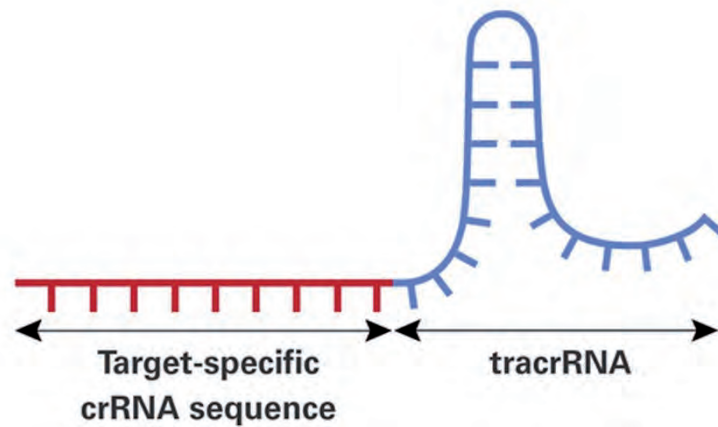


Abb. 5: Vereinfachte Darstellung der crRNA mit der virenspezifischen RNA-Sequenz und der palindromischen Sequenz (tracr RNA; „transacting Crispr RNA“) [7]

Die crRNA wird nun in kürzere RNA-Abschnitte zerlegt, die aus einem virenspezifischen Spacer und den Repeats bestehen. Die palindromischen Sequenzen (A) in der einsträngigen RNA können entsprechend den Regeln der Basenpaarung den Stamm (C) einer stabilen Haarnadelstruktur bilden (Abb. 4 und 5). Diese Struktur wird für die tracrRNA („transacting Crispr RNA“) verwendet, die die crRNA an die Nuclease (Cas9) andocken und diese dann mit Hilfe der virenspezifischen RNA-Sequenz (target specific crRNA sequence) zu der passenden DNA-Sequenz des eingedrungenen Virus führen kann. An dieser Stelle ist Cas9 nun in der Lage die Viren-DNA zu schneiden und damit unschädlich zu machen. Damit der Komplex aus tracrRNA, crRNA und Cas9 die zu zu schneidende Virus-DNA erkennen kann, muss er diese erst einmal finden. Dazu dient die Sequenz XGG, wobei X jedes beliebige Nukleotid sein kann und G ist das Nukleotid mit der Base Guanin. Erst wenn Cas9 auf eine Sequenz dieser Art, die als PAM-Motiv (proto-spacer adjacent motif) bezeichnete wird, in der Virus-DNA trifft dockt es an diese an und entspiralisiert die Doppelhelix der Viren-DNA. Mit der crRNA wird nun überprüft, ob sich die Ziel-DNA in der Nähe befindet. Ist dies nicht der Fall, wandert der CRISP/Cas9-Komplex weiter bis der passende Abschnitt gefunden ist und die Viren-DNA dann an dieser Stelle geschnitten wird. (Abb. 6).

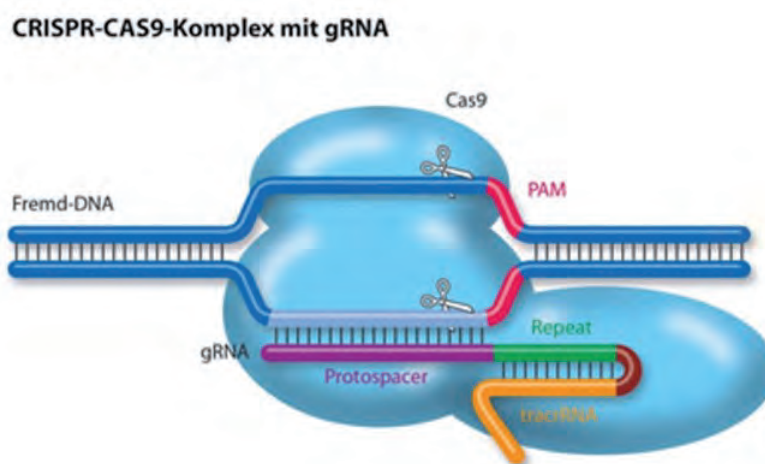


Abb.6: Der CRISPR-Cas9-Komplex besteht aus drei Komponenten: Die CRISPR-RNA (crRNA, hier als gRNA guideRNA bezeichnet) erkennt mit ihrem von einer früheren Virusattacke stammenden Spacer-Bereich (hier als „Protospacer“ bezeichnet) einen passenden Abschnitt auf einer Fremd-DNA. Zusammen mit der tracr-RNA bildet sie eine besonders stabile Haarnadel-förmige Struktur aus. Das Cas9-Enzym kann dann die beiden DNA-Stränge durchtrennen, allerdings muss in unmittelbarer Nähe ein weiterer kurzer Erkennungsabschnitt liegen (PAM). [8] © MPG/ Art for Science

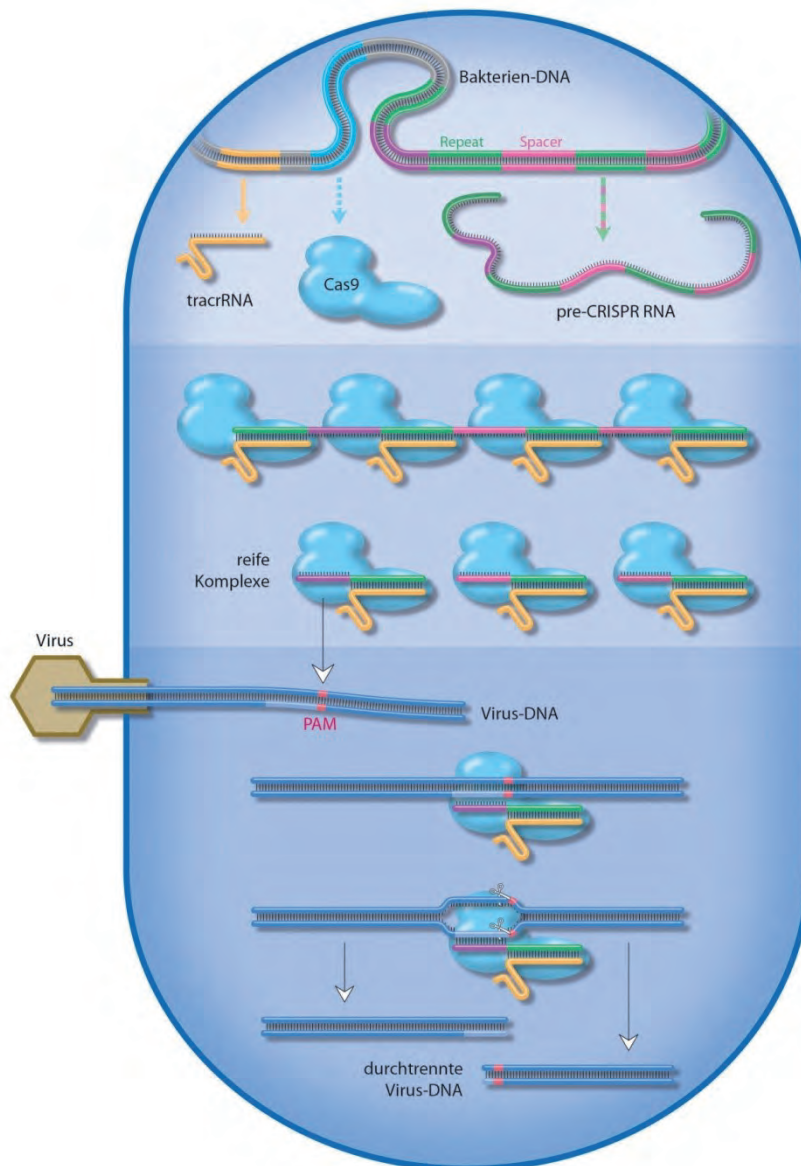


Abb. 7: Immunsystem eines Bakteriums: Befällt ein Virus eine Bakterienzelle werden Teile seines Erbguts in die CRISPR-Region (Repeats) des Bakteriengenoms als sogenannte Spacer eingebaut. Das davon abgelesene RNA-Molekül (pre-CRISPR-RNA) durchläuft mehrere Veränderungen, bevor es zusammen mit der tracr-RNA und dem Cas-Enzym aktiv werden kann. Bei einer erneuten Infektion mit dem Virus erkennt die CRISPR-RNA das Erbgut des Erregers wieder und führt das Enzym zu einer passenden Schnittstelle. Der Virus wird dadurch unschädlich gemacht. [9]
© MPG/ Art for Science

Nachweis von SARS-CoV-2 mit einem CRISPR-Cas-System

Der Goldstandard für den Nachweis von Corona-Viren wie SARS-CoV-2 ist der PCR-Test (polymerase chain reaction). Hierbei reicht eine winzige Menge des viralen Erbmaterials aus, das um das 100.000-fache oder mehr vervielfältigt und dann nachgewiesen wird. Dies ist auch die Methode, mit der in der Kriminaltechnik kleinste Spuren von DNA potenzieller Täter identifiziert werden.

Dieser Nachweis kann nur in einem gut ausgestatteten Labor, das über die notwendigen Automaten verfügt, durchgeführt werden.

Bei einem im Januar 2021 neu beschriebenen Verfahren [10] wird ein CRISPR/Cas-Komplex für den Nachweis von Viren-RNA, z.B. von SARS-CoV-2, verwendet. Allerdings wird hierbei nicht das Enzym Cas9 sondern das verwandte Cas13 verwendet.

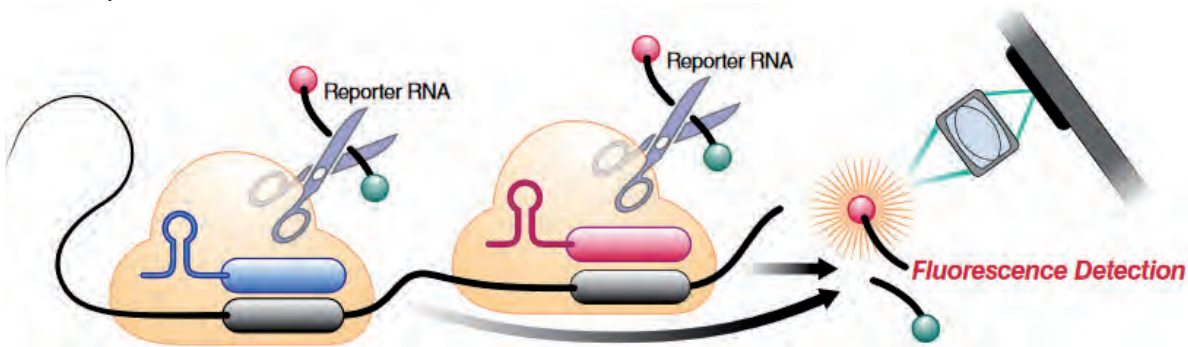


Abb. 8: Nachweis von SARS-CoV-2 mit einem CRISPR-Cas-System [10]

Zwei CRISPR/Cas13-Komplexe mit jeweils einer kleinen crRNA-Sequenz aus der nachzuweisenden Viren-RNA (blau und violett: crRNA; blass-rosa: Cas13) binden an den passenden Stellen der Viren-RNA (schwarz), falls diese in der Untersuchungsprobe enthalten ist. Zusätzlich bindet Cas13 eine Reporter-RNA, an die eine Fluoreszenzmarkierung gebunden ist, die inaktiv ist solange die Reporter-RNA intakt ist. Wenn der CRISPR/Cas-Komplex allerdings an die Viren-RNA bindet, dann schneidet Cas13 auch die Reporter-RNA und die Probe fluoresziert. Die Fluoreszenz wird stärker wenn mehr als ein CRISPR/Cas-Komplex verwendet wird. Aus der Intensität der Fluoreszenz lässt sich im Gegensatz zur empfindlicheren PCR-Methode die Viruslast des Patienten abschätzen. Weitere Vorteile dieses neuartigen Ansatzes für zukünftige Massentests sind zum einen seine Schnelligkeit - es dauert nur wenige Minuten bis zum Ergebnis - und die Einfachheit der Anwendung ohne teure Spezialgeräte.

Literaturhinweise und Bildnachweise

- [1] <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/popular-information/>
- [2] <https://www.nobelprize.org/uploads/2020/10/advanced-chemistryprize2020.pdf>
- [3] Jennifer A. Doudna, Emmanuelle Charpentier, The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9, SCIENCE sciencemag.org 28 November 2014 • VOL 346 ISSUE 6213
- [4] <https://www.mpg.de/9343753/science-of-pathogens-charpentier>
- [5] <https://www.whatisbiotechnology.org/index.php/people/summary/Doudna>
- [6] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DNA_palindrome.svg
- [7] <https://medium.com/@ahmedmoselhi7/beyond-cas9-expanding-our-genetic-editing-toolkit-e76b230b632c>
- [8] <https://www.mpg.de/11032932/crispr-cas9-mechanismus>
- [9] <https://www.mpg.de/11032886/crispr-cas9-aufgaben>
- [10] Fozouni et al., Amplification-free detection of SARS-CoV-2 with CRISPR-Cas13a and mobile phone microscopy, 2021, Cell184, 323–333, January 21, 2021©2020 Elsevier Inc. <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S0092-8674%2820%2931623-8>

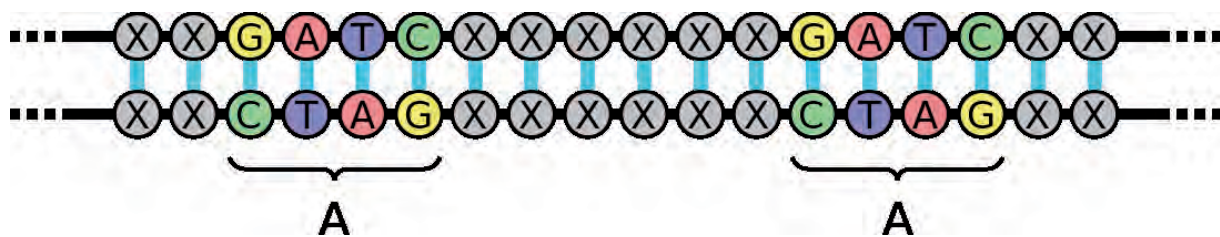
Ein sich wiederholendes Mysterium: Eine kurze Geschichte der Entdeckung des CRISPR/Cas9 -Systems

Bakterien wie beispielsweise *Escherichia coli*, ein Darmbakterium, besitzen ein uraltes System, mit dem sie eindringende Viren bekämpfen. Wir nennen es heute CRISPR/Cas9.

1987 veröffentlichten der japanische Molekularbiologe Yoshizumi Ishino und seine Kollegen von der Universität Osaka in Japan die Sequenz eines Gens namens *iap*, das zu der Darmmikrobe *E. coli* gehört. Um besser zu verstehen, wie das Gen funktionierte, sequenzierten die Wissenschaftler auch einen Teil der es umgebenden DNA. Sie hofften, Stellen zu finden, an denen *iap* an- und ausgeschaltet wird. Doch statt eines Schalters fanden die Wissenschaftler etwas Unverständliches.

In der Nähe des *iap*-Gens lagen fünf identische DNA-Abschnitte, die jeweils aus den gleichen 29 Basen zusammengesetzt waren. Diese Wiederholungssequenzen (Repeat-Sequenzen) wurden durch DNA-Blöcke (Spacer) aus jeweils 32 Basenpaare voneinander getrennt. Im Gegensatz zu den Repeat-Sequenzen hatte jeder der spacer eine einzigartige Sequenz.

Vereinfacht lassen sich die DNA-Blöcke wie folgt darstellen:



Die mit A bezeichnete Sequenz des oberen Strangs entspricht der Sequenz des unteren Strangs allerdings in umgekehrter Reihenfolge. Die A-Blöcke bezeichnet man auch als Palindrome. Zwischen den Palindrom-Sequenzen befinden sich in der Regel nicht palindromische Sequenzen, hier mit X gekennzeichnet.

In der deutschen Sprache sind Palindrome Buchstabenketten, die vorwärts und rückwärts gelesen werden können. Beispiele hierfür sind die Wörter ANNA; REITTIER; REGALLAGER oder auch RELIEFPFEILER. Diese Wörter bestehen jeweils aus zwei Teilen: Der erste Teil (rot) von vorne nach rechts gelesen ergibt das gleiche Wort wie der zweite Teil (grün) von hinten nach links gelesen. In dem Wort RELIEFPFEILER sind die Palindrome durch den Buchstaben P voneinander getrennt.

Dieses eigentümliche genetische Sandwich sah nicht aus wie etwas, das Biologen zuvor gefunden hatten. Als die japanischen Forscher ihre Ergebnisse veröffentlichten, konnten sie nur mit den Achseln zucken. "Die biologische Bedeutung dieser Sequenzen ist nicht bekannt", schrieben sie.

Im Verlauf der 1990er Jahre fand man die beschriebenen genetischen Sandwiches in einer großen Anzahl von Bakterien ohne zu wissen wofür diese Sequenzen bestimmt waren. Im Jahr 2002 bezeichneten der Molekularbiologe Ruud Jansen von der Universität Utrecht und Kollegen diese Sandwiches als "Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats" kurz CRISPR. Jansens Team fand außerdem, dass sich in der Nähe von CRISPR immer eine Ansammlung von Genen befand, die für Enzyme, also Proteine, codierten, die DNA schneiden konnten. Diese Gene wurden Cas-Gene, CRISPR-associated, genannt. Die Bedeutung dieses CRISPR/Cas Systems war aber weiterhin rätselhaft.

Drei Jahre später bemerkten drei Teams von Wissenschaftlern unabhängig voneinander, dass die CRISPR-Spacer der DNA von Viren sehr ähnlich sahen.

Als Eugen Koonin, ein Evolutionsbiologe am National Center for Biotechnology Information in Bethesda, Md., davon erfuhr, dass CRISPR-Spacer Teile der Virus-DNA seien, entwickelte er eine Hypothese wie Mikroben CRISPR als Waffe gegen Viren benutzen: Bakterien verwenden Cas-Enzyme, um sich Fragmente der Virus-DNA zu schnappen, die sie dann in ihre eigenen CRISPR-Sequenzen einfügen. Später, wenn ein anderes Virus auftaucht, können die Bakterien die CRISPR-Sequenz als „Spickzettel“ verwenden, um den Eindringling zu erkennen.

Die Wissenschaftler wussten nicht genug über die Funktion der CRISPR-Sequenzen und Cas-Enzyme, um eine detaillierte Hypothese aufstellen zu können. Aber für den Mikrobiologen Rodolphe Barrangou war Koonins Hypothese interessant genug, um sie zu testen.

Barrangou und seine Kollegen infizierten das milchgärende Bakterium *Streptococcus thermophilus* mit zwei Virusstämmen. Die Viren töteten viele der Bakterien, aber einige überlebten. Als sich diese resistenten Bakterien vermehrten, erwiesen sich auch ihre Nachkommen als resistent. Es waren einige genetische Veränderungen eingetreten. Barrangou und seine Kollegen fanden heraus, dass die Bakterien DNA-Fragmente der beiden Viren in ihre Abstandshalter („Spacer“) gestopft hatten. Als die Wissenschaftler diese heraus schnitten, verloren die Bakterien ihre Resistenz.

Im Jahr 2007, also 20 Jahre nach der Entdeckung der seltsamen Sequenzen, gelang erstmals der Nachweis, dass das CRISPR/Cas9 System eine Art Immunsystem der Bakterien ist. Zu diesem Zeitpunkt kamen die Wissenschaftlerinnen Jennifer Doudna und Emanuelle Charpentier auf eine bahnbrechende Idee: Warum nicht dieses System der Genschere für eigene Zwecke nutzen? Das Prinzip der Gen-Scheren war zwar bereits verwirklicht, und die ersten beiden, genannt [ZFN und TALEN](#), fanden schon rege Anwendung. Gegenüber diesen Genschere hat das System aus CRISPR und Cas9 aber einen großen Vorteil: Es besteht aus zwei Komponenten. Das Protein Cas9 ist als Schneideinstrument universell einsetzbar und RNA-Moleküle, die an Stelle von CRISPR ein gewünschtes Ziel definieren, können schon für wenig Geld bei spezialisierten Firmen bestellt werden.

Eine wichtige Frage blieb noch offen: Funktioniert das bakterielle CRISPR/Cas9 auch in menschlichen Zellen? Anfang 2013 erschienen drei Studien, die dies eindeutig zeigten - mit dabei waren erneut Doudna und Charpentier. Damit war der Damm gebrochen - CRISPR/Cas9 trat seinen Siegeszug durch Labore in aller Welt an.

Quellen

Dieser Text wurde unter Verwendung folgender Artikel erstellt:

- Carl Zimmer, Breakthrough DNA Editor Born of Bacteria
<https://www.quantamagazine.org/crispr-natural-history-in-acteria-20150206/>
- CRISPR/Cas9 - Bakterien und die Manipulation des Erbguts
https://www.wissensschau.de/genom/crispr_forschung_medizin.php

Nobelpreis für Medizin 2020 – Die Entdeckung von Hepatitis C

Einhard Schierenberg

Nobelpreis für Medizin 2020: Die Entdeckung von Hepatitis C



Harvey J. Alter

National Institutes of Health
Bethesda

Michael Houghton

University of Alberta,
Edmonton

Charles M. Rice

Rockefeller University
New York

Hepatitis C – was ist das?

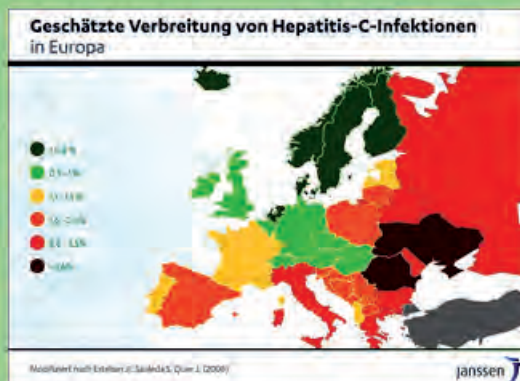
Es gibt drei Hepatitis-Viren: Hepatitis A wird beispielsweise durch belastetes Wasser oder Nahrungsmittel übertragen und heilt meist innerhalb einiger Wochen wieder aus. Hepatitis B und C hingegen werden durch Blut und andere Körperflüssigkeiten übertragen.



Hepatitis C-Virus

Wenn die Erkrankung nicht frühzeitig behandelt wird, wird sie in etwa drei Viertel der Fälle chronisch: Im weiteren Verlauf kann die Hepatitis C zu schweren Leberschädigungen führen: von der Leberzirrhose bis zum Leberkrebs. Anders als bei einigen anderen Viruskrankheiten wie den Masern können sich Betroffene nach einer überstandenen Infektion erneut anstecken. Auch gibt es gegen Hepatitis C – anders als bei Hepatitis A und B – bisher keinen Impfschutz.

Hepatitis C zählt zu den häufigsten viralen Infektionskrankheiten weltweit. Etwa 71 Millionen Menschen – ein Prozent der Weltbevölkerung – waren oder sind mit dem Virus infiziert. In Deutschland wurden 2017 knapp 4.800 Erstinfektionen gemeldet, mit einem tendenziell rückläufigen Trend: 2004 waren es mehr als 9.000 gemeldete Erkrankungen. Männer sind dabei beinahe doppelt so häufig von der Krankheit betroffen wie Frauen.

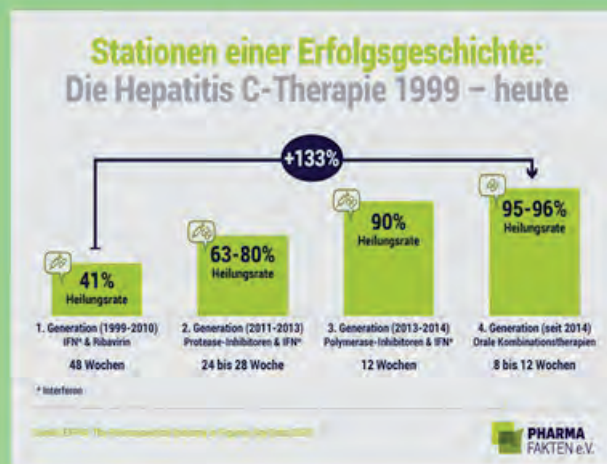


Wie kann man Hepatitis C behandeln?

Anfangs behandelte man die Patienten mit **Interferonen** (körpereigene Hormone), die eher unspezifisch die Vermehrung von Viren blockieren können. Später kombinierte man Interferone mit anderen antiviralen Medikamenten: Die Behandlung war lang, teils mit schweren Nebenwirkungen, und die Heilungschancen bescheiden.

Mit der Einführung von **Protease-Inhibitoren** (verhindern Abbau von Proteinen) im Jahr 2011 und dem ersten **Polymerase-Inhibitor** (verhindert den Zusammenbau von viraler Erbinformation) 2013 konnten die Heilungsraten deutlich nach oben getrieben werden. Aber auch diese Medikamente waren auf eine Kombination mit Interferonen angewiesen.

Heute ist eine Hepatitis C fast immer heilbar. Moderne Hepatitis-C-Medikamente enthalten Substanzen, die die Virusvermehrung effektiv blockieren und somit zur Heilung führen. In den meisten Fällen wird eine akute Hepatitis C zunächst nicht behandelt und abgewartet, ob sie von alleine ausheilt. Wenn das nicht der Fall ist, gibt neue Therapieoptionen, die in der Lage sind, die Krankheit in acht bis zwölf Wochen auszuheilen. Denn die neuen antiviralen Medikamenten (DAA: Direct-Acting Antivirals) sind Kombinationstherapien, die die Behandlung auf eine tägliche Tabletteneinnahme reduzieren. Somit erscheint die weltweite Eliminierung der Infektionskrankheit möglich – noch vor wenigen Jahren ein nicht vorstellbares Szenario.



Was haben die diesjährigen Preisträger zur Entdeckung von Hepatitis C beigetragen?

Schon einmal hat ein Forscher für Untersuchungen zur Hepatitis einen Nobelpreis erhalten. **Baruch Blumberg** identifizierte in den 1960er Jahren das Hepatitis-B-Virus (und erhielt 1976 den Nobelpreis für diese Entdeckung). Dieses Virus konnte einen Teil, aber lange nicht alle chronischen Leberentzündungen erklären.

Harvey Alter und seine Kollegen konnten zeigen, dass es neben Hepatitis A und B noch eine weitere Variante des Virus geben musste. Alter arbeitete damals an einer großen Blutbank und untersuchte das Vorkommen von Leberentzündungen bei Transfusions-Patienten. Die Forscher wiesen nach, dass Blut von Patienten, die weder mit Hepatitis-A- noch mit Hepatitis-B-Viren infiziert waren, gleichwohl aber an einer Hepatitis litten, die Krankheit bei Affen auslösen konnte. Weitere Untersuchungen ließen die Forscher darauf schließen, dass es ein noch unbekanntes Virus sei, das die Hepatitis auslöste.



Michael Houghton, der damals für die Pharmafirma Chiron arbeitete, identifizierte die Genomsequenz des bis dato unbekanntes Virus. Zusammen mit seinen Kollegen isolierte er DNA-Fragmente aus dem Blut eines infizierten Schimpansen. Viele davon stammten vom Schimpansen selbst, aber ein Teil sollte – so vermuteten die Forscher – auch von dem noch unbekanntes Virus stammen, das die Hepatitis auslöste. Denn im Blut einer infizierten Person zirkulieren Antikörper gegen das Virus. Die Forscher testeten deshalb Erbgut-Fragmente, die die Erbinformationen viraler Proteine enthalten, mit dem Blut von Hepatitis-Patienten – und landeten einen Treffer. So gelang es den Forschern, im Jahr 1989 ein neues RNA-Virus aus der Familie der Flaviviren* zu identifizieren. Dieses erhielt schließlich den Namen Hepatitis-C-Virus.

* Umhüllte Viren mit einzelsträngiger RNA als Erbmaterial. Zur gleichen Familie gehören auch die Erreger der Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME), des Gelb-Fiebers und des Dengue-Fiebers.



Charles M. Rice (Washington University in St. Louis) entdeckte eine Genom-Sequenz des Virus, von der er vermutete, dass sie wichtig für die Replikation des Erregers sein könnte. Bei anderen Varianten des Virus wiederum fand er Stellen im Erbgut, die die Vermehrung des Virus stören könnten. Mit Hilfe gentechnischer Methoden baute er eine Version des Virus, die die neu charakterisierte Sequenz enthielt, nicht aber die Störsequenzen. Wurde dieses Virus in die Leber eines Schimpansen injiziert, vermehrte es sich, ließ sich im Blut nachweisen und es traten Krankheitssymptome und krankhafte Veränderungen auf, die den bei menschlichen Patienten beobachteten glichen. Das war der Beweis dafür, dass das Hepatitis-C-Virus imstande war, die durch Bluttransfusionen ausgelösten Leberentzündungen zu verursachen, die sich vor seiner Entdeckung nicht hatten erklären lassen.

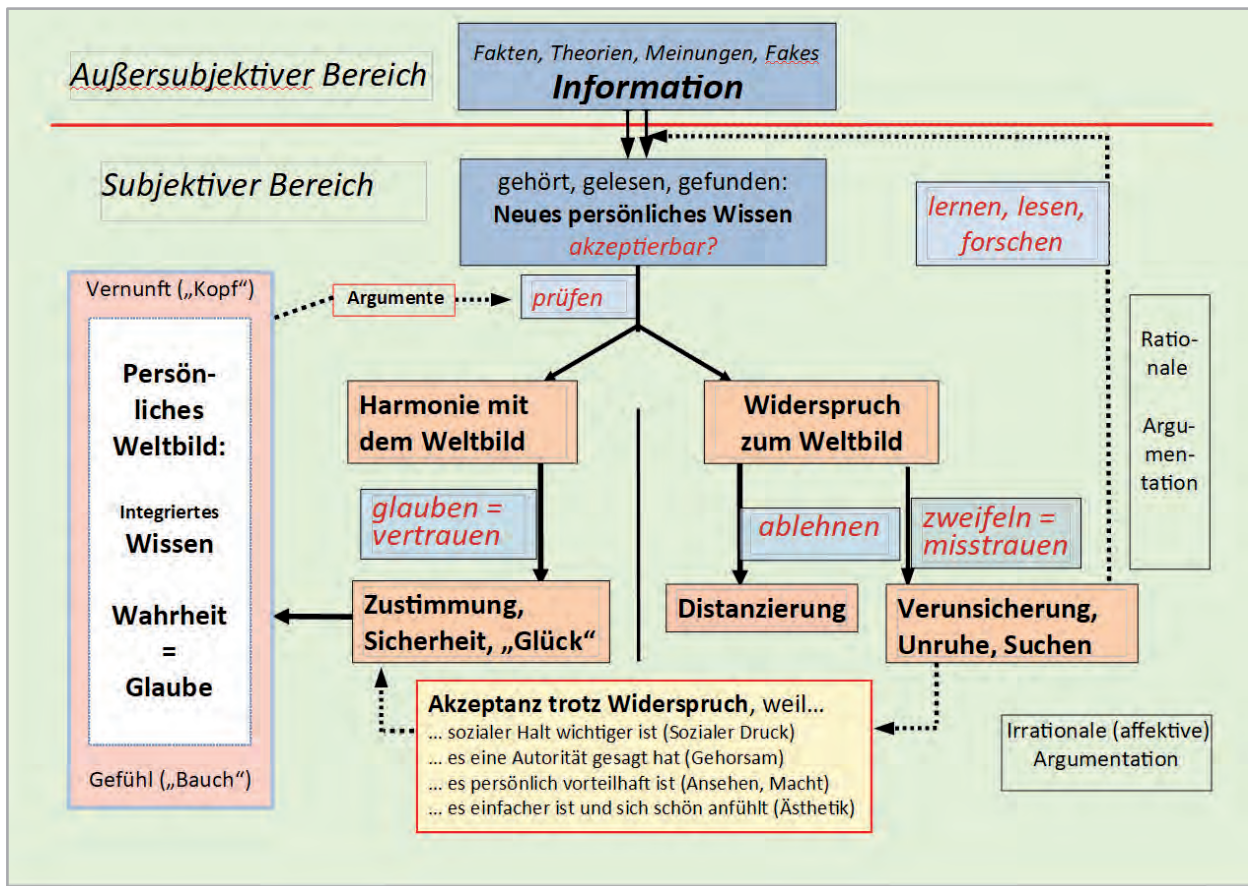


Was ist Wahrheit? Anmerkungen über unser Glauben und Wissen

Wolfram Eckloff

Das Ziel der hier vorgelegten Diskussion ist der Versuch zu verstehen, weshalb weltanschauliche Positionen, Mythen, Fakes, Halbwahrheiten und Verschwörungsideen so ungemein erfolgreich mit zuverlässiger Information und wissenschaftlichen Theorien konkurrieren können.

Das Problemfeld habe ich in folgendem Gedankenfluss-Schema dargestellt, das die Gedankenwege beschreibt, wenn wir mit einer neuen Information konfrontiert werden.



Diese Konfrontation ergibt sich immer automatisch, wenn ich ein Buch oder eine Zeitung lese, einen Vortrag oder Nachrichten höre oder ein anderer Artgenosse mit mir redet. - In jedem Fall *erfahre ich Informationen*, die jetzt für mich **neues persönliches Wissen**¹ sind - ein Wissen, das zunächst lediglich *Kenntnisnahme* bedeutet und noch unbewertet ist. Damit sei auch gesagt, dass es bei dieser Betrachtung nicht nur um eine Veranschaulichung wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns geht, sondern um die Veränderung unseres persönlichen Weltbildes durch jede Berührung mit *irgendeiner* neuen Information (*Fakten, Theorien, Meinungen, Fakes*). Betrachten wir nun den Fall, dass mich die Information interessiert oder ich genötigt werde, mich dafür zu interessieren. Nach dieser Kenntnisnahme erfolgt nun die Urteilsbildung: kann ich das Gelesene/Gehörte *akzeptieren*? *glauben*? Natürlich möchte ich nur zuverlässige Information in mein **Weltbild**, mein bereits **integriertes Wissen** aufnehmen. Ich muss *prüfen*! **Das Problem**, akzeptable Information aus neuem Wissen zu integrieren, liegt darin begründet,

¹Kursiv oder fett gedruckte Textstellen finden sich meist auch im Schema wieder.

dass wir immer nur mit Hilfe der bereits in unserem Kopf (**persönliches Weltbild**) vorliegenden Kriterien (*Argumenten*) urteilen können - und nicht mit den oft besseren, die es zuhauf bei hochgebildeten anderen Köpfen oder in den schlaun, aber von mir ungelesenen Werken gibt (diese befinden sich im Schaubild leider immer oberhalb der roten Linie im *außersubjektiven Bereich*). *Beispiel*: Als Biologe werde ich die Darwinsche Theorie akzeptieren, als Kreationist nicht. Und den Energieerhaltungssatz wird wahrscheinlich auch ein Zeuge Jehovas akzeptieren. Wenn die Prüfung ergibt, dass mein neues Wissen **mit meinem Weltbild harmoniert**, werde ich ihm also *vertrauen = es glauben*. Ich werde es freudig meinem Weltbild einverleiben (es *integrieren*) und künftig auch als **Wahrheit** oder **Glaube**¹ verteidigen – womöglich lange Zeit, ohne zu bemerken oder zu erfahren, dass ich Opfer eines Irrtums oder einer Ideologie bin, weil meine Vorbildung mir keine besseren Argumente ermöglichte.

Etwas komplexer wird das Gedankenspiel, wenn sich ein **Widerspruch zu meinem Weltbild** ergibt. Ist dieser Widerspruch klar und eindeutig, dann **distanziere** ich mich von der neuen Information, beachte sie nicht weiter oder stelle sie als *Fake* oder Irrtum unter Beobachtung. Zur Erinnerung: die Prüfung geht immer von meinem persönlichen Weltbild mit seinen beschränkten Argumenten aus – so kann ich z.B. als Kreationist keinem Evolutionsbiologen glauben. GEORG CHRISTOPH LICHTENBERG (1742-1799) spottete deshalb zu recht: „ Wenn ein Buch und ein Kopf zusammenstoßen und es klingt hohl, ist das allemal im Buch?“² Der Widerspruch zum Weltbild kann aber auch **verunsichern**, indem das neue Wissen *Zweifel* hervorruft.

Während bei den bisher behandelten Fällen der Zustimmung und der Ablehnung das Gedankenspiel meist schon in Sekunden zur Entscheidung führt, erzeugt die Verunsicherung durch Zweifel einen ungemütlichen, stockenden Verlauf: was soll ich mit der neuen Information bloß tun?

Das Schema bietet zwei Wege zur Auswahl:

(1) Folgen wir dem Pfeil auf der rechten Seite nach oben, dann meinen wir es ernst mit einer angemessenen Zuverlässigkeit der Antwort und beginnen die Suche nach weiterer, möglichst geprüfter und umfassender Information. Unser neues Wissen wächst und mit ihm der Glaube an die Richtigkeit der durchschauten Zusammenhänge - mithin auch unsere Entscheidungskompetenz. Aber schnell erkennen wir auch, dass dieser Weg, der allgemein als der wissenschaftliche bezeichnet wird, sehr mühsam ist.

(2) Etwas wehrt sich in uns – und das zu Recht, wie GERALD HÜTHER (*1951) festgestellt hat: Unser Gehirn will ökonomisch arbeiten³. Und dazu bedient es sich mit Vorliebe der bewährten bekannten Verhaltensrezepte – es geht lieber die Bahnen der Routine, der Gewohnheit, des Instinkts, des Vorurteils und der Vereinfachung. Und auch der sozialen Geborgenheit¹. Unser Gehirn, sagt der Professor für Neurologie, ist nicht primär zum Probleme wälzen gemacht. Da-

¹Spätestens hier wird der vielleicht weniger geneigte Leser anmerken wollen, dass Glaube doch durch die Verwendung im religiösen Kontext besetzt sei. Diese Einschränkung entspricht jedoch nicht dem allgemeinen Sprachgebrauch, denn **etwas zu glauben bedeutet Vertrauen zu haben in die Gültigkeit einer Information, eines Satzes oder einer Botschaft**. Glauben ist primär Vertrauen. Erst wenn eine Weltanschauung den Glauben an ihre Lehre zur Tugend oder gar zur Pflicht macht, entsteht ideologischer oder religiöser Glaube, an den oft nicht mehr geglaubt wird, wenn ihm der Gehorsam versagt oder das Vertrauen entzogen wird.

²G.CH. Lichtenberg: Aphorismen. Reclam, Stuttgart 1966, S. 87

³G. Hüther: Bedienungsanleitung für ein menschliches Gehirn. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 2001. Der Autor ist auch in vielen Talks auf YouTube zu finden.

rum ergreift es jede Chance, Problemen geschickt auszuweichen. Viel ökonomischer kommt es mit dem alternativen Weg zurecht, der im Schema unten über das gelbe Feld führt. Hier wird der Widerspruch zu etablierten Inhalten meines Weltbild-Wissens oft schlicht ignoriert und vermeintlich „höherwertigen Argumenten“ geopfert.

Ein paar dieser Argumente sind im Schema angeführt: mangelhaftes Selbstbewusstsein, Suche nach *sozialem Halt* und *Gehorsam* machen *sozialem Druck* gefügig; wer nach *Macht* und *Ansehen* strebt, nimmt manche Ungenauigkeit und Fakes in Kauf (Mr. Trump), und für viele Menschen sind *einfache* Lösungen attraktiver und auch wegen ihrer *ästhetischen Schönheit* vorzuziehen (Schöpfung statt Evolution), obgleich sie der Komplexität der Realität nicht mehr entsprechen. Besonders kritisch wird es, wenn Menschen durch Gehirnwäsche oder verwandte Formen ihre rationale Urteilskraft verlieren und in den Zustand eines „betreuten Denkens“ geraten. Sie werden zum Spielball beliebiger Fremdbestimmung. Beispiele sind aus dem Sektenwesen hinreichend bekannt².

Fazit

Wir haben erkannt, weshalb es zuverlässige Fakten und wissenschaftliche Theorien schwer haben, gegen Fakes und falsche Welterklärungen anzukommen. Der Grund liegt immer in unserer unzureichenden Urteilskompetenz aus unserem vorhandenen persönlichen Weltbild, das uns mit seinen parteiischen, egoistischen oder einseitigen Urteilen auf falsche Fährten lockt. Wenn es uns wirklich an möglichst zuverlässiger Information für unser Weltbild gelegen ist, gibt es nur den Weg über eine **größtmögliche Resonanz mit vielen unabhängigen Gehirnen**. Dies ist der Weg jedes Wissenschaftlers, wenn er sich der Diskussion der weltweit vernetzten Community seines Faches aussetzt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wird so minimiert – ausgeschlossen werden kann sie prinzipiell nicht.

Schlussbemerkungen

Wenn wir von **persönlicher Wahrheit** sprechen, dann ist das niemals die Wirklichkeit außerhalb von uns, sondern wir meinen immer die Abbildungen, Modelle und Konstrukte über die Wirklichkeit in unserem Kopf, das, was unser subjektives Weltbild mit seinem integrierten Wissen ist, an das wir glauben. Persönliche Wahrheit ist gefühlte Richtigkeit und damit das, woran wir glauben, auch wenn es nicht wahr ist. Unser persönliches Weltverständnis verändert sich laufend weiter durch Erfahrung und Bildung!

Unsere Suche nach der einen objektiven **allumfassenden Wahrheit** ist die Suche nach einer alles erklärenden Theorie – ein Gedanke, der seit je die Menschheit bewegt hat und zu enormen Anstrengungen der Wissenschaft geführt hat. In jedem einzelnen Menschen findet dieses Suchen statt, aber vernünftigerweise bescheiden wir uns in der Regel mit einem Weltbild, das uns pragmatisch das Überleben sichert und sich deshalb gut bewährt hat. Die Evolution hat unser Erkenntnisvermögen an die mittleren Dimensionen der Realität angepasst und nur an

¹Viele große Forscher wurden einsam, wenn nicht gar gefährdet durch ihre Sonderstellung – Beispiele sind z.B. Johannes Kepler und Galileo Galilei, die durch ihre Forschungen ihr Leben riskierten oder Charles Darwin, der zum einsamen psychosomatischen Patienten wurde.

²Genannt sei hier stellvertretend für viele andere die Scientology-Sekte, aber auch der islamische Dschihadismus. In milderer Form entwickeln sich heute an vielen Stellen im Internet durch koordinierende Algorithmen Informationsforen, die wie Echokammern zu einseitiger Indoktrination führen. Als Beispiel studierte ich im vergangenen Jahr einen „Wahrheitskongress“, der in den Vorträgen und Interviews eine vereinheitlichte esoterisch-elitäre Denkrichtung produzierte. <https://online-kongress-info.de/event/wahrheitskongress/> Schon der Titel „Wahrheitskongress“ lässt kritisch aufhorchen und deutet auf eine Hybris aus naivem Weltverständnis.

diese, weil wir ein anschauliches Verständnis der ganz kleinen und ganz großen Dimensionen nicht brauchen. Sie sind lediglich einer ausgefeilten mathematischen Logik zugänglich und damit nur wenigen hoch engagierten, gebildeten Gehirnen.

Eine Anmerkung noch zur Definition der Begriffe in unserem Schema: Der geneigte Leser wird hoffentlich immer verstanden haben, was gemeint ist. Denn umgangssprachlich haben die Begriffe Glauben, Wissen und Wahrheit eine ganze Menge subjektiver Bedeutungen, die wir im jeweiligen Kontext nur durch Tonfall und Betonung unterscheiden können. „Unser Verstand und die menschliche Sprache scheinen nicht bereit zu sein, das Konzept der reinen, unparteiischen Objektivität zu erfassen,“ schreibt MARIA POPOVA¹ (*1985) und führt als Beispiel auch das Wort *Zufall* an.

Die Worte Wissen und Glauben scheinen manchmal sogar kompatibel zu sein. Wenn an etwas zu glauben Vertrauen bedeutet, gilt folgender Satz:

„Ein Forscher, der etwas entdeckt hat, **weiß** nicht nur, sondern er **glaubt** auch an seine Entdeckung.“

Aber der Satz klingt auch umgedreht vernünftig, worauf mich Michael Möllers aus langer unitarischer Erfahrung in einer Mail aufmerksam gemacht hat:

„Wer im Herzen an Gott **glaubt**, der **weiß**, dass es ihn gibt und braucht dafür keine andere Form der Wissenschaft“.

Und er kommentiert diese konkurrierenden Aussagen folgerichtig so: „*Vermeintlich sachliche Diskussionen können dann nur scheitern. Ich bin nach wie vor der Meinung, dass alle Auffassungen, die nicht nach heutigem Wissenschaftsverständnis belegbar sind, als Religion bezeichnet werden sollten, weil ihre Quellen nur Illusionen aus freudiger und ängstlicher Erwartung sind und weil Menschen zumindest z.T. ihr Leben danach einrichten.*“

In der Sprache anderer Autoren sind dies Wissenschaft im Sinne von *Science* (Verwendung von objektiven Daten und Logik) und *Poesie* (Dichtung, Kunst und Religion).²

Wenn **Wahrheit** hier in ihrer subjektiven Bedeutung vorgestellt wurde (Glaube an die Richtigkeit des persönlich integrierten Wissens), so werden jedoch auch **außersubjektive zuverlässige Informationen** als Wahrheiten bezeichnet. In diesem Sinne handelt es sich um objektive Fakten und Theorien, denen aufgrund ihrer Entstehungsgeschichte ein hohes Maß an Glaubwürdigkeit zusteht (s. Fazit). Dennoch sind diese Forschungsergebnisse, die das **wissenschaftliche Weltbild** ausmachen, prinzipiell gegen Veränderung durch neue Erkenntnisse offen, was von Laien häufig missverstanden wird. Denn die neue Theorie hat nur selten die alte ersetzt, sondern die alte wurde nur zu umfassenderer Gültigkeit verfeinert oder gar weiterentwickelt. Was jedoch konstant geblieben ist und echte Wissenschaft (*Science*) charakterisiert und so erfolgreich gemacht hat, ist die **wissenschaftliche Methodik**, die Verwendung objektiver Daten und ihre Verarbeitung durch Logik und Intuition. Wegen des Ansehens, das die Wissenschaft genießt, befinden sich in ihrem Kielwasser viele Unternehmungen, die als halbwissenschaftlich, ideologisch oder gar esoterisch gelten müssen, die sich aber die „Wissenschaft“ wie eine Maske aufsetzen, um vom Image des Wortes zu profitieren. Diese Art von „Parasitismus“ ist keine Seltenheit und entspricht einem weit verbreiteten Phänomen in der Natur – etwa bei der Mimikry, wo harmlose Arten z.B. bei Schmetterlingen und Schlangen die Signalfarben wehrhafter Arten nachahmen und dadurch vor Fressfeinden geschützt sind.

¹Maria Popova: Findungen. Diogenes, Zürich 2020, S. 62

²Hans Mohr: Wissenschaft und menschliche Existenz. Rombach, Freiburg 1967, S.16

Zur Diskussion: Unsere Erde ist endlich!

Wolfgang Czieslik

Die Reduzierung der CO₂ Emissionen zur Begrenzung des weltweiten Temperaturanstiegs ist ein wichtiges Ziel, aber überhaupt nicht ausreichend um unsere Erde – die Einzige, die wir haben – vor den Katastrophen zu bewahren, wie sie schon vor 50 Jahren in den Szenarien des ersten Berichts des Club of Rome zur Lage der Menschheit [1] beschrieben wurden.

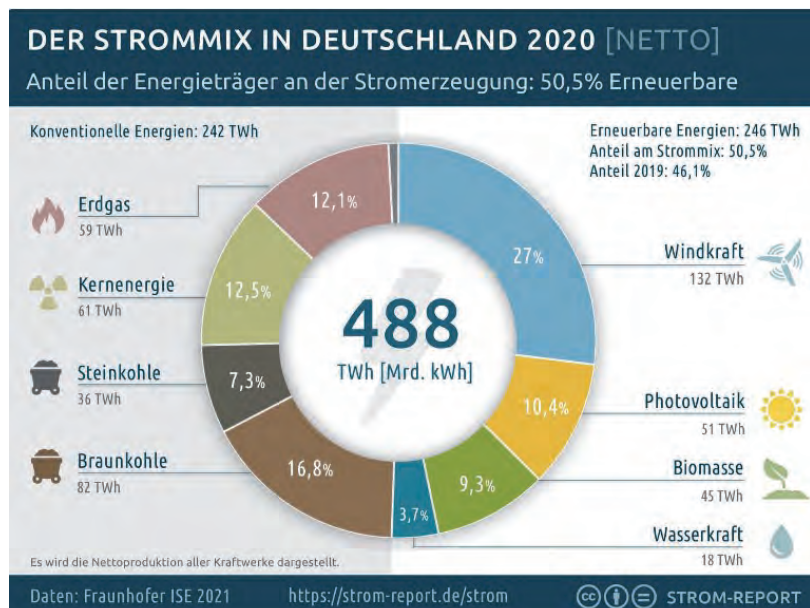
- **Der Umstieg von den mit fossilen Treibstoffen angetriebenen Autos auf elektrisch betriebene Autos soll der Königsweg zur Verkehrswende sein.**
- **Wasserstoff wird als das Öl der Zukunft beschrieben [2].**

Allein bei diesen beiden Beispielen wird vergessen, dass es in der Diskussion um den Zustand unserer Erde nicht nur um die Emissionen von CO₂ geht, sondern vor allem auch die übermäßige Nutzung von Rohstoffen und Landflächen diskutiert werden muss.

Beispiel E-Autos

Der Kauf von E-Autos wird von der Bundesregierung mit bis zu 9000 € pro Auto subventioniert. Dies führte im Jahr 2020 zu einer Verdreifachung der Zulassungszahlen gegenüber 2019 auf 194.000 Pkw mit reinem Elektroantrieb.

Was würde es für die Stromproduktion bedeuten wenn im Verlauf der Zeit alle heute vorhandenen Pkw in Deutschland durch E-Autos ersetzt werden? In Deutschland gibt es zurzeit etwa 48 Mio Pkw. Legt man nur den Energiebedarf eines Kleinwagens wie den Hyundai Ioniq Elektro Style mit 16,3 kWh/100 km zugrunde [3], und eine gefahrene Strecke von 10.000 km pro Jahr, dann hätte jedes Auto pro Jahr einen Energiebedarf von 1630 kWh. Der Ersatz von 48 Mio Benzinern durch E-Autos würde zu einem Bedarf an elektrischer Energie von 7,82 x 10¹⁰ kWh pro Jahr (= 78,2 TWh pro Jahr) führen. Dies sind etwa 43% der Energie aus Photovoltaik und der Windenergie in Deutschland im Jahr 2020, die zusätzlich allein für den Betrieb von E-Autos zur Verfügung stehen müssten [4].



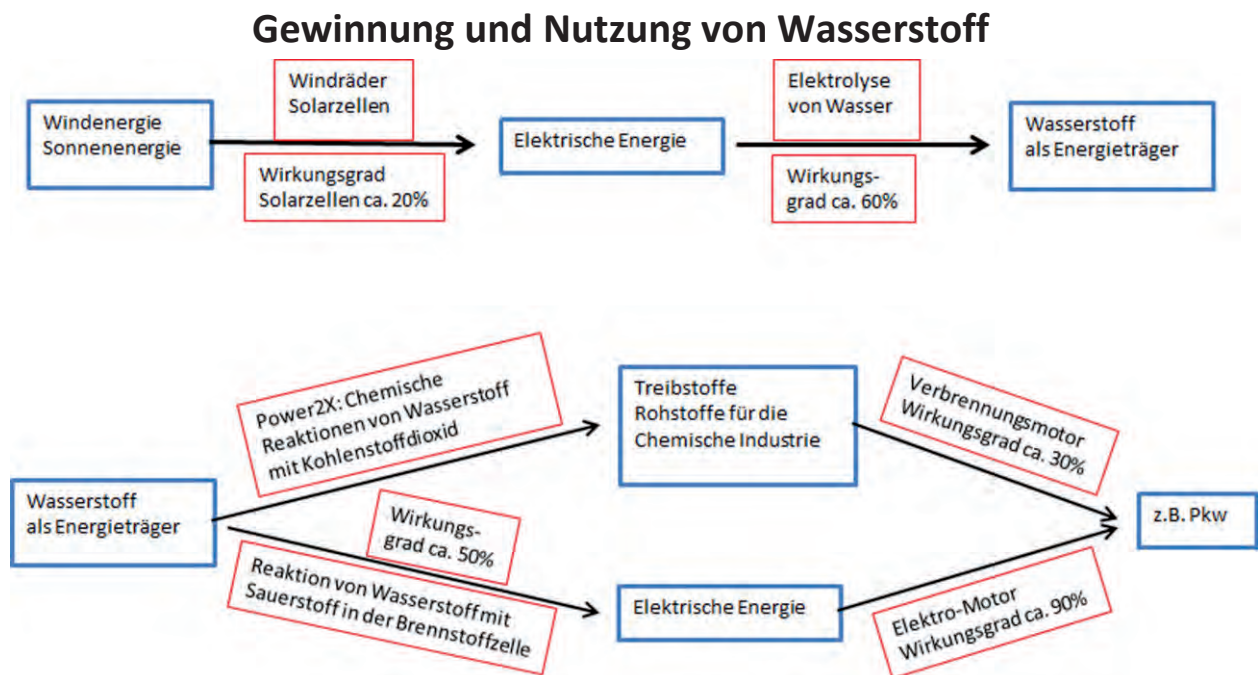
Ein E-Auto emittiert im Fahrbetrieb zwar kein Kohlenstoffdioxid, aber für die Produktion, die Wartung und Entsorgung ist die Emission mindestens genauso groß wie die eines Autos mit Verbrennermotor. Außerdem werden für die Herstellung der Batterie eines E-Autos Materialien wie Lithium und Cobalt, verwendet, die knapp werden können und teilweise unter zweifelhaften Umständen gewonnen werden [5], [6].

Wasserstoff - Das Öl von morgen!?

Eine wesentliche Emissionsquelle für CO₂ ist die Herstellung von Stahl, der vermutlich auch weiterhin für den Bau von Autos benötigt wird. Für die Reduktion von Eisenerz zu Eisen wird nämlich Kohlenstoff verwendet, der bei den chemischen Reaktionen zu Kohlenstoffdioxid umgesetzt wird. Nun kann man zu Recht einwenden, dass man ja anstelle von Kohlenstoff Wasserstoff für die Reduktion von Eisenoxid verwenden könnte, wie es zurzeit beispielsweise bei Thyssen Krupp in Duisburg-Hamborn geschehen soll [7]. Der Wasserstoff dürfte dann aber nicht aus Rohstoffen auf Erdölbasis gewonnen werden, wie dies heute noch vielfach üblich ist, sondern müsste beispielsweise durch die Elektrolyse von Wasser hergestellt werden. Die elektrische Energie hierfür müsste dann natürlich auch aus erneuerbaren Quellen stammen, also beispielsweise Sonnenenergie oder Windenergie.

Wenn Wasserstoff die Rolle des Öls als Treibstoff und in der Chemischen Industrie einnehmen soll, dann ist ein gewaltiger Umbau in der einschlägigen Industrie erforderlich, der mit einem sehr großen Bedarf an Rohstoffen verbunden ist, da die Produktionsanlagen für Wasserstoff, die Industrieanlagen, in denen Wasserstoff genutzt wird und auch die Brennstoffzellen neu gebaut werden müssen. Auf die zweifelhaften Umstände, unter denen diese Rohstoffe teils gewonnen werden, ist immer wieder hingewiesen worden (s. beispielsweise den Text zum Rohstoffbedarf für Batterien und Brennstoffzellen des Öko-Instituts Darmstadt [8]).

Um Wasserstoff zu gewinnen und dann für einen Prozess zu nutzen, sind mehrere Schritte notwendig, die zu mehr oder weniger großen Energieverlusten in Bezug auf die eingesetzte Energie führen (s. nachfolgendes Schema).



Bei der Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie durch Solarzellen beträgt der Wirkungsgrad [9] etwa 20% [10]. Dies bedeutet 20% der eingestrahltten Sonnenenergie wird in elektrische Energie umgewandelt. Dies ist nur insofern von Bedeutung, als dass ein kleinerer Wirkungsgrad eine größere Solarzellenfläche erfordert. Beim nächsten Schritt, der Elektrolyse von Wasser erreicht man mit einem PEM Elektrolyseur einen Wirkungsgrad von etwa 60% [11]. Wird die im Wasserstoff enthaltene Energie in einer Brennstoffzelle wieder in elektrische Energie umgewandelt, dann geschieht dies mit einem Wirkungsgrad von etwa 50% [12]. Damit stehen etwa 30% der ursprünglich an der Solarzelle zur Verfügung gestellten elektrischen Energie für den Elektromotor zur Verfügung.

Was ist zu tun?

Die beiden hier diskutierten Beispiele zur Verkehrswende und zur Energiewende können durchaus zu einer Reduzierung der CO₂ – Emissionen und damit auch zu einer Reduzierung des derzeitigen Temperaturanstiegs führen. Allerdings reicht eine rein technische Umstellung ohne weitere Änderungen nicht aus. Vielmehr bedarf es einer Wirtschaft, die nicht das "Immer mehr", zum Ziel hat. Es bedarf einer Wirtschaft, die allen Menschen ein ausreichendes Einkommen, ausreichend Wasser und Nahrung, Zugang zu Bildung und Ausbildung sowie eine ausreichende ärztliche Versorgung ermöglicht, um die Ursachen für unerwünschte und unfreiwillige Migrationsbewegungen zu beseitigen.

Für die Verkehrspolitik, beispielsweise, bedeutet dies, den Individualverkehr mit dem Pkw zugunsten eines öffentlichen, auch in der Fläche verfügbaren Nahverkehrsangebotes weitgehend überflüssig zu machen. Was ist eigentlich so attraktiv daran, am Morgen alleine mit dem Auto - oft im Stau stehend - zur Arbeit zu fahren, das Auto acht Stunden auf dem Firmenparkplatz stehen zu lassen und dann, möglicherweise wieder im Stau stehend, zurück nach Hause zu fahren? Auch in der Region Lübeck sollte es doch möglich sein, einen öffentlichen Nahverkehr zu organisieren, der sich an dem jeweiligen Bedarf orientiert und die Mobilität auch für die Menschen in den Dörfern sicherstellt und damit den Individualverkehr sowie den Besitz eines eigenen Autos weitgehend überflüssig macht. Dies kann sicherlich nicht durch einen gewinnorientierten Betrieb geleistet werden, sondern der öffentliche Nahverkehr muss ein Teil der Daseinsvorsorge in der Stadt und auf dem Land sein. So wie man sich heute nicht mehr vorstellen kann, in einem Restaurant zu rauchen, so sollte es in fünf bis spätestens zehn Jahren selbstverständlich, sein öffentliche Verkehrsmittel gemeinsam mit anderen Menschen zu nutzen und nicht alleine in einem Pkw durch die Stadt zu fahren.

Während der Corona – Pandemie hat die Menschheit erfahren, dass alle Organismen dieser Erde – Viren, Bakterien, Pflanzen, Tiere und die Menschen – ein Teil des Systems Erde, das wir auch Natur nennen, sind und auch die Menschen sich nicht von diesem System abkoppeln können. Kein Teilsystem dieser Erde kann unbegrenzt wachsen, denn unsere Erde ist ein endlicher Raum mit endlichen Ressourcen. Am Beispiel einer Bakterienkultur auf einer Petrischale wird dies unmittelbar deutlich. Eine winzige Menge von Bakterien auf dem Nährboden in der Petrischale ist mit bloßem Auge nicht zusehen. Die Bakterien haben Platz, haben ausreichend Nahrung und können sich unbeschränkt vermehren. Dies führt zunächst zu einem exponentiellen Wachstum bis die Nahrung und der Platz knapp werden. Das Wachstum der Bakterienkultur kommt zum Erliegen und die Bakterien sterben ab, falls nicht eingegriffen wird.

Die Erde ist ein endlicher Raum mit endlichen Ressourcen, aber die Menschheit handelt immer noch so, als ob beliebige Mengen an Ressourcen zur Verfügung stehen. Es ist höchste Zeit, dass auch die Menschen eine Kreislaufwirtschaft betreiben, in der Rohstoffe wieder verwendet werden und es keine Abfälle gibt [13].

Anmerkungen und Referenzen

Dieser Text ist ein Denkanstoß und kein wissenschaftlicher Beitrag zum Thema „Klima – Wandel – Denken“. Allerdings habe ich mich bemüht, meinen Denkanstoß auf einer fachlich korrekten Grundlage zu formulieren. Ich habe mich in diesem Text nur mit der Situation in Deutschland beschäftigt, bin mir aber wohl bewusst, dass tatsächlich die Situation auf der ganzen Erde betrachtet werden muss. Ein besonderes Anliegen ist mir dabei die Situation in den afrikanischen Staaten.

1. Dennis Meadows, Die Grenzen des Wachstums, Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart 1972
2. Gespräch mit Bundesforschungsministerin Anja Karliczek, Spiegel Nr. 5 / 25.1.2020, S.34.
3. <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/>
4. <https://strom-report.de/strom#strommix-2020-deutschland>
5. Wie umweltfreundlich sind Elektroautos?, Bundesumweltministerium, Oktober 2019 https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/elektroautos_bf.pdf
6. Lithium und Kobalt Bremsen Rohstoff-Engpässe das Elektroauto aus?, Wirtschaftswoche, 15. November 2017, <https://www.wiwo.de/technologie/mobilitaet/lithium-und-kobalt-bremsen-rohstoff-engpaesse-das-elektroauto-aus/20560144.html>
7. https://de.wikipedia.org/wiki/Stahlerzeugung#Direktreduktion_mit_Wasserstoff
8. Öko-Institut (2017): Strategien für die nachhaltige Rohstoffversorgung der Elektromobilität. Synthesepapier zum Rohstoffbedarf für Batterien und Brennstoffzellen. Studie im Auftrag von Agora Verkehrswende.
9. Die hier und im Folgenden genannten Wirkungsgrade sind mittlere Werte und hängen von der Bauart der Geräte ab. Diese Werte dienen ausschließlich zur Orientierung.
10. <https://www.photovoltaiik.org/wissen/photovoltaik-wirkungsgrad>
11. <https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrolyseur>
12. <https://de.wikipedia.org/wiki/Brennstoffzelle>
13. Siehe auch Maja Göpel, Unsere Welt neu denken, Ullstein Buchverlage, Berlin 2020

Kurzberichte von Veranstaltungen

Nasse Moore brauchen wir!

Klimaschutz durch Moorrenaturierung mit MoorFutures®

Ute Ojowski

Ute Ojowski, Geschäftsführerin der Ausgleichsagentur Schleswig-Holstein, einer 100 % Tochter der Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein, berichtete über die Bedeutung der Moore im Klimaschutz.

Die entwässerten Moore in Schleswig-Holstein emittieren mindestens 2,5 Mio. Tonnen CO₂ - Äquivalente pro Jahr. 10-20 % der Treibhausgasemissionen in Schleswig-Holstein in Höhe von 15 Mio. Tonnen CO₂ entstammen den Mooren.

Intakte Moore speichern doppelt so viel Kohlenstoff in ihren Torfen, wie in den Wäldern weltweit enthalten ist. Sie sind unsere größten terrestrischen Kohlenstoffspeicher und spielen eine wichtige Rolle, wenn es um die Erreichung der Klimaziele und den Artenschutz in Schleswig-Holstein geht.

Am Beispiel des MoorFutures® - Projektes im Königsmoor erklärte Frau Ojowski, wie Moorrenaturierung funktioniert und wie direktes Engagement für den Klimaschutz in Schleswig-Holstein möglich ist.

Weitere Informationen gibt es unter
www.moorfutures-schleswig-holstein.de

Ute Ojowski ist Dipl.-Biologin und seit 2014 Geschäftsführerin der Ausgleichsagentur Schleswig-Holstein GmbH.

Der Vortrag fand am Donnerstag, 23. Januar 2020 um 19:00 Uhr im Museum für Natur und Umwelt, Musterbahn 8, 23552 Lübeck statt.



Wahrnehmung von Schmerzen und die Rolle von Ionenkanälen

Prof. Dr. Enrico Leipold, Universität zu Lübeck

Schmerzen sind zwar in hohem Maße individuell, doch in aller Regel sehr unangenehm, sodass wir ihnen möglichst schnell entkommen wollen. Dennoch ist die Wahrnehmung schmerzhafter Reize geradezu überlebenswichtig, denn Schmerzen erfüllen die Funktion eines Warnsignals, das drohende oder bereits bestehende Gewebeschäden anzeigt und uns so vor schwerwiegenden Verletzungen bewahrt. Gerät dieses Warnsystem außer Kontrolle, entstehen mitunter schwere Schmerzerkrankungen. Ionenkanalproteine sind elementare Bestandteile dieses Warnsystems, denn sie übersetzen Schmerzreize wie Hitze, Kälte, Reizstoffe oder mechanische Belastung in elektrische Signale, die von spezialisierten Nervenzellen, den sog. Nozizeptoren, ins Gehirn geleitet werden, wo wir sie als Schmerz interpretieren. Funktionsveränderungen der Ionenkanäle, wie sie etwa durch seltene Mutationen in den Kanalgenen hervorgerufen werden, sind der Grund für ein ganzes Spektrum von Erkrankungen, das von angeborener Schmerzunempfindlichkeit bis hin zu chronischen und neuropathischen Schmerzerkrankungen reicht. Die Erforschung dieser vergleichsweise seltenen Erkrankungen ermöglicht nicht nur neue Einblicke in die Schmerzphysiologie, sondern stimuliert auch die Suche nach neuen Therapien zur Behandlung chronischer Schmerzerkrankungen.

Kontakt und Informationen unter

<https://www.cbbm.uni-luebeck.de/forschungszentrum/arbeitsgruppen/leipold.html>



Prof. Dr. Enrico Leipold wurde 1977 in Sonneberg geboren, studierte Biochemie / Molekularbiologie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena und promovierte im Jahr 2006 über die Wirkmechanismen Ionenkanal-spezifischer Neurotoxine aus dem Venom giftiger Tiere. Von 2006 bis 2018 forschte er am Zentrum für Molekulare Biomedizin der Universität Jena zur Funktionsweise von Ionenkanälen und ihrer Bedeutung für die Wahrnehmung von Schmerzen.

Seit April 2018 ist Herr Leipold Professor für Neurowissenschaften in der Anästhesiologie an der Universität zu Lübeck. Gegenstand seiner aktuellen Forschungen sind Funktionsveränderungen von Ionenkanälen, die bei den betroffenen Personen einerseits schmerzhaftes Erkrankungen auslösen, andererseits aber auch Schmerzunempfindlichkeit hervorrufen können.

Der Vortrag fand am Dienstag, 11. Februar 2020 um 19:30 Uhr im Großen Saal der Gemeinnützigen, Königstraße 5, 23552 Lübeck statt.

Veranstalter: Gemeinnützige in Kooperation mit dem Naturwissenschaftlichen Verein zu Lübeck

Als die Eiszeit ging zu Ende - Eine musikalische Zeitreise

Dr. Wolfram Eckloff, Reppenstedt

Moore sind schön. Um sie ranken sich Mythen und Legenden, denn sie haben eine vieltausendjährige Geschichte. Nach langen Zeiten der Nutzung sind sie heute vor allem als gewaltige Kohlenstoffspeicher von Bedeutung, die es im Hinblick auf den Klimawandel zu erhalten gilt. Unter dem Motto "**Als die Eiszeit ging zu Ende**" nimmt Dr. Wolfram Eckloff Besucherinnen und Besucher auf eine „Musikalische Zeitreise“ mit. In den humorvollen Texten des "**Großen Moorliedes**" des Kieler Paläobotanikers FRITZ OVERBECK entfaltet sich unsere nacheiszeitliche Landschaftsentwicklung als ein klangvolles Abenteuer. Nicht nur der Wandel der nacheiszeitlichen Pflanzenwelt in unserem Lande ist Gegenstand der Lieder, die von den Besuchern gern mitgesungen werden. Wir erfahren auch etwas über die Entwicklung der menschlichen Lebensweisen vom Jäger und Sammler über den Bauern Rodewald der Jungsteinzeit bis zum traurigen Ende der Geschichte im heutigen Subatlantikum.

Text und Noten des Moorliedes können unter

<https://journals.ub.uni-heidelberg.de/index.php/arch-inf/article/download/13250/7063/> abgerufen werden.



Wolfram Eckloff, geb. 1945, studierte Biologie in Marburg und Freiburg. In seiner Doktorarbeit untersuchte er die Entstehung der Symbiosebeziehungen zwischen Ameisen und Blattläusen. Nach Forschungstätigkeit am Forstzoologischen Institut Freiburg und Lehrer an Gymnasien in Süddeutschland kam er als Museumspädagoge 1981 ins Museum für Natur und Umwelt, das er von 1993 bis zur Pensionierung 2010 leitete. Privat engagiert sich Wolfram Eckloff für die verständliche Verbreitung naturwissenschaftlicher Themen sowie die Förderung der Gesangskultur bei Kleinkindern und Senioren.

Der Vortrag fand am Sonntag, 16. Februar 2020 um 11 Uhr im Museum für Natur und Umwelt, Musterbahn 8, 23552 Lübeck statt.

Mitteilungen aus dem Verein

Jahresbericht für 2020

Das Jahr 2020 wird uns allen sicherlich als ein besonderes in Erinnerung bleiben. Am 31. Dezember 2019 kamen zwar die ersten Meldungen über die Verbreitung eines neuartigen Coronavirus aus Wuhan in China, aber niemand glaubte ernsthaft, dass dies auch konkrete Auswirkungen auf jeden Einzelnen von uns haben würde.

Bis zur Jahreshauptversammlung am 9. März 2020 konnten wir das geplante Programm mit Vorträgen, Workshops und dem Gesprächskreis im üblichen Rahmen durchführen.

Vortragsveranstaltungen

Am 23. Januar erklärte Ute Ojowski warum Moore bedeutende terrestrische Kohlenstoffspeicher sind und wie man sich durch ein Engagement für die Erhaltung und Wiedervernässung von Mooren für den Klimaschutz engagieren kann (weitere Informationen unter www.moorfutures-schleswig-holstein.de).

Im Rahmen der Dienstagsvorträge der Gemeinnützigen referierte **Prof. Dr. Enrico Leipold** (Universität zu Lübeck) am **11. Februar 2020** über die „Wahrnehmung von Schmerzen und die Rolle von Ionenkanälen“.

Am 16. Februar nahm uns Wolfram Eckloff unter dem Motto „Als die Eiszeit ging zu Ende“ auf eine musikalische Zeitreise über die Moore mit (Text und Noten des Moorlieds können unter <https://journals.ub.uni-heidelberg.de/index.php/arch-inf/article/download/13250/7063/> abgerufen werden.).

Im Rahmen unserer **Jahreshauptversammlung am 9. März 2020 hat uns Hans-Jürgen Kämpfert** den Danziger Astronomen, Bierbrauer und Bürgermeister Jan Hevelius vorgestellt. In diesem Zusammenhang sei auf das 2020 erschienene Buch „Naturwissenschaft am Unterlauf der Weichsel“ hingewiesen, in dem Hans Jürgen Kämpfert sich mit der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Danzig sowie Wissenschaftlern und Forschern, die entweder in Danzig oder Westpreußen geboren wurden oder längere Zeit in Danzig gearbeitet haben, befasst (Hans-Jürgen Kämpfert, Naturwissenschaft am Unterlauf der Weichsel, Nicolaus-Copernicus-Verlag, Münster/Westfalen 2020).

Nachdem im Sommer die Corona-Neuinfektionen zurückgingen war es möglich am **23. Juli 2020** einen Vortrag mit **Prof. Dr. Carsten Niemitz** zum Zustand unserer Erde durchzuführen. (Buchhinweis: C. Niemitz, Die Menschheit retten? - Packen wir's an! OEKOM Verlag München 2019; Video: <https://youtube.com/watch?v=jRdEkhFX3cY>).

Die schon im März 2020 geplanten Dienstagsvorträge mit Frau Prof. Dr. Verena Sailer (Mikroskop und molekulare Medizin – Die neue Rolle der Pathologie) und mit Prof. Dr. Esfandiar Mohammadi mussten wegen der Corona-Pandemie ausfallen.

Familienworkshops NaWi(e) geht das?

Die für Januar und Februar geplanten Workshops (26. 1. 2020 Chemie/Physik; 23. 2. 2020 Mikrobiologie) konnten noch regulär durchgeführt werden. Am 26. Juli 2020, als die Zahl der Neuinfektionen stark gesunken war, konnten wir einen Chemie/Physik Workshop mit maximal 12 Teilnehmenden auf dem Hof zwischen Dom und Museum für Natur und Umwelt anbieten. Dieser Workshop war sehr schnell ausgebucht, was uns darin bestärkt die Familienworkshops sobald als möglich sowohl als Indoor- als auch als Outdoor-Veranstaltung wieder anzubieten.

Gesprächskreis

Insgesamt haben im Jahr 2020 sieben Sitzungen des Gesprächskreises als Präsenzveranstaltung (15.1.2020; 16.9.2020) oder als Videokonferenz (15.4.2020; 7.5.2020; 4.6.2020; 26.11.2020 und 16.12.2020) stattgefunden. Die Videokonferenzen wurden technisch von Eckhard Scheufler organisiert, wofür ich ihm ganz herzlich danke.

Im vergangenen Jahr hat der Gesprächskreis sich mehr und mehr zu einer Veranstaltung mit einer vorher festgelegten Thematik mit Kurzreferat und anschließendem Gespräch entwickelt, wobei aber immer die Möglichkeit bestand, spontan neue Gesprächsthemen einzubringen und zu diskutieren. Gesprächsthemen waren

- Die Sicherheit von Medizinprodukten
- Nobelpreis für Medizin 2019, Mechanismus des biologischen Sauerstoffsensors
- Nobelpreis Chemie 2019, Lithium-Ionen-Akku
- COVID 19 Testverfahren und Impfstoffe
- Nobelpreis Physik 2020, Schwarze Löcher;
- Nobelpreis Chemie 2020, CRISPR/Cas9
- Nobelpreis Medizin 2020, Hepatitis C;
- Was ist Wahrheit? – Anmerkungen über Glauben und Wissen

Der Teilnehmerkreis des Gesprächskreises wurde leider dadurch eingeschränkt, dass nicht alle Interessierten die technischen Möglichkeiten hatten, um an den Videokonferenzen teilzunehmen.

Vorstandssitzungen

Der Vorstand hat seit der Jahreshauptversammlung am 9. März 2020 bedingt durch die Corona Pandemie nur einmal am 19. Januar 2021 getagt. Diese Sitzung wurde als Videokonferenz durchgeführt. Der wichtigste Tagesordnungspunkt war ein Gespräch über den Sachstand zur Herausgabe eines Buches zum 150jährigen Jubiläum des Naturwissenschaftlichen Vereins im Jahr 2022.

Im Frühjahr 2020 sind die Anträge auf Förderung unseres Buchprojektes zum 150jährigen Vereinsjubiläum im Jahr 2022 positiv beschieden worden (Possehl-Stiftung: 14.000 €, Gemeinnützige Sparkassenstiftung: 4.000€). Dr. Jan Zimmermann, ein Lübecker Historiker, arbeitet daran, drei Protokollbände, die für die ersten hundert Jahre einen vollständigen Überblick über die Tätigkeit des Vereins geben, zu erschließen. Für das erste Halbjahr 2021 ist geplant, die Recherchearbeit fortzusetzen und mit der Erstellung der Texte für das Buch zu beginnen. Die Texte zu dem Buch sollen bis zum 30. September 2021 fertiggestellt sein.

Erste Vorschläge für Themen sind (Arbeitstitel)

- Aufgaben des Vereins im Wandel der Zeit
- Biographisches zu wichtigen Personen des Vereins
- Neue Technologien in der jeweiligen der Zeit
- Gesellschaftliche Einbindung des Vereins
- Betrachtung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen aus der damaligen und heutigen Sicht
- Personen und Aktivitäten zwischen 1933 und 1945 und Wirkungen auf die Zeit nach dem 2. Weltkrieg

Öffentlichkeitsarbeit

Die Öffentlichkeitsarbeit wurde im Jahr 2020 im Wesentlichen durch Berichte zu unseren Veranstaltungen auf unserer Homepage unter <https://www.nwv-luebeck.de> geleistet.

Mitgliederbewegung

Im Berichtszeitraum sind gab es 4 Austritte und 2 Eintritte. Damit hat der Verein insgesamt 59 ordentliche Mitglieder.

Ausblick

Für das Jahr 2021 gibt es bisher keine konkrete Veranstaltungsplanung. Die Termine für die Familienworkshops und den Gesprächskreis als Präsenzveranstaltungen können auch kurzfristig angesetzt werden. Zurzeit kann auch die Mitgliederversammlung, die traditionell Anfang März stattfinden würde, nicht seriös geplant werden.

Der Gesprächskreis soll regelmäßig jeweils am 3. Donnerstag im Monat als Videokonferenz stattfinden, solange keine Präsenzveranstaltungen möglich sind. Ansonsten werden die Arbeit am Buch zum 150jährigen Jubiläum und die Planungen von Veranstaltungen im Jubiläumsjahr 2022 einen wesentlichen Teil unserer Arbeit ausmachen.

W. Cieslik

Februar 2021

Haushaltsübersicht 2020 und Plan 2021

Übertrag aus 2019: Giro-Kt.: 6 105,52 €

Einnahmen 2020 Position	2020		2021
	Plan/ €	Ist /€	Plan /€
01. Beiträge Mitglieder	1 700	1 495,00	1 600
02. Beiträge Fördermitglieder	0	0,00	0
03. Spenden Mitglieder	150	210,00	150
04. Zuschüsse			
- Ges. z. Bef. gem. Tätigkeit	175	175,00	175
- Possehl-Stiftung. Fördermittel Buchprojekt			7 000
- Sparkassenstiftung: Fördermittel Buchprojekt			4 000
05. Einnahmen aus Veranstaltungen	100	95,00	0
06. sonstige Einnahmen			
- Guthabenzins	0	0,00	0
Summe Einnahmen	2 125	1 975,00	12 925

Ausgaben 2020	2020		2021
	Plan/ €	Ist /€	Plan /€
10 Geschäftskosten			
10.1 Porti	150	145,95	150
10.2 Büromaterial, Papier, Kopien	50	136,90	50
10.3 Kontoführungskosten, Sollzinsen,...	25	24,00	25
10.4 Sonstige Geschäftskosten	100	46,60	300
11. Beitragsrückerstattung	0	0,00	0
12. Buchprojekt „150 Jahre NWV zu Lübeck“			
Erste Teilzahlung			7 225
13. Jugendgruppe (Reusch)	0	0,00	0
14. Urania	550	850,01	850
15. Mitgliedschaften, Zuwendungen	70	50,00	70
16. Veranstaltungen			
- Jahreshauptversammlung	200	179,94	50
- Vorträge (Honorare, Reisespesen), Workshops	1 000	127,03	100
17. Werbung	100	116,00	140
Summe Ausgaben	2 295	1 676,43	8 960

Bilanz 2020:	Ist 2019	Ist 2020	Plan 2021
Übertrag aus 2018/2019/2020	6 445,64	6 105,52	6 404
Einnahmen 2019/2020/2021	2 475,14	1 975,00	12 925
Ausgaben 2019/2020/2021	2 815,27	1 676,43	8 960
Guthaben Ende 2019/ 2020/2021	6 105,52	6 404,09	10 369

Geprüft und anerkannt: Lübeck, den 11.03.2021
gez. Kämpfert, Klitzing

