

**HEIDELBERGER
JAHRBÜCHER
ONLINE
Band 9 (2024)**

Gesellschaft der Freunde
Universität Heidelberg e.V.



Prognosen in der Wissenschaft

Michael Wink & Vera Nünning (Hrsg.)

HEIDELBERG
UNIVERSITY PUBLISHING

Prognosen in der Wissenschaft

Heidelberger Jahrbücher Online

Band 9

Herausgegeben von der
Gesellschaft der Freunde Universität Heidelberg e. V.

Prognosen in der Wissenschaft

Michael Wink & Vera Nünning (Hrsg.)

HEIDELBERG
UNIVERSITY PUBLISHING

Redaktion

M. Wink & V. Nünning

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://dnb.dnb.de> abrufbar.



Diese Zeitschrift ist unter der Creative-Commons-Lizenz CC BY-SA 4.0 veröffentlicht. Die Umschlaggestaltung unterliegt der Creative-Commons-Lizenz CC BY-ND 4.0.

Publiziert bei Heidelberg University Publishing (heiUP), 2024

Universität Heidelberg / Universitätsbibliothek
Heidelberg University Publishing (heiUP)
Grabengasse 1, 69117 Heidelberg
<https://heiup.uni-heidelberg.de>
E-Mail: ub@ub.uni-heidelberg.de

Die Online-Version dieser Publikation ist auf den Verlagswebseiten von Heidelberg University Publishing <https://heiup.uni-heidelberg.de> dauerhaft frei verfügbar (Open Access).

doi: <https://doi.org/10.17885/heiup.hdjbo.2024.1>

Text © 2024. Das Copyright der Texte liegt bei den jeweiligen Verfasser:innen.

Covergestaltung: echtweiß Kreativagentur, www.echtweiss.de

Umschlagabbildung: iStock, www.istockphoto.com/de

ISSN 2509-7822

eISSN 2509-2464

ISBN 978-3-96822-299-8 (Hardcover)

ISBN 978-3-96822-298-1 (PDF)

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
Michael Wink und Vera Nünning	
Warum Prognosen einerseits wichtig sind und warum sie andererseits nicht wirklich helfen	9
Joachim Funke & Lenelis Kruse	
1 Einführung	9
2 Prognosen	11
3 Ausblick – Was ist zu tun?	15
4 Danksagung	16
Statistische Prognosemethoden – Top oder Flop?	21
Christel Weiß	
1 Einleitung	22
2 Das Erstellen von Prognosen	23
3 Anwendungsbeispiele	31
4 Diskussion	38
5 Schlussfolgerungen	42

Foresight statt Prognosen – gestalten statt vorherzusagen **45**

Kerstin Cuhls

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Einleitung: Was ist <i>Foresight</i> ? | 46 |
| 2 | Welche Methoden gibt es? | 48 |
| 3 | Methodenkombinationen – ein Szenarien-Beispiel | 53 |
| 4 | Unsicherheiten bleiben und Zukunft ist immer | 56 |

Prognosen in Biologie und Umweltwissenschaften **61**

Michael Wink

- | | | |
|---|---|----|
| 1 | Einführung | 61 |
| 2 | Prognosen in Taxonomie und Evolutionsbiologie | 67 |
| 3 | Vorhersagen in den Umweltwissenschaften | 70 |
| 4 | Ausblick | 81 |

Prognosen zum Insektenschwund und zum Veganismus im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit **85**

Claudia Erbar & Peter Leins

- | | | |
|---|---|-----|
| 1 | „Wenn die Biene einmal von der Erde verschwindet, hat der Mensch nur noch vier Jahre zu leben.“ | 86 |
| 2 | Veganismus | 108 |
| 3 | Abschließende Bemerkungen | 123 |

Genetisch-determinierte Prognose oder prognostisch-relevante Genetik? 133

Sebastian Burkart & Maja Hempel

- | | | |
|---|--|-----|
| 1 | Genetik – Humangenetik – Genetische Variation | 134 |
| 2 | Die humangenetische (R)-Evolution: Wie die Humangenetik unser Verständnis von Gesundheit und Krankheit verändert | 136 |
| 3 | Vom Erbgut zur Erkrankung: Wie genetische Variationen den Krankheitsverlauf beeinflussen | 138 |
| 4 | Durch die Glaskugel der Gesundheit: Prädiktive Diagnostik und die Revolution der medizinischen Vorhersage | 139 |

Das Lebensende absehen – Prognosefindung als (palliativ-)medizinisches Erfordernis 145

Bernd Alt-Epping

- | | | |
|---|--|-----|
| 1 | Prognose als therapiebestimmender Faktor | 146 |
| 2 | Ethische und gesellschaftliche Implikationen der Prognosefindung | 147 |
| 3 | Schwierigkeiten der medizinischen Prognoseeinschätzung | 148 |
| 4 | Wege aus der Prognose-Problematik | 150 |
| 5 | Conclusio | 155 |

Poliomyelitis – Folgen fehlgeschlagener Prognosen bei der Ausrottung von Infektionskrankheiten 159

Olaf Müller

- | | | |
|---|----------------------------|-----|
| 1 | Einführung | 160 |
| 2 | Epidemiologie und Klinik | 161 |
| 3 | Geschichte des GPEI | 162 |
| 4 | Aktuelle Entwicklungen | 163 |
| 5 | Herausforderungen für GPEI | 165 |
| 6 | Diskussion | 166 |

Geschichtswissenschaft und Zukunftsvorstellungen **171**

Cord Arendes

1	„Rückwärtsgekehrte Propheten“ oder „Disziplin der Besserwisser“?	172
2	Geschichtswissenschaft und Zukunft	173
3	Prognosen über „die Welt in 100 Jahren“ gestern und heute	176
4	Zusammenfassung	185

Chinas spektakuläre Zahlen – von Prognosen, Dichotomien und Erkenntnissen über uns selbst **191**

Anja Senz & Zhu Yi

1	Einleitung	191
2	Die Bewunderung der Zahlen	192
3	Die Dichotomie der China-Prognosen	193
4	China als Superlativ	194
5	Chinesische Zukunftsvisionen	195
6	Chinas Zukünfte aus westlicher Sicht	197
7	Die Krise der China-Prognose	198
8	Charakteristika der China-Prognosen	200
9	China als Projektionsfläche	202

Grenzen der Inflationsprognosen der EZB **207**

Christian Conrad und Zeno Enders

1	Einführung	207
2	Probleme der Inflations-Projektionen	208
3	Grenzen der Prognostizierbarkeit	209
4	Schlussbemerkungen	213

Vorwort

Michael Wink und Vera Nünning

Im vorliegenden neunten Band der **Heidelberger Jahrbücher Online** (HDJBO), den die „Gesellschaft der Freunde Universität Heidelberg e. V.“ unter Federführung von Michael Wink und Vera Nünning herausgibt, haben sich die Autorinnen und Autoren des Bandes diesmal mit dem Thema „Prognosen in der Wissenschaft“ auseinandergesetzt. Bei den ersten acht Bänden hatte der Psychologe Joachim Funke als Ko-Herausgeber mitgewirkt; seit 2023 hat Vera Nünning diese Aufgabe übernommen.

Wir leben in einer Welt, die seit jeher im Wandel und ungewiss ist. Die Veränderlichkeit betrifft den Zustand unseres Planeten genauso wie Politik, Volkswirtschaft, Klima, Wetter, Umwelt oder unser eigenes Leben. Der griechische Philosoph Heraklit von Ephesos (* um 520 bis um 460 v. Chr.) hat diesen Zustand treffend mit „*panta rei*“ („alles fließt“) charakterisiert.

Wir Menschen haben offensichtlich das Bedürfnis, in die Zukunft zu schauen. Das betrifft in einem größeren Rahmen Dinge, die für uns selbst, für die Gesellschaft und das Leben auf der Erde sehr wichtig sind, ebenso wie kleinere Dinge, die unwichtig sind, wenn man sie mit etwas Distanz betrachtet. Wir möchten wissen, wie sich unser persönliches Leben und das unserer Angehörigen, wie sich Umwelt, Politik und Finanzmärkte entwickeln oder eher banal, wo der nächste Verkehrsstau zu erwarten ist oder wie das Wetter in den kommenden Tagen werden wird.

Hier kommen jetzt die Prognosen ins Spiel, um die es in dieser Anthologie gehen wird. Schon in der vorwissenschaftlichen Zeit haben Menschen versucht, zukünftige Ereignisse vorherzusagen. Sie nutzten dazu diverse Prognosetechniken, wie Würfeln, die Eingeweideschau, die Analyse des Vogelflugs oder von Wolkenformationen ebenso wie Orakel. Meist erhielt man ungenaue, mehrdeutige oder allgemein gehaltene Voraussagen. Da oft etwas bei den Vorhersagen und Prophezeiungen zutraf, war man früher vom Wert solcher Prognosen überzeugt. Heute würden wir sie eher als okkult, esoterisch und nicht verlässlich bewerten.

Seit der Aufklärung, der Etablierung der Wissenschaft und von wissenschaftlichen Methoden sollten wir eigentlich in der Lage sein, von den okkulten Prognosetechniken Abschied zu nehmen und unsere Prognosen auf eine wissenschaftliche Basis zu stellen. Oft entwickeln sich zukünftige Ereignisse ähnlich wie in der Vergangenheit. Wenn wir also die Vergangenheit gründlich analysiert haben und gut kennen, sollte

es möglich sein, auf der Basis von wissenschaftlichen Daten valide Prognosen für die Zukunft abzugeben. Leider funktioniert dieser Ansatz jedoch nur bei einfachen Sachverhalten. Viele Prozesse in unserem Leben, Umwelt und Gesellschaft werden von mehr als einer Variablen gesteuert und verlaufen nicht linear. Zudem sind viele Prozesse komplex, manchmal auch chaotisch oder gänzlich vom Zufall beeinflusst, was Vorhersagen erschwert oder unmöglich macht. Dennoch sind wir insbesondere in den neuen Medien umgeben von nicht zutreffenden, und bei genauerem Hinsehen wenig überzeugenden Voraussagen, die nichtdestotrotz Emotionen erregen und uns zu wenig rationalen Handlungen verführen. Prognosen werden nicht nur auf der Basis von soliden wissenschaftlichen Methoden erstellt, sondern auch politisch oder medial manipuliert. Die Wissenschaft hat uns Werkzeuge an die Hand gegeben (wie die Statistik, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Modellierung), um Prognosen zu erstellen und um falsche oder übertriebene Vorhersagen zu erkennen. Auch innerhalb der Wissenschaften ist die Belastbarkeit von Prognosen in mancherlei Hinsicht umstritten. Einerseits möchten wir in die Zukunft schauen, allein schon um unser eigenes Verhalten besser planen zu können. Andererseits bleibt die Frage, wie verlässlich wissenschaftliche Prognosen sind, offen.

Das vorliegende Jahrbuch enthält elf Beiträge, in denen Kolleginnen und Kollegen aus den Kultur- und Geisteswissenschaften, den Naturwissenschaften und der Medizin Antworten auf diese Frage geben. Diese Beiträge analysieren „Prognosen in der Wissenschaft“ aus unterschiedlicher Perspektive. Wir haben unseren Autorinnen und Autoren viel Freiheit eingeräumt; daher sollten Leserinnen und Leser nicht überrascht sein, dass sich Aussagen in einigen Beiträgen auch widersprechen. Aber im wissenschaftlichen Diskurs müssen auch unterschiedliche Ansichten zu Wort kommen und ernst genommen werden.

Die ersten drei Beiträge des Handbuchs beleuchten „Prognosen in der Wissenschaft“ aus Sicht der Psychologie, Mathematik und Informatik. Danach folgen fünf Beiträge aus dem Bereich der Biologie und Medizin, in der Vorhersagen über den Verlauf einer Krankheit und der Wirkung der eingesetzten Behandlungsmethoden eine offenkundige, oftmals lebensbedrohliche Bedeutung haben. Drei Beiträge aus dem Bereich der Geistes- und Wirtschaftswissenschaften runden das Jahrbuch ab.

Aus psychologischer Sicht setzen sich **Joachim Funke** und **Lenelis Kruse** mit der Allgegenwärtigkeit von Prognosen ebenso auseinander wie mit der Frage, warum Menschen in der Regel so wenig aus ihnen lernen. In einer breit angelegten Einführung betonen sie die Bedeutung von Vorhersagen in einer großen Bandbreite von Bereichen, die von der Medizin über die Wirtschaft (von der Schufa-Auskunft bis zur Börse) bis zur Politik reichen. Am Beispiel des Klimawandels, auf den renommierte Forscher in zahlreichen Publikationen seit den 1970er Jahren hingewiesen haben, zeigen sie die Gründe, die verhindern können, dass aus Wissen und Intentionen auch entsprechende

Handlungen resultieren. In einem ebenso knappen wie interessanten Abriss erörtern sie die Folgen von Phänomenen wie der ‚*self-fulfilling prophecy*‘ und der Neigung, Dinge, die zeitlich und räumlich entfernt erscheinen, als weniger wichtig einzustufen als nahe liegende Faktoren. Der Artikel verschweigt die kurzfristigen Vorteile von selbst gewählter Ignoranz nicht, zeigt aber auch auf, was zu tun ist, und welche Rolle Prognosen für einen rationalen Umgang mit dem Klimawandel spielen.

Christel Weiß führt uns als Mathematikerin in die Welt der statistischen Prognosetechniken ein, die es erlauben, aus empirischen Daten zukünftige Entwicklungen oder deren Auftrittswahrscheinlichkeit zu prognostizieren. Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung sind hervorragende Werkzeuge, um wichtige zukunftssträchtige Entscheidungen und Planungen, basierend auf umfangreichem Datenmaterial, zu treffen. Diverse Faktoren beeinflussen Wahrscheinlichkeiten für künftige Ereignisse oder den wahrscheinlichsten Verlauf einer Entwicklung. In diesem Beitrag werden statistische Verfahren für Prognosen vorgestellt, ihre Anforderungen und die Frage, wie die Ergebnisse eines prognostischen Modells zu interpretieren sind. In einer komplexen Welt kann auch die Statistik irren; die Ursachen für Fehleinschätzungen werden erörtert.

In ihrem grundlegenden Beitrag beleuchtet **Kerstin Cuhls**, warum auf Zahlen und Statistiken beruhende Prognosen grundsätzlich nur wenig belastbare Voraussagen über die Zukunft machen können, und stellt mit ‚*Foresight*‘ ein alternatives Modell für die Auseinandersetzung mit der Zukunft vor. Da Prognosen meist auf Berechnungen anhand von Daten aus vergangenen Entwicklungen beruhen, können sie für eine im Wandel begriffene Welt keine angemessenen Vorhersagen machen. So müssten gegenwärtige und gegebenenfalls zukünftig eintretende Faktoren wie Veränderungen in der Umwelt, und insbesondere politische Ereignisse (wie etwa der Ukraine-Krieg) oder ein Wandel im Konsumverhalten in die Rechnungen einbezogen werden. Diese sind aber anhand von Berechnungen und Statistiken, die sich auf Daten aus der Vergangenheit beziehen, nicht greifbar. ‚*Foresight*‘ hingegen bietet eine neue Möglichkeit der Befassung mit und Gestaltung von Zukunft, mit der u.a. am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung gearbeitet wird. Diese ‚Vorausschau‘ steht für die „strukturierte Auseinandersetzung mit komplexen Zukünften“, bei der verschiedene Personen und Disziplinen unter Berücksichtigung einer Fülle von Methoden der Zukunftsforschung zusammenarbeiten.

Michael Wink führt in die Geschichte und Problematik von Weissagungen, Prophezeiungen und Prognosen anhand von historischen Beispielen ein. Dann wendet er sich der Bedeutung der Wissenschaften für Prognosen in Biologie und Umweltwissenschaften zu. Am Beispiel der großen Naturforscher Carl Linné und Charles Darwin wird aufgezeigt, dass viele ihrer Prognosen stimmten, aber manchmal komplett versagten. In den Umweltwissenschaften hatten die Bücher von Rachel L. Carson (1962) „Der stumme Frühling“, Paul Ehrlich (1971) „Die Bevölkerungsbombe“ und vom *Club of*

Rome (1972) große Bedeutung. Sie wiesen nachdrücklich auf die zunehmende Bedrohung unserer Umwelt durch Umweltverschmutzung, Pestizideinsatz und Ressourcenverbrauch hin. Diese Autoren lagen mit vielen Grundannahmen und Prognosen richtig, irrten aber häufig in der zeitlichen Terminierung ihrer Vorhersagen, da sie technologische Entwicklungen nicht richtig antizipieren konnten. Auch Prognosen über den Rückgang der Biodiversität und dem potentiellen Artensterben sowie dem Einfluss von eingeführten fremden Organismen, also Neozoen und Neophyten, waren tendenziell zutreffend, lagen jedoch bei speziellen Prognosen oft daneben. Noch häufiger versagten und versagen Voraussagen über das zukünftige Wetter und das Klima. Bezeichnend ist die Aussage des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) aus dem Jahre 2001 zu den Langfristprognosen „*The climate system is a coupled non-linear chaotic system, and therefore the long-term prediction of future climate states is impossible*“. Klima- und Umweltvorhersagen treffen überall auf Aufmerksamkeit. Leider sind einige Autoren, NGOs und Medien der Versuchung erlegen, ihre Prognosen besonders dramatisch zu präsentieren und die Apokalypse in schrecklichen Szenarien zu beschreiben.

Ebenfalls mit Prognosen in der Biologie beschäftigt sich der Beitrag von **Claudia Erbar** und **Peter Leins**. Als Botaniker haben sich beiden Autoren intensiv mit der Blütenbiologie beschäftigt, insbesondere mit der Rolle von bestäubenden Arthropoden. Die Autoren erörtern zunächst den erschreckenden Rückgang von Insekten und anderen Gliederfüßern in allen Ökosystemen, vor allem in der industriellen Landwirtschaft, in der insektenschädigende Pestizide zum Einsatz kommen (s. auch Beitrag von M. Wink). Eine gesellschaftlich propagierte Lösung ist die Hinwendung zum Biologischen Landbau, der weitgehend auf Pestizide verzichtet. Eine weitere Erwartungshaltung besteht darin, dass Bio-Nahrungsmittel gesünder seien. Die Autoren erörtern die Vor- und Nachteile einer veganen Ernährung, die häufig im Zusammenhang mit Bio-Nahrungsmitteln propagiert wird. Hier spielen Prognosen und unrealistische Wunschvorstellungen eine große Rolle. Die Autoren verstehen sich als Omnivoren und stehen dem „reinen“ Veganismus kritisch gegenüber.

Die Humangenetiker **Sebastian Burkart** und **Maja Hempel** erörtern das Potential der genomischen Analysen für die Erkennung von genetisch bedingten Erkrankungen, wie z. B. Brustkrebs. Seit rund 20 Jahren werden menschliche Genome mittels „*Next Generation Sequencing*“ quasi am Fließband sequenziert. Daher existiert schon heute ein umfangreiches Detailwissen über die genetische Variabilität des menschlichen Genoms. Die Hoffnung der Genetiker, bald alle Krankheiten genetisch identifizieren zu können und dann gezielt behandeln zu können, hat sich nur bedingt erfüllt. Eine Reihe von Krankheiten ist monogen, d.h. Mutationen in nur einem Gen können für ein Krankheitsbild verantwortlich sein; sie lassen sich genetisch gut identifizieren. Die meisten Krankheiten sind jedoch polygen und viele Gene sind am Phänotyp beteiligt; hier ist die Analyse deutlich komplexer und nicht immer eindeutig. Da man heute das

Genom eines Patienten leicht sequenzieren kann, ergibt sich theoretisch die Möglichkeit einer evidenzbasierten Prognoseabschätzung, ob ein potentiell Risiko für eine Krankheit vorliegt; ob sie eintritt und wie jedoch eine Krankheit verläuft, kann meist aber nicht sicher vorhergesagt werden. Chancen und Grenzen der genetische Diagnostik werden in diesem Beitrag verständlich dargestellt.

Der Mediziner **Bernd Alt-Epping** erörtert einen anderen Bereich der Medizin, in dem Prognosen von großer Bedeutung sind. Eine wichtige Frage von schwer erkrankten Patienten betrifft den weiteren Verlauf der Krankheit und die verbleibende Lebenszeit. Die behandelnden Mediziner müssen also eine Prognose erstellen, die sehr stark von ihrer persönlichen Erfahrung und vom Allgemeinzustand eines Patienten abhängt. Auf dieser Basis wird entschieden, wie ein Patient zu behandeln ist, welche Risiken eine solche Behandlung mit sich bringt und ob sie sich lebensverlängernd auswirken kann. Leider gelingt eine valide medizinische Prognosefindung selbst in diagnostisch definierten Erkrankungssituationen nur bedingt, was die Grenzen der Prognostik in der Palliativmedizin aufzeigt.

Der Mediziner **Olaf Müller** schildert in seinem Beitrag den langen Weg der Medizin bei der Bekämpfung der Kinderlähmung, die durch Polioviren verursacht wird. Inzwischen wurden potente Impfstoffe entwickelt, mit denen eine Infektion durch Polio-Viren verhindert werden kann. Mediziner prognostizierten 1988, dass die Kinderlähmung schon im Jahre 2000 weltweit besiegt sein würde. Bis heute wurde eine Reduktion der Polio-Fälle um 99 % erreicht, aber eine komplette Ausrottung wurde bislang nicht realisiert obwohl sie immer wieder prognostiziert wurde. Ob eine Eliminierung von Polio überhaupt ein realistisches Ziel ist, wird in diesem Beitrag im Detail diskutiert. Denn Polio hält sich nicht an die Prognosen, da die Viren mutieren und nichtvorhersagbare Veränderungen in den politischen Systemen oder lokale Umweltbedingungen eine Impfung aller Kinder erschweren.

Auch der Historiker **Cord Arendes** setzt sich mit der Problematik von Prognosen auseinander, deren Möglichkeiten und Grenzen er kurz aus historischer Sicht skizziert. Vor allem beleuchtet sein Beitrag jedoch die Bedeutung von historischen Voraussetzungen für die Geschichtswissenschaft. Anhand einer vergleichenden Analyse von zwei Büchern zeigt der Autor, dass es nicht darum geht, einige Prognosen im Nachhinein als (teils oder gänzlich) falsch oder richtig zu bewerten. Vielmehr befasst er sich mit zwei Werken, in denen unterschiedliche Persönlichkeiten aus den Bereichen Kunst, Wissenschaft und Journalistik im Jahre 1910 und 2012 vorhersagten, wie die Welt in 100 Jahren aussehen könnte, und zieht aus diesen Vorhersagen Rückschlüsse auf die zur Zeit der Publikation vorherrschenden Vorstellungen zu Themen wie Krieg, Frieden, dem Kräfteverhältnis in Europa oder technischem Fortschritt.

Gegensätzliche Prognosen über die Zukunft von China stehen im Mittelpunkt des Artikels der Sinologinnen **Anja Senz** und **Zhu Yi**. Auf der Grundlage von Statistiken

über das enorme Wirtschaftswachstum Chinas in den letzten Jahrzehnten sagen insbesondere chinesische Prognosen eine goldene Zukunft für die eigene Nation voraus. Dieselben Zahlen dienen ausländischen Beobachtern oft als Grund für Besorgnis, nicht nur aufgrund von deren Implikationen für die soziale Ungleichheit, die Ausbeutung von Ressourcen und Folgen für das Klima. Neben Befürchtungen bezüglich der Veränderung des globalen Kräfte-Verhältnisses, die ein weiteres Wachstum Chinas zur Folge haben könnte, wurde häufig der Zusammenbruch des politischen Systems in China (mit entsprechenden Folgen für globale Zusammenhänge) vorhergesagt. Dies hat sich jedoch bis jetzt offensichtlich nicht bewahrheitet. Auch die Prognose, dass sich durch den Handel mit China die innenpolitische Situation aus westlicher Sicht zum Positiven verändern würde, ist unlängst falsifiziert worden. In ihrem aufschlussreichen Artikel zeigen die beiden Autorinnen auch, dass die einseitige Fixierung auf Zahlen und Statistiken zu simplifizierenden Ansichten über China führt und der Komplexität der Lage nicht gerecht zu werden vermag.

Christian Conrad und **Zeno Enders** beleuchten die Relevanz und Verlässlichkeit von Prognosen für Entscheidungen der Europäischen Zentralbank aus Sicht der Wirtschaftswissenschaften. Obgleich deren Präsidentin Lagarde im Jahr 2022 die Problematik von Prognosen zur Entwicklung der Inflationsrate anerkannt hat, betonte sie im Rahmen des Entschlusses, die Zinsen im Juni 2024 zu senken, die Qualität der Prognosen, auf denen diese Entscheidung beruht. Conrad und Enders stellen jedoch auf der Basis eines Vergleiches der Vorhersagen der Inflation vergangener Jahre und den realen Entwicklungen fest, dass die Prognosen grundsätzlich nur für jeweils ein Jahr belastbar sind. Schon ein Jahr später sind sie nicht mehr informativ und verlässlich; der Einfluss „der aktuell verfügbaren Information auf die Prognosen“ nimmt ab, und die Prognoseunsicherheit steigt. Die Autoren schließen daraus, dass Prognosen, die sich auf einen Zeitraum von mehr als einem Jahr beziehen, nicht zur Grundlage geldpolitischer Entscheidungen werden sollten; zudem würde es das Vertrauen in die EZB steigern, wenn Prognoseunsicherheiten transparent kommuniziert würden.

Das **Heidelberger Jahrbuch** erscheint als e-Book; es kann jedoch auch als Hardcover erworben werden. Die „open access“ Strategie hat sich bewährt, da sie eine größere Verbreitung als die Print-Version gewährleistet.

Die ersten acht Bände (*Stabilität*: Wink & Funke, 2016; *Citizen Science*: Wink & Funke, 2017; *Mobilität*: Funke & Wink, 2018; *Schönheit*: Funke & Wink, 2019; *Entwicklung*: Funke & Wink, 2020; *Intelligenz*: Holm-Hadulla, Funke & Wink, 2021; *Vier Elemente*: Funke & Wink, 2022; *Krieg, Konflikt, Solidarität*: Funke & Wink, 2023) haben seit ihrem Erscheinen 2016 über 25.000 Downloads zu verzeichnen. Natürlich sind Download-Zahlen noch kein Indikator für breitere Wirkung, aber das waren die (deutlich niedrigeren!) Verkaufszahlen der alten Print-Ausgaben auch nicht. Auch diesem nun vorliegenden neunten Band der Heidelberger Jahrbücher Online wünschen wir

daher angemessene Verbreitung und Beachtung! Wir sind gespannt, wie unser Jahrgangsthema aufgenommen wird. Feedback ist wie immer erwünscht!

Wir bedanken uns für die wie immer harmonische Zusammenarbeit beim Team der „Heidelberg University Publishing“ unter Leitung von Frau Dr. Maria Effinger, insbesondere Benjamin Schnepf und Anja Konopka.

Die Beiträge wurden von Michael Wink in eine Formatvorlage von heiUP für InDesign übertragen. Bei der Fertigstellung des Buch-Satzes und bei der Gestaltung des Covers war Janna Marten (echtweiß Kreativagentur) eine große Hilfe. Natürlich wäre die Herausgabe des Jahrbuchs nicht ohne die finanzielle Unterstützung durch die „Gesellschaft der Freunde Universität Heidelberg e. V.“ möglich, bei deren Mitgliedern wir uns herzlich bedanken.

Heidelberg, im Sommer 2024

Michael Wink (Biologie)

Vera Nünning (Anglistik)

Literatur

- Funke, J., & Wink, M.** (Hrsg.). (2018). *Perspektiven der Mobilität* (Heidelberger Jahrbücher Online Band 3). Heidelberg University Publishing. <https://doi.org/10.17885/heiup.hdjbo.2018.0>
- Funke, J., & Wink, M.** (Hrsg.). (2019). *Schönheit: Die Sicht der Wissenschaft* (Heidelberger Jahrbücher Online Band 4). Heidelberg University Publishing. <https://doi.org/10.17885/heiup.hdjbo.2019.0>
- Funke, J., & Wink, M.** (Hrsg.). (2020). *Entwicklung – Wie aus Prozessen Strukturen werden* (Heidelberger Jahrbücher Online Band 5). Heidelberg University Publishing. <https://doi.org/10.17885/heiup.hdjbo.2020.0>
- Funke, J., & Wink, M.** (Hrsg.). (2022). *Die vier Elemente* (Heidelberger Jahrbücher Online Band 7). Heidelberg University Publishing. <https://doi.org/10.17885/heiup.hdjbo.2022.1>
- Funke, J., & Wink, M.** (Hrsg.). (2023). *Krieg, Konflikt, Solidarität* (Heidelberger Jahrbücher Online Band 8). Heidelberg University Publishing. <https://doi.org/10.17885/heiup.hdjbo.2023.1>
- Holm-Hadulla, R. M., Funke, J., & Wink, M.** (Hrsg.). (2021). *Intelligenz – Theoretische Grundlagen und praktische Anwendungen* (Heidelberger Jahrbücher Online Band 6). Heidelberg University Publishing. <https://doi.org/10.17885/heiup.hdjbo.2021.1>
- Wink, M., & Funke, J.** (Hrsg.). (2016). *Stabilität im Wandel* (Heidelberger Jahrbücher Online Band 1). Heidelberg University Publishing. <https://doi.org/10.17885/heiup.hdjbo.2016.0>
- Wink, M., & Funke, J.** (Hrsg.). (2017). *Wissenschaft für alle: Citizen Science* (Heidelberger Jahrbücher Online Band 2). Heidelberg University Publishing. <https://doi.org/10.17885/heiup.hdjbo.2017.0>

Warum Prognosen einerseits wichtig sind und warum sie andererseits nicht wirklich helfen

Joachim Funke & Lenelis Kruse

Psychologisches Institut, Universität Heidelberg

Zusammenfassung Der Blick in die Zukunft scheint wichtig. Prognosen werden in allen Lebensbereichen gestellt, es existiert ein hoher Bedarf, auch wenn viele Prognosen scheitern. Das erstaunlichste Phänomen jedoch: Es gibt eine ganze Anzahl an ernst zu nehmenden Prognosen, die kaum Konsequenzen haben. Am Beispiel der Klimaprognosen wird dies verdeutlicht: Obwohl Wissenschaftler seit Jahren auf die Gefahren des hohen CO₂-Ausstoßes hinweisen, gibt es kaum Verhaltensänderungen. Scheren wir uns doch nicht um Prognosen? Ist der *Homo sapiens* gar ein *Homo ignorans*?

1 Einführung

Bereits in der Antike gab es eine Leberschau, die dem Herrscher den günstigen Moment (gr. „Kairos“) vorherzusagen hatte, an dem er z. B. einen Angriff auf seine Gegner führen sollte (Maul, 2013, 2015). Die Entdeckung des Planeten Neptun im Jahr 1846 durch Johann Galle war etwa das Ergebnis von astronomischen Berechnungen, die aus Abweichungen anderer Planetenbahnen auf die Existenz eines bis dahin unbekanntes Planeten schließen ließen.

In der Astronomie ist die Vorhersage von Ereignissen wie z. B. einer totalen Sonnenfinsternis spektakulär: Behauptet wird etwa, dass Thales von Milet bereits im Jahr 585 vor Christus die erste zutreffende Vorhersage einer derartigen Sonnenfinsternis gemacht habe – Wenskus (2016) z. B. hält das aus guten Gründen für eine Legende.

Im Unterschied zu Prophezeiungen von Propheten oder Götterboten haben wissenschaftlich begründete Vorhersagen einen Hintergrund in Erklärungssystemen (Theorien), aus denen sie abgeleitet werden. In der Wissenschaft gilt eine Theorie dann als besonders wertvoll, wenn sie korrekte Vorhersagen macht. Das Experiment ist die klassische Methode der Naturwissenschaften zur Prüfung von Vorhersagen. Hier wird häufig mit statistischen Methoden das Eintreffen von Hypothesen beurteilt

(für die Psychologie siehe z. B. Bredenkamp, 1972). In anderen Wissenschaftsdisziplinen sind Einzelfallvorhersagen wichtig: In der Medizin etwa wird vom Arzt erwartet, dass er individuell zutreffende Prognosen abgibt über den Krankheitsverlauf der ihm anvertrauten Personen. Statistische Angaben sind dabei eher im Hintergrund zur Rechtfertigung bestimmter Entscheidungen gefordert. Ein Architekt etwa soll die Tragfähigkeit einer Brücke beurteilen und dabei eine Prognose der Haltbarkeit einer spezifischen Brücke liefern. Statistische Angaben über die durchschnittliche Haltbarkeit von Brücken sind dabei zweitrangig, aber natürlich hilfreich.

Das Gegenstück zur Vorschau ist die Rückschau. Im Nachhinein ist man immer schlauer – in der Psychologie gibt es dafür den Begriff des „Rückschau-Fehlers“ („*hindsight bias*“, siehe etwa Pohl, 2004; Pohl et al., 2002). Dieser Fehler besteht darin, dass man rückschauend meint, ein eingetretenes Ereignis (z. B. einen Wahlausgang) korrekt vorhergesehen zu haben.

Vorhersagen werden für alle möglichen Lebensbereiche gemacht (es folgt eine willkürliche Auswahl): Kreditwürdigkeit („Schufa“; z. B. Oehler, 2021), Verbrechen („*predictive policing*“; z. B. Egbert, 2020), Therapieabbruch (z. B. Scheller & Klein, 1984), Börse und Aktienmarkt (z. B. Zschaber, 2008), Güte der Systemsteuerung (z. B. Funke & Müller, 1988). Im wirtschaftlichen Kontext spielt die „Fortführungsprognose“ (überlebt das Unternehmen die kommenden 12 Monate?) neuerdings eine zunehmend wichtige Rolle. Die Liste ließe sich beliebig verlängern.

Die Vorhersage der Lebenserwartung bzw. Sterblichkeit von Menschen ist nicht nur für Versicherungen existentiell. Hansen und Pflaumer (2011) beschreiben die gängigen Methoden der Sterblichkeitsberechnung. Überall dort, wo Sterbetafeln verfügbar sind (siehe <https://www.mortality.org>), kann eine Mortalitätswahrscheinlichkeit bestimmt werden. Natürlich ist auch das wieder keine individuelle Prognose, sondern eine statistische.

In der Neuzeit sind es vor allem Wahlprognosen, die große Aufmerksamkeit auf sich ziehen. In politischen Kontexten sind Prognosen sehr wichtig (z. B. warum hat der israelische Geheimdienst die Attacken der Hamas im September 2023 nicht vorhersehen können?). Aber auch im Gesundheitsbereich hat uns gerade Corona gezeigt, wie wichtig Vorhersagen des Ausbreitungsverlaufs von möglichen Ansteckungen sind. Auch dort hat es viele Menschen gegeben, die den Warnungen der Prognostiker keinen Glauben geschenkt haben. Nachfolgend wollen wir vor allem auf eine Art von Prognosen näher eingehen, die anscheinend schicksalhaft übersehen wird (oder nicht zu Verhaltenskonsequenzen führt): Klimaprognosen.

Bevor wir dazu kommen, muss noch der Unterschied zwischen solchen Prognosen erwähnt werden, die sich auf bereits vorliegende statistische Wahrscheinlichkeiten berufen können (z. B. Lottogewinn), und solchen, die bisher unbekannte Ereignisse betreffen (in der Risikoforschung: bekannte versus unbekannte Risiken; siehe Eichberger

et al., 2023). Das ist für die Klimaprognosen insofern wichtig, als die bislang noch gar nicht wahrnehmbaren Folgen inzwischen immer häufiger konkret werden und nicht nur in weiter kaum vorstellbarer Ferne auftreten, sondern den Erfahrungsräumen von Menschen immer näher kommen – was wir ja gerade in den letzten Jahren (und besonders seit der Ahrtal-Katastrophe und den letzten Bränden, sonstigen Hochwassern, Hitzeperioden mit vermehrten Todesfällen) immer deutlicher bemerken.

2 Prognosen

2.1 Prognosen zum Klimawandel

Spätestens seit James Hansen, Klimaforscher der NASA, am 23.6.1988 vor dem US-amerikanischen Senat eine klare und eindringliche Ansage machte („Alle diese Beweise zusammen belegen in meinen Augen sehr deutlich, dass der anthropogene Treibhauseffekt existiert und unser Klima verändert“), wussten viele von den bevorstehenden Gefahren - am meisten wussten übrigens Ölkonzerne wie z. B. Exxon, hielten ihre Erkenntnisse aber zurück; vielmehr bildeten sie mit anderen Ölmultis eine „*global climate coalition*“, die bis zu ihrer Auflösung 2002 mit vielen Millionen Dollar systematisch die Ergebnisse der Klimaforschung in Zweifel gezogen hat (siehe dazu Supran et al., 2023). Klaus Hasselmann, Nobelpreis für Physik 2021, hat in zahlreichen Aufsätzen seit den 1970er Jahren auf den anthropogenen Treibhauseffekt hingewiesen (z. B. Hasselmann, 1997) und musste viel Kritik ertragen.

Klimawandel (siehe z. B. Rahmstorf & Schellnhuber, 2006) ist eines der drängendsten Probleme unserer Zeit, führt aber nicht zu den drastischen Verhaltensänderungen, die eigentlich gefordert wären angesichts der jetzt schon eingetretenen Überschreitungen einiger planetarer Grenzen (der „Erfinder“ dieses Begriffs ist Johan Rockström, siehe Rockström et al., 2009; zur Überschreitung von Grenzen siehe Richardson et al., 2023). Mit diesem letzten oder einem ähnlich klingenden Satz zum Klimawandel, der längst von immer mehr Experten weltweit als drängendstes Problem der Weltgemeinschaft erkannt wurde und trotzdem nicht zu den dringend erforderlichen drastischen Verhaltensänderungen geführt hat, beginnt heute jeder zweite Artikel in den Medien oder auch in wissenschaftlichen/ populärwissenschaftlichen Auseinandersetzungen mit den Folgen des Klimawandels. Auch die wiederholt seit dessen Gründung im Jahr 1988 vom IPCC („*Intergovernmental Panel on Climate Change*“) vorgetragenen Warnungen und Prognosen wurden nicht mit der Dringlichkeit behandelt, die sie verdient hätten.

Für die Umweltpsychologie (und nicht nur für diese) stellt sich die Frage, ob wirklich ein Kausalpfad vom Wissen zum Handeln führt (Kruse, 1995; Kruse & Funke, 2023). Die lange gehegte Hoffnung, dass wenn man nur genügend Aufklärung über die langfristigen Folgen des Klimawandels betreibt, Politiker und Betroffene schon

entsprechend handeln würden, hat sich als trügerisch herausgestellt und ist in der Psychologie schon lange als „*intention-behavior gap*“ bekannt (zum Hintergrund siehe Connor & Norman, 2022). Es gibt jedoch auch alternative Erklärungen für die Kluft zwischen Wissen und Handeln (s. Kruse, 2003).

2.2 Komplexitätsreduktion und Vermeidung von Unsicherheit

Dass Menschen sich für ihre Zukunft interessieren, hat mit der Bewältigung von Unsicherheit zu tun. Man möchte Unsicherheit reduzieren und Komplexität bewältigen (z. B. Döring-Seipel & Lantermann, 2015; Funke, 2018; Lantermann, 2016). Das Streben nach Sicherheit führt zu einer Komplexitätsreduktion, die zu fehlerhaften Weltmodellen (einschließlich Verschwörungsideologien; siehe Nocun & Lamberty, 2020) führen kann.

Interessant in diesem Kontext ist die *self-fulfilling prophecy* (z. B. erkennbar am Placebo-Effekt: ein wirkungsloses Präparat erzeugt durch den Glauben an einen Wirkeffekt eben diesen Effekt). Ein Beispiel: Das Vorurteil, dass Mädchen schlecht in Mathematik seien, lässt bei Aktivierung dieses Stereotyps Mädchen tatsächlich schlechter bei Mathe-Aufgaben abschneiden (stereotype threat; Steele, 1997). Hier zeigt sich die Verhaltensrelevanz von – in diesem Fall: unzutreffenden – Annahmen über die Zukunft, und das Tragische daran: die Prognose bewahrheitet sich dann auch noch („self-fulfilling“)... Allerdings wirkt diese Prophezeiung auch in die andere Richtung (stereotype lift; Hermann & Vollmeyer, 2017).

2.3 Umgang mit Zeit

Des Weiteren haben wir es in manchen Fällen mit einer „psychologischer Distanz“ zu tun. Zeitliche Abwertung in Bezug auf Nachhaltigkeit kommt dann zum Tragen, wenn es um Risiken in ferner Zukunft versus heutige Risiken geht: Das drohende Loch im Zahn kommt erst in einigen Jahren zum Tragen; da schiebt man den vorbeugenden Zahnarztbesuch noch ein wenig auf die lange Bank – obwohl er jetzt zwar lästig, aber die Behandlung deutlich schmerzfreier wäre. In der „*Construal Level Theory*“ (Trope & Liberman 2010) wird diese Distanz sowohl zeitlich als auch räumlich verstanden. Ökonomen bezeichnen unter dem Stichwort „*Discounting*“ (Abwertung) einen Bewertungsprozess, wonach zehn Euro jetzt einen höheren Wert haben als zehn Euro, die man erst in einem Jahr erhält. Zeitliches Discounting kommt dann zum Tragen, wenn es um Risiken in 50 Jahren versus Risiken heute geht: Die Auswirkungen einer weltweiten Vier-Grad-Erhöhung im Jahr 2100 werden nur die wenigsten heutigen Zeitgenossen

noch erleben. Die Zunahme von Wirbelstürmen, starkregenbedingten Überflutungen oder sommerlichen Hitzeperioden sind dagegen heute schon direkt erfahrbar.

2.4 Prognose-Experten

Philip Tetlock und Dan Gardner (2015) haben im „*Good Judgment Project*“ Zehntausende von Menschen gebeten, globale Ereignisse vorherzusagen. Einige der Freiwilligen haben sich als erstaunlich gute Prognostiker erwiesen. Sie haben andere Benchmarks, Konkurrenten und Prognosemärkte („*prediction markets*“; das sind virtuelle Handelsplätze, auf denen Wetten über zukünftige Ereignisse wie z. B. Präsidentschaftswahlen abgegeben werden können) übertroffen. Sie haben sogar das kollektive Urteil von Geheimdienst-Analysten mit Zugang zu geheimen Informationen übertroffen. Sie sind „Superprognostiker“. Das bedeutet: Für gute Prognosen sind keine leistungsstarken Computer oder geheimen Methoden erforderlich. Es geht darum, Beweise aus einer Vielzahl von Quellen zu sammeln, probabilistisch zu denken, in Teams zu arbeiten, den Überblick zu behalten und bereit zu sein, Fehler zuzugeben und den Kurs zu ändern. Damit wären prinzipiell auch Konflikte auf internationaler Ebene vorhersagbar, vorausgesetzt man hört auf diese Prognostiker.

2.5 Lust an Vorhersagen

Das Vermögen, gedanklich in die Zukunft zu schauen, kann auch Vergnügen bereiten: Der Mensch besitzt – rein sprachlich gesehen – mit der Möglichkeit von Futur und Futur 2 zwei Ausdrucksformen, um über zukünftige Ereignisse zu reden. Mit der Phantasie (siehe Kunz, 1946) ist ein Schlüssel zur Kreativität gegeben, die den Menschen zur Lösung vieler Probleme und zur Erzeugung berührender Werke befähigt.

Das Vermögen zur Planung der Zukunft (Funke & Fritz, 1995) kann durchaus vergnüglich sein, auch wenn manche Lebensereignisse (z. B. Hochzeit) bei ihrer Planung inzwischen der Hilfe von Profis bedürfen, die den „schönsten Tag des Lebens“ (so die Prognose) unvergesslich machen sollen.

Natürlich können wir den Blick in die Zukunft auch pessimistisch gestalten. Mit Weltuntergangsvorstellungen („Apokalypse“) kann man sich das Leben schwer machen – wäre da nicht das „Prinzip Hoffnung“ (Bloch, 1959), das Menschen über Jahrhunderte hinweg mit Utopien einer besseren Zukunft am Leben gehalten hat.

2.6 Homo ignorans

Wollen wir überhaupt alles wissen? Hertwig und Engel (2016) sprechen von „deliberater Ignoranz“, also absichtlichem Nichtwissen, die den „*Homo ignorans*“ ausmache. Sie unterscheiden verschiedene Arten der bewussten Ignoranz: (1) als Hilfe zur Emotionsregulierung und Bedauernsvermeidung, (2) zur Spannungs- und Überraschungsmaximierung, (3) zur Leistungssteigerung, (4) als strategisches Mittel in vier verschiedenen Absichten: (4a) Erzielung von Verhandlungsvorteilen, (4b) Selbstdisziplinierung, (4c) Abwendung von Verantwortung, (4d) Vermeidung von Haftung, (5) zur Sicherung von Unparteilichkeit und Fairness, (6) für Kognitive Nachhaltigkeit und Informationsmanagement.

Hertwig und Engel (2016) machen deutlich, dass wir viel mehr Wissen verfügbar haben über Neugier und Wissenserwerb als über Wissensvermeidung. Offensichtlich liegt hier ein unter-beforschtes Phänomen vor, „*a promising opportunity for multiple disciplines to work together to examine the cognitive and emotional underpinnings; rationality; ethics; and sociocultural, institutional, and political implications of deliberate ignorance.*“ (Hertwig & Engel, 2016, p. 368).

Diese Feststellung wird allerdings nicht mehr lange aufrechterhalten werden können, da „*willful ignorance*“ (Vu et al., 2023) angesichts der zunehmenden Komplexität der auch erfahrbaren globalen Weltgemeinschaft auf diesem Planeten sowie der wahrnehmbaren planetaren Grenzen immer weiter zunimmt (Norgaard, 2006; Stoll-Kleemann, O’Riordan & Jaeger, 2001). Da reicht dann ein bloßes Verleugnen oder Verdrängen der Prognosen und mehr noch der offensichtlichen, immer häufiger wahrnehmbaren Folgen des Klimawandel nicht aus, sondern man verweigert sich gänzlich dem Zur-Kennntnis-Nehmen. Das gilt inzwischen auch für das Agieren „der Politik“ und anderer Bereiche z.B. von Verwaltungen, zuständig für Krisenanalyse und Krisenbewältigung „Was ich nicht weiß, macht mich nicht heiß“ – man muss sich nicht ängstigen und muss auch nicht reagieren (Vu et al., 2023).

Ulrich Beck konnte in den achtziger Jahren vor dem Hintergrund der Gefahren durch Kernenergie (Tschernobyl), neuartiger Schadstoffe und weiterer noch unbekannter Risiken die „Risikogesellschaft“ (Beck, 1986) noch durch das „Nichterfahren aus zweiter Hand“ charakterisieren, da man sich mangels der Möglichkeit zu „Eigenerfahrungen“ ganz auf die Aussagen wissenschaftlicher Experten verlassen musste. Dies mag lange Zeit auch für den Klimawandel gegolten haben, falls man nicht schon immer das eine oder andere extreme Wetterereignis als sicheres Zeichen des Klimawandels „wahrgenommen“ bzw. interpretiert hat. Heute häufen sich, wie schon vor Jahrzehnten aus der Forschung prognostiziert, solche Extremereignisse (verheerende Flutkatastrophen, Dürreperioden, Waldbrände, Erdbeben usw.), so dass die Gelegenheiten zur

Nichterfahrung und damit auch zur Leugnung des Klimawandels prinzipiell immer geringer werden.

2.7 Warum scheitern Prognosen so oft?

Die „Gesellschaft zur wissenschaftlichen Untersuchung von Parawissenschaften“ (GWUP) ist als Organisation der Skeptikerbewegung an der Güte von Vorhersagen interessiert. Sie führt seit vielen Jahren sog. „Prognosenchecks“ durch. Im letzten vorliegenden Bericht, der Ende 2023 die für dieses Jahr gemachten Vorhersagen (von Wahrsagern, Hellsehern etc.) bewertet, heißt es lapidar: „Wirklich spektakuläre Treffer waren nicht zu erkennen. Wenn es Treffer gab, dann waren sie trivial.“ (GWUP 2023, S.6). Das hat auch mit der mangelnden Vorhersagbarkeit von komplexen Systemen zu tun; Kimmel (2023) etwa macht deutlich, dass angesichts der „*signatures of complexity*“ (vor allem Nicht-Linearität) solche komplexen Systeme schwer vorherzusagen sind. Eine der wenigen Vorhersagen, zu denen wir uns hinreissen lassen, betrifft Weltuntergangs-Prognosen (Apokalypsen) – diese Art von Prognosen kommt immer wieder! Und – so macht es Maarten Keulemans (2010) in seinem unterhaltsamen Buch „Exit mundi. Die schönsten Weltuntergänge“ deutlich – irgendwann wird die Welt, die wir kennen, wirklich untergehen. Die Dinosaurier sind ja auch irgendwann ausgestorben. Warum scheitern Prognosen so oft?

Nicht „Prognosen, die zutreffen oder nicht“, sind das Hauptproblem, sondern *false facts* und *fake news*, die vor allem auch durch die sozialen Medien umfassend und in Hochgeschwindigkeit verbreitet werden – auch als Basis oder Bestandteil von Prognosen (Nocun & Lamberty, 2020). Wir sehen das aktuell auch bei der Diskussion um die Aufstellung von Windrädern versus Umwelt- und Waldschutz.

3 Ausblick – Was ist zu tun?

Eine wichtige Implikation dieser Konzeption: Man muss Discounting abbauen, sowohl in zeitlicher wie in räumlicher Hinsicht, und zwar durch die Herstellung zeitlicher Nähe als auch durch die Herstellung räumlicher Nähe. Für den Bereich des Klimawandels würde das z. B. bedeuten: Die Botschaft sollte lauten „Klimawandel findet bereits heute statt, nicht erst in ferner Zukunft“, und „Klimawandel findet hier vor Ort statt, nicht nur an den Polkappen“. Die bereits heute im Nahbereich erfahrbaren Veränderungen durch den Klimawandel im „Hier und Jetzt“ sollten in den Fokus genommen werden. Prognosen sind wichtig, weil sie angesichts der Komplexität und Langfristigkeit und Ungewissheit von Klimaentwicklungen immer wieder ein update liefern zum status

quo des Klimageschehens und seiner möglichen Entwicklungspfade, einerseits zu Fortschritten bei der Verlangsamung des vorhergesagten Klimawandels (mitigation) und andererseits bei der Anpassung (adaptation) an nicht wieder rückholbare Veränderungen der Natursphäre in all ihren Facetten.

Ob oder inwieweit solche Erkenntnisse, wie sie z.B. die IPCC-Berichte (zuletzt: IPCC, 2023) liefern, auf den verschiedenen Ebenen individuellen und gesellschaftlichen Handelns wirksam werden, ist dabei noch längst nicht ausgemacht. Selbst die immer wieder bekräftigte normative Forderung nach Einhaltung eines 2,0- oder besser noch eines 1,5-Grad-Ziels für die mittlere Erwärmung unseres Planeten seit der Industrialisierung entfalten kaum eine erdumspannende Wirkung. Wir haben argumentiert, dass die Forschung uns immer mehr Erkenntnisse liefert zu den wirksamen Barrieren für das klimarelevante Handeln von Politik, Unternehmen, und Zivilgesellschaft auf all ihren unterschiedlichen Ebenen, in differenzierten Rollen und ganz verschiedenen konkreten Handlungskontexten. Wenn der Handlungsdruck jetzt zunehmend größer wird, kann man nicht auf die Beteiligung der Verhaltenswissenschaften verzichten. Hier ist es vor allem die Psychologie, als Teil von konzertierten, wissenschaftsbasierten Aktionen, die wirklich Mensch-Umwelt-Verhältnisse und die damit verbundenen Wechselwirkungen als Einheit in den Blick nehmen.

Eine wichtige Botschaft bleibt: Erfolgreiche Prognosen sind nicht immer gewünscht (in der COVID19-Pandemie hieß es: „*There is no glory in prevention*“). Was wir wissen wollen und was nicht: Am Ende scheint unser Streben nach Erkenntnissen, die die Zukunft betreffen, doch höchst selektiv zu sein. Wir halten es mehr mit dem Spruch von Laotse, der aus dem Taoismus stammen soll: „Wer Wissen hat, sagt nichts voraus. Diejenigen, die vorhersagen, haben kein Wissen.“ Oder auch aufklärerisch: „Wer nichts weiß, muß alles glauben“.

4 Danksagung

Wir bedanken uns bei Dr. Marlene Endepohls (Heidelberg) für wertvolle Kommentare und Korrekturvorschläge zu einer Vorfassung dieses Beitrags und bei den Herausgebern für ihre Geduld.

Literatur

- Beck, U.** (1986). *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne.* Suhrkamp.
- Bloch, E.** (1959). *Das Prinzip Hoffnung.* Suhrkamp.
- Bredenkamp, J.** (1972). Der Signifikanztest in der psychologischen Forschung. Akademische Verlagsgesellschaft.
- Conner, M., & Norman, P.** (2022). Understanding the intention-behavior gap: The role of intention strength. *Frontiers in Psychology*, 13, 923464. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.923464>
- Döring-Seipel, E., & Lantermann, E.-D.** (2015). *Komplexitätsmanagement: Psychologische Erkenntnisse zu einer zentralen Führungsaufgabe.* Springer Fachmedien.
- Eichberger, J., Funke, J., Mager, U., & Platt, U.** (2023). Risiko. In T. Meier, F. Keppler, U. Mager, U. Platt, & F. Reents (Eds.), *Umwelt interdisziplinär. Grundlagen – Konzepte – Handlungsfelder.* Heidelberg University Publishing. <https://doi.org/10.11588/HEIDOK.00033350>
- Funke, J.** (2018). „Wie soll man da durchblicken?“ Psychologische Aspekte einer Nachhaltigkeitsbildung. In T. Pyhel (Hrsg.), *Zwischen Ohnmacht und Zuversicht? Vom Umgang mit Komplexität in der Nachhaltigkeitskommunikation* (S. 49–57). Oekom.
- Funke, J., & Fritz, A.** (1995). Über Planen, Problemlösen und Handeln. In J. Funke & A. Fritz (Eds.), *Neue Konzepte und Instrumente zur Planungsdiagnostik* (pp. 1–45). Deutscher Psychologen Verlag.
- Funke, J., & Müller, H.** (1988). Eingreifen und Prognostizieren als Determinanten von Systemidentifikation und Systemsteuerung. *Sprache & Kognition*, 7, 176–186.
- GWUP (2023).** Die Prognosenauswertung der GWUP zum Jahr 2023. Roßdorf: Gesellschaft zur wissenschaftlichen Untersuchung von Parawissenschaften. <https://gwup.org/images/pdf/Prognosen-FAQ2023.pdf>
- Hansen, H., & Pflaumer, P.** (2011). Zur Prognose der Lebenserwartung in Deutschland: Ein Vergleich verschiedener Verfahren. *AStA Wirtschafts- und Sozialstatistisches Archiv*, 5, 203–219. <https://doi.org/10.1007/s11943-011-0108-0>
- Hasselmann, K.** (1997). Are we seeing global warming? *Science*, 276(5314), 914–915. <https://doi.org/10.1126/science.276.5314.914>
- Hermann, J. M., & Vollmeyer, R.** (2017). Das mathematische Selbstkonzept als Moderator des Stereotype-Threat- und Stereotype-Lift-Effekts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 31, 221–234. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000209>
- Hertwig, R., & Engel, C.** (2016). *Homo ignorans: Deliberately choosing not to know.* *Perspectives on Psychological Science*, 11, 359–372. <https://doi.org/10.1177/1745691616635594>
- IPCC (2023).** *Climate change 2022. Impacts, adaptation and vulnerability.* Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.001>
- Keulemans, M.** (2010). *Exit Mundi. Die besten Weltuntergänge.* dtv.
- Kimmel, M.** (2023). Inviting systemic self-organization: Competencies for complexity regulation from a post-cognitivist perspective. *Journal of Dynamic Decision Making*, 9(3). <https://doi.org/10.11588/JDDM.2023.1.93037>
- Kruse, L.** (1995). Globale Umweltveränderungen: Eine Herausforderung für die Psychologie. *Psychologische Rundschau*, 46, 81–92.
- Kruse, L.** (2003). Umweltverhalten – Handeln wider besseres Wissen? In G. Hempel & M. Schulz-Baldes (Hrsg.), *Nachhaltigkeit und globaler Wandel. Guter Rat ist teuer.* (S. 175–192).
- Kruse, L., & Funke, J.** (2023). Umweltpsychologie. In F. Keppler, U. Mager, T. Meier, U. Platt, & F. Reents (Eds.), *Umwelt*

- interdisziplinär. *Grundlagen – Konzepte – Handlungsfelder*. Heidelberg University Publishing. <https://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/31082/>
- Kunz, H.** (1946). *Die anthropologische Bedeutung der Phantasie*. Huber.
- Lantermann, E.-D.** (2016). *Die radikalisierte Gesellschaft. Von der Logik des Fanatismus*. Blessing.
- Maul, S. M.** (2013). Die Wahrsagekunst im Alten Orient – Zeichen des Himmels und der Erde. C.H. Beck. Maul, S. M. (2015). Telling the future: Reflections on the status of divination in ancient Near Eastern politics. In P. Meusburger, D. Gregory, & L. Suarsana (Eds.), *Geographies of knowledge and power* (pp. 123–133). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9960-7_5
- Nocun, K., & Lamberty, P.** (2020). *Fake facts: Wie Verschwörungstheorien unser Denken bestimmen*. Quadriga.
- Norgaard, K. M.** (2006) We don't really want to know. *Organization & Environment* 19, 347–370.
- Oehler, A.** (2021). Algorithmen und Scoring: Verfolgte Verbraucher? In P. Kenning, A. Oehler, & L. A. Reisch (Hrsg.), *Verbraucherwissenschaften: Rahmenbedingungen, Forschungsfelder und Institutionen* (2. Auflage, S. 365–382). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29935-4_19
- Pohl, R. F.** (2004). Hindsight bias. In R. F. Pohl (Hrsg.), *Cognitive illusions. A handbook on fallacies and biases in thinking, judgement and memory* (S. 363–378). Psychology Press.
- Pohl, R. F., Lachmann, G., Bender, M., & Lachmann, G.** (2002). Hindsight bias around the world. *Experimental Psychology*, 49, 270–282. <https://doi.org/10.1027//1618-3169.49.4.270>
- Rahmstorf, S., & Schellnhuber, H.-J.** (2006). *Der Klimawandel: Diagnose, Prognose, Therapie* (6. Aufl.). Beck.
- Richardson, K., Steffen, et.al.** (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9, 1–16. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- Rockström, J., Steffen, W., et al.** (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472–475.
- Scheller, R., & Klein, M.** (1984). Prognostizierbarkeit des Therapieabbruchs bei Rauschmittelabhängigen. *Zeitschrift für Klinische Psychologie*, 13, 230–245.
- Steele, C. M.** (1997). How stereotypes shape intellectual identity and performance. *American Psychologist*, 52, 613–629.
- Stoll-Kleemann, S., O'Riordan, T. & Jaeger, C.C.** (2001). The psychology of denial concerning climate mitigation measures: Evidence from Swiss focus groups. *Global Environmental Change*, 11, 107–117
- Supran, G., Rahmstorf, S., & Oreskes, N.** (2023). Assessing ExxonMobil's global warming projections. *Science*, 379, eabk0063. <https://doi.org/10.1126/science.abk0063>
- Tetlock, P. E., & Gardner, D.** (2015). *Superforecasting: The art and science of prediction*. Crown Publishers.
- Trope, Y., & Liberman, N.** (2010). Construal-level theory of psychological distance. *Psychological Review*, 117, 440–463. <https://doi.org/10.1037/a0018963>
- Vu, L., Soraperra, I., Leib, M., van der Weele, J. & Shalvi, S.** (2023). Ignorance by choice: A meta-analytic review of underlying motives of willful ignorance and its consequences. *Psychological Bulletin*, 149, 611–635.
- Wenskus, O.** (2016). Die angebliche Vorhersage einer Sonnenfinsternis durch Thales von Milet: Warum sich diese Legende so hartnäckig hält und warum es wichtig ist, ihr nicht zu glauben. *Hermes*, 144(1), 2–17. <https://doi.org/10.25162/hermes-2016-0001>
- Zschaber, M. C.** (2008). *Der Börse voraus: Überlegene Strategien für dauerhaften Erfolg an der Börse*. FinanzBuch Verlag.

Über die Autorin und den Autoren

Joachim Funke (geb. 1953 in Düsseldorf) ist seit 1997 Professor für Allgemeine und Theoretische Psychologie am Psychologischen Institut der Universität Heidelberg. Promoviert wurde er 1984 an der Universität Trier. Im Jahr 1990 habilitierte er sich an der Universität Bonn. Funke war Gastprofessor an verschiedenen Universitäten, darunter Fribourg (Schweiz), Melbourne (Australien), Nanjing (China) und Szeged (Ungarn). Seine primären Forschungsinteressen liegen im Bereich von Denken, Kreativität und Problemlösen. Seine Forschungsideen wurden unter anderem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, von verschiedenen Bundesministerien und von der Europäischen Union finanziell unterstützt. Funke hat zahlreiche Artikel in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht, Kapitel zu Fachbüchern beigetragen und eigene Bücher herausgegeben und veröffentlicht.

Von 2010 bis 2014 war er Vorsitzender der Internationalen Expertenkommission für Problemlösen im Rahmen der weltweiten PISA-Studien der OECD. Auf ihn geht ein Wechsel im Verständnis von Problemlösen zurück, der die Perspektive von statischem zu dynamischen Problemlöseaktivitäten verschiebt. Von der ungarischen Universität Szeged wurde ihm 2015 für seine Verdienste um die computerbasierte Erfassung von Problemlöseprozessen der Titel eines Ehrendoktors verliehen. Von Oktober 2011 bis März 2019 war Funke Sprecher des Akademischen Senats der Universität. Im April 2019 hat sein aktiver Ruhestand begonnen.

Lenelis Kruse (geb. 1942 in Berlin) begann 1962 das Studium der Psychologie an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, das sie 1966 mit dem Diplom abschloss. Sehr früh interessierte sie sich für das im akademischen Bereich neu entstehende Gebiet der Umweltpsychologie. 1972 promovierte sie bei Carl Friedrich Graumann mit einer Arbeit zur „Räumlichen Umwelt“, für die sie den Akademischen Preis der Universität Heidelberg erhielt. Es war dies die erste Dissertation in Deutschland im Bereich Umweltpsychologie (Kruse, 1974).

Nach einem post-doc-Studium als Research Associate am Graduate Center der City University of New York (1973–1974) habilitierte sie 1976 an der Universität Heidelberg mit einer Arbeit zur „Privatheit als Problem und Gegenstand der Psychologie“. Von 1978 bis 1985 erhielt sie ein Heisenberg-Stipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft. 1985 folgte sie dem Ruf an die Fernuniversität Hagen, wo sie bis zu ihrer Pensionierung 2007 lehrte. In dieser Zeit nahm sie auch Gastprofessuren an der Maison des Sciences d’Homme in Paris und der Universität Fribourg (Schweiz) wahr.

Seit Mitte der 1980er Jahre war sie Mitglied in verschiedenen Gremien und Beiräten, die sich multi- und interdisziplinär mit Problemen der Umwelt und später mit nachhaltiger Entwicklung beschäftigten, z. B. als Mitglied des

Wissenschaftsrates zur Begutachtung der gesamten Umweltwissenschaften an Universitäten, als Mitglied (1992–2000) des im Jahre der Rio-Konferenz etablierten Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU), als Mitglied der Deutschen UNESCO-Kommission und insbesondere (mehrere Jahrzehnte) als Mitglied des Deutschen Nationalkomitees für das UNESCO-Programm „Mensch und Biosphäre“. Als stellvertretende Vorsitzende des Nationalkomitees für die „UN-Dekade Bildung für nachhaltige Entwicklung (2005–2014)“ wie auch als stellvertretende Vorsitzende des Nachhaltigkeitsbeirats Baden-Württemberg (2006–2012) und als Vorsitzende des Internationalen wissenschaftlichen Beirats des Wuppertal-Instituts (seit 2005 bis heute) war sie immer darauf gerichtet, die Rolle der Sozial- und Verhaltenswissenschaften und v. a. der Psychologie für die Analyse und Bewältigung von Umweltproblemen deutlich zu machen. Neben ihren Forschungsinteressen im Bereich Globale Umweltveränderungen und der Rolle der Psychologie für die Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung hat sie in Heidelberg mehrere Jahre im Sonderforschungsbereich „Sprache und Situation“ Untersuchungen zur Konstruktion von Geschlecht durch Sprache am Arbeitsplatz und in Führungspositionen durchgeführt. Seit 1988 ist sie Honorarprofessorin am Psychologischen Institut der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg und lehrt dort bis heute sowohl im Masterstudiengang als auch für Hörer aller Fakultäten zu Schwerpunkten der Umweltpsychologie und zur nachhaltigen Entwicklung.

Korrespondenz

Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Funke  <https://orcid.org/0000-0001-9129-2659>
Universität Heidelberg
Psychologisches Institut
Hauptstr. 47–51
69117 Heidelberg, Germany
joachim.funke@psychologie.uni-heidelberg.de
<https://www.psychologie.uni-heidelberg.de/person/joachim-funke>

Statistische Prognosemethoden – Top oder Flop?

Christel Weiß

Medizinische Fakultät Mannheim, Universität Heidelberg

Zusammenfassung Das Ziel von statistischen Prognosetechniken besteht im Allgemeinen darin, basierend auf empirischen Daten zukünftige Entwicklungen vorherzusagen oder eine Auftrittswahrscheinlichkeit zu ermitteln für ein Ereignis, das in der Zukunft eintreten wird. Wichtige zukunftssträchtige Entscheidungen und Planungen – sei es in der Politik, in der Medizin oder in der Wirtschaft – stützen sich meist auf Prognosen. So kann beispielsweise in der Medizin aufgrund einer individuellen klinischen Diagnose, genetischer Informationen und anderer patientenspezifischer Daten eine Entscheidung darüber getroffen werden, welche Therapie den größten Nutzen verspricht; Epidemiologen entwickeln mathematische Modelle, um künftige Entwicklungen einer Pandemie unter diversen Modellszenarien vorherzusagen; Meteorologen erstellen mittels hochkomplexer Datenanalysen Vorhersagen und warnen, falls erforderlich, vor extremen Wetterereignissen. Prognosen können demnach sowohl für einzelne Individuen als auch für eine gesamte Population überlebenswichtig sein. Statistische Methoden erlauben es, basierend auf umfangreichem Datenmaterial unter Berücksichtigung diverser Einflussfaktoren Wahrscheinlichkeiten für künftige Ereignisse zu quantifizieren oder den wahrscheinlichsten Verlauf einer Entwicklung vorherzusagen. Irrtümer und Überraschungen sind dabei jedoch keineswegs ausgeschlossen. In diesem Beitrag wird anhand von Beispielen erläutert, welche statistischen Verfahren für Prognosen zur Verfügung stehen, welche Anforderungen dabei zu beachten sind und wie die Ergebnisse eines prognostischen Modells zu interpretieren sind. Schließlich wird der Frage nachgegangen, wie es zu Fehleinschätzungen kommt und welche Konsequenzen daraus zu ziehen sind.

1 Einleitung

„Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen.“ Dieses humorige Bonmot, das dem dänischen Physiker Niels Bohr (1885–1962) zugeschrieben wird, verleitet zum Schmunzeln. Er suggeriert, dass es auch Prognosen geben könnte, die nicht die Zukunft betreffen und die deshalb weniger schwierig seien. Das ist freilich – und darin liegt der Wortwitz – ein Widerspruch in sich.

Prognosen beziehen sich immer auf die Zukunft, und sie sind deshalb immer riskant. Wie sollte es anders sein? Prognose bedeutet Voraus-Wissen. Dieses gründet sich auf bereits erworbenes Wissen und auf empirische Erfahrungen, die in der Vergangenheit gesammelt wurden. Allerdings ist es kein Naturgesetz, dass Entwicklungen kontinuierlich ohne große Sprünge absehbar verlaufen; Überraschungen sind keineswegs ausgeschlossen. Da niemand von sich behaupten kann, mit hellseherischen Fähigkeiten gesegnet zu sein, und da auch kein Hochleistungsrechner und kein komplexes statistisches Modell Abweichungen von bislang üblichen Verläufen einzukalkulieren vermag, ist es nicht verwunderlich, dass hin und wieder Vorhersagen getroffen werden, die sich später als Fehlprognosen erweisen.

Welche Konsequenzen sind daraus zu ziehen? Ein retrospektiver Blick in die Geschichte zeigt, dass Menschen zu allen Zeiten und in allen Kulturen den Wunsch verspürten, einen Blick in die Zukunft zu werfen und sich bei wichtigen Entscheidungen an Prognosen zu orientieren – sei es in der großen Politik oder im persönlichen Umfeld. Daran hat sich prinzipiell bis heute nichts geändert. Insofern wäre es unangemessen, eine Prognose generell als nutzlos zu erachten.

Allerdings haben sich die Methoden zum Erstellen einer Prognose im Laufe der Zeit grundlegend gewandelt: Während Menschen in früheren Zeiten Orakeln oder sonstigen obskuren Medien vertrauten, stehen heute formalisierte Techniken zum Erstellen einer Prognose zur Verfügung. Diese ermöglichen, basierend auf umfangreichem Datenmaterial mittels komplexer Analysemethoden in nachvollziehbarer Weise Vorhersagen über ein künftiges Ereignis zu treffen. Zwar können auch diese Methoden nicht garantieren, dass eine Prognose in jedem Fall korrekt ist. Allerdings sind die zugrunde liegenden Annahmen überprüfbar, und deren Entstehungsprozess ist nachvollziehbar. Fehlprognosen bedeuten nicht zwangsläufig, dass die Annahmen unrealistisch oder die verwendeten Methoden ungeeignet waren. Eine andere Ursache könnte beispielsweise dadurch gegeben sein, dass Menschen angesichts einer düsteren Prognose ihr Verhalten ändern und so aktiv dazu beitragen, dass sich die Prognose nicht erfüllt. Insofern leisten auch Fehlprognosen einen wichtigen Beitrag zur Gestaltung der Zukunft.

2 Das Erstellen von Prognosen

2.1 Historische Betrachtungen

Seit jeher waren Menschen beseelt von dem Wunsch, die Zukunft vorhersagen zu können – sei es aus purer Neugierde oder um sich gegen drohendes Unheil zu wappnen. Vielfältige Methoden wurden entwickelt, um plausible Zukunftsszenarien zu entwerfen [4]. Im klassischen Altertum vertraute man auf Orakel und Propheten. Bekannte Beispiele sind das Orakel des Ammon im alten Ägypten, das Orakel von Delphi im antiken Griechenland oder biblische Propheten. Diese genossen hohes gesellschaftliches Ansehen; bei wichtigen politischen Entscheidungen vertraute man ihrem Rat und glaubte ihren Prophezeiungen. Im Orient und im alten Rom war es üblich, die Zukunft anhand der Eingeweide von Opfertieren zu deuten. Mit dem Aufkommen des Christentums verloren diese Methoden ihre Bedeutung. Man glaubte, dass alles Kommende allein in Gottes Hand läge und dass es Menschen nicht zustünde, einen Blick in die Zukunft zu werfen.

Auch Wissenschaftler waren bis weit ins 18. Jahrhundert hinein sehr autoritätsgläubig. Dabei galt das sichere Wissen, das seit den Zeiten des griechischen Universalgelehrten **Aristoteles** (384–322 v. Chr.) Leitvorstellung des Forschens gewesen war, als hehres Ideal. Wissenschaftler waren vor allem bemüht, den Status quo zu ergründen und Gesetze zu formulieren, denen das Weltgeschehen unterworfen war. Sie lebten und forschten für die Gegenwart; bei Entscheidungsfindungen orientierten sie sich an den Lehrmeinungen anerkannter Autoritäten, ohne diese kritisch zu hinterfragen. Prognosen hatten bei dieser Denkart keinen Raum.

Dieses autoritätsgläubige Denken machten sich auch Ärzte zu eigen: Sie beriefen sich bei ihren diagnostischen Befunden oder therapeutischen Verfahren auf alte Lehrmeister wie **Hippokrates von Kos** (460–370 v. Chr.) oder **Galen von Pergamon** (128–131 bis 199–216 n. Chr.). Zweifel waren bei diesem dogmatischen Ansatz quasi ausgeschlossen. Wenn der Patient nach einer Therapie gesundete, sah man darin eine Bestätigung der Theorie. Ansonsten suchte und fand man Argumente, um Misserfolge zu negieren. Prognosen waren überflüssig, da man a priori von der Richtigkeit einer Diagnose oder die Wirksamkeit einer therapeutischen Maßnahme überzeugt war.

Trotz dieser vorherrschenden Grundeinstellung war der Glaube nicht auszurotten, dass es irgendwie möglich wäre, die Zukunft zu erkunden. In Europa bediente man sich dazu seit dem Mittelalter der Astrologie, die bis ins 18. Jahrhundert hinein weit verbreitet war (und sich als Pseudowissenschaft bis heute gehalten hat). Deren Anhänger glaubten, anhand von Gestirnkongstellationen am Himmel sowohl individuelle Schicksale als auch globale Ereignisse wie Kriege, Natur- oder Hungerkatastrophen vorhersagen zu können. Freilich fehlte der Nachweis, dass diese Prophezeiungen kritischen Prüfungen standhalten würden.

Seltsamerweise bot das Glücksspiel Anlass dafür, dass Prognosen Einzug in die Wissenschaft hielten [8]. Die französischen Mathematiker **Blaise Pascal** (1623–1662) und **Pierre de Fermat** (1607–1665) befassten sich in ihrem berühmt gewordenen Briefwechsel aus dem Jahr 1654 mit Gewinnchancen bei Würfelspielen. Freilich konnten sie nicht sicher prognostizieren, ob ein Spiel gewonnen oder verloren werden würde. Sie waren jedoch in der Lage, ein Spiel formal darzustellen, den zu erwartenden Ausgang durch einen sogenannten Erwartungswert zu quantifizieren und so die Gewinnchancen zu maximieren. Dieser Ansatz zeigte, dass Gewinnen oder Verlieren keine reine Glückssache ist, sondern teilweise beeinflussbar ist. Dieser Gedanke übertrug sich auf andere Bereiche. Der englische Mathematiker **Edmond Halley** (1656–1742) schätzte basierend auf Geburts- und Sterbedaten Lebenserwartungen und Wahrscheinlichkeiten, ein bestimmtes Alter zu erreichen. Dem preußische Feldprediger **Johann Peter Süßmilch** (1707–1767) gelang es, mit Hilfe von Geburts- und Sterbeeintragungen in Kirchenbüchern Bevölkerungsentwicklungen vorherzusagen. Versicherungen konnten Risiken ermitteln und passende Policen anbieten. Auch in der Medizin setzte sich allmählich die Erkenntnis durch, dass systematische Datenerhebungen und -analysen zum Fortschritt beitragen können und dass man Risiken und Krankheiten nicht machtlos ausgeliefert ist. So konnte der französische Arzt **Pierre Alexandre Louis** (1787–1872) nachweisen, dass der Aderlass nutzlos oder gar schädlich war. Was Wissenschaftler bis dahin für undenkbar gehalten hatten, erwies sich nun als evident: Die Zukunft war nicht mehr komplett im Dunkeln verborgen, sondern schien berechenbar zu sein. Der Mathematiker **Pierre-Simon Laplace** (1749–1827) mutmaßte gar, dass sie eines Tages vollständig vorhersehbar wäre, wenn hinreichend viele Informationen gepaart mit hoher Intelligenz zur Verfügung stünden.

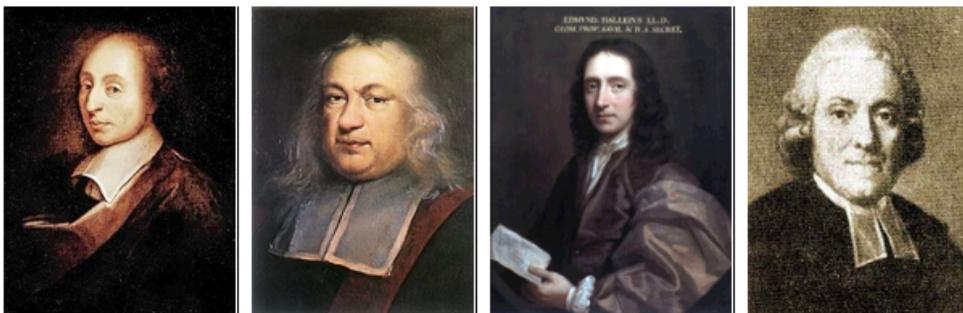


Abbildung 1: Pioniere der Prognostik. 1a. Blaise Pascal, 1b. Pierre de Fermat, 1c. Edmond Halley, 1d. Johann Peter Süßmilch

Das Fortschreiten der Statistik sowie das Aufkommen leistungsfähiger Computer und benutzerfreundlicher Software im 20. Jahrhundert haben maßgeblich dazu beigetragen,

dass Prognosen mit formalisierten Methoden in den unterschiedlichsten Bereichen erstellt und als Entscheidungshilfen herangezogen werden: bei der Wettervorhersage, in der Klimaforschung, im Versicherungsgewerbe, im Finanzwesen, in der Unternehmensbranche, der Medizin, der Demoskopie und der Wahlforschung.

2.2 Anforderungen an eine Prognose

Bei einer Prognose sind zwei Seiten involviert: Der Produzent, der sie erstellt, und der Konsument, der darauf basierend eine Entscheidung trifft. Die Güte einer Prognose muss aus Sicht beider Seiten beurteilt werden.

Die Basis einer empirisch gehaltvollen Prognose bilden überprüfbare Daten oder Fakten sowie begründbares Erfahrungswissen und eine effiziente Analyseverfahren. Das Erstellen einer Prognose ist mit einem Risiko verbunden: Sie kann sich als zuverlässig oder als falsch erweisen. Umso wichtiger ist es, dass dieser Prozess nachvollziehbar ist. Die Güte einer Prognose lässt anhand folgender Kriterien beurteilen [2,3]:

1. **Nicht-Trivialität:** Eine Prognose darf keine allgemein gültige Aussage darstellen. Eine triviale Prognose ist zwar mit keinerlei Risiko für deren Produzenten verbunden, aber in keiner Weise hilfreich für den Konsumenten. So ist beispielsweise die alte Bauernregel „Wenn der Hahn kräht auf dem Mist, ändert sich das Wetter oder es bleibt, wie es ist“ allenfalls als humoristische Belanglosigkeit, keinesfalls jedoch als ernstzunehmende Wetterprognose anzusehen.
2. **Objektivität:** Die Prognose sollte nachvollziehbar und unabhängig von der Person sein, die sie erstellt. Das Kriterium der Objektivität verhindert, dass allein basierend auf Intuition oder unrealistischen Annahmen unplausible Prognosen gestellt werden. Dazu sind die Annahmen, denen die Prognose unterliegt, sowie die verwendeten Verfahren zu spezifizieren. Außerdem sollte dargelegt werden, aus welchen Gründen und unter welchen Voraussetzungen die Annahmen sinnvoll erscheinen.
3. **Validität:** Die Prognose sollte eine Aussage über den Sachverhalt beinhalten, der im Fokus des Interesses steht. Dieses Kriterium ist nicht unbedingt leicht umsetzbar. Nicht alles, was prognostiziert werden soll, ist auf einfache Weise quantitativ messbar oder in absehbarer Zeit erfassbar. In solchen Fällen ist es naheliegend, einen leichter zu erhebenden Surrogatparameter zu verwenden. Dabei sollte sichergestellt sein, dass das Ersatzmerkmal inhaltlich annähernd dasselbe wie der zu prognostizierende Parameter wiedergibt und eng mit diesem assoziiert ist.
4. **Überprüfbarkeit:** Letztlich sollte überprüfbar sein, ob das prognostizierte Ereignis eingetreten ist oder nicht. Dies ist leicht möglich, wenn ein konkretes Ereignis in naher Zukunft vorhergesagt wird. Dagegen sind Aussagen, die einen weit in

der Zukunft liegenden Zeitraum betreffen, oder vage formulierte Prognosen diesbezüglich problematisch.

Jedes dieser Kriterien scheint sinnvoll zu sein und sollte sowohl vom Produzenten bei der Erstellung als auch vom Konsumenten im Entscheidungsprozess bedacht werden. In der Praxis stößt man dabei jedoch hin und wieder auf Schwierigkeiten. Dies sei an einigen Beispielen erläutert.

Für wissenschaftliche Prognosen ist das erste Kriterium in aller Regel erfüllt: Kein Forscher würde sich die Blöße geben, eine Trivialität als Prognose zu formulieren. Dagegen sind mehrdeutige Aussagen in Horoskopen wie etwa „In der nächsten Woche haben Sie ein Erfolgserlebnis“ der Kategorie „trivial“ zuzuordnen.

Für einen Wissenschaftler ist es außerdem selbstverständlich, die verwendete Methodik detailliert darzulegen. Nur so kann der Konsument beurteilen, inwieweit die zugrunde liegenden Annahmen zutreffen und ob sie auch für seine spezielle Situation gelten. Allzu banale Annahmen (z. B. „Das sagt mir mein Bauchgefühl“) sind nicht überprüfbar; darauf basierende Prognosen sind wertlos.

Das Kriterium der Validität erfordert, dass das zu prognostizierende Ereignis präzise definiert ist, und dass eine geeignete Erfassungs- oder Messmethode zur Verfügung steht. Das ist bei weitem nicht immer der Fall. Beispiele finden sich bei klinischen Studien: Um zu prognostizieren, ob ein neu entwickeltes Medikament geeignet ist, einem (möglicherweise weit in der Zukunft liegenden) Schlaganfall vorzubeugen, liegt es nahe, statt die Inzidenz von Schlaganfällen die Senkung des Blutdrucks zu evaluieren (der schnell und einfach zu messen ist). Allerdings muss dabei bedacht werden, dass eine Senkung des Blutdrucks nicht automatisch mit einer Verringerung des Schlaganfall-Risikos einhergeht.

Auch die Überprüfbarkeit der Korrektheit einer Prognose ist mitunter schwieriger als es den Anschein hat. Am ehesten überprüfbar sind kurzfristige Prognosen, seien sie sehr allgemein („Morgen wird es regnen“) oder sehr präzise formuliert („Um 11 Uhr wird eine Temperatur von 10 Grad Celsius verbunden mit Schauern erwartet“). Schwieriger sind dagegen Prognosen zu beurteilen, die eine Wahrscheinlichkeit beinhalten, wie beispielsweise „Morgen wird es mit 90 %-iger Wahrscheinlichkeit regnen“. Man wird bei einer solchen Ankündigung nicht ohne Regenschirm das Haus verlassen und geneigt sein, die Prognose als bestätigt anzusehen, sobald der erste Tropfen fällt und sie bei ausbleibendem Regen zu bezweifeln. So einfach ist es jedoch nicht: Um die Richtigkeit der Prognose zu überprüfen, müssten alle Tage, für die mit 90 %-iger Wahrscheinlichkeit Regen prognostiziert wurde, herangezogen und der Anteil der Regentage ermittelt werden. Außerdem gilt: Je langfristiger eine Prognose angelegt ist, desto schwieriger ist sie zu überprüfen. Dies trifft beispielsweise zu für Prognosen bezüglich der Klimaänderung (auch wenn sie auf soliden Annahmen basieren und valide sind).

Gänzlich unseriös erscheinen apokalyptische Prophezeiungen wie „Die Menschheit wird aussterben“, da diese in aller Regel auf unbegründeten Annahmen basieren und somit nicht objektiv sind und da deren Wahrheitsgehalt niemals überprüfbar sein wird.

2.3 Methoden zum Erstellen einer Prognose

Formalisierte Prognosemethoden lassen danach unterscheiden, ob sie eher qualitativ oder eher quantitativ orientiert sind.

2.3.1 Qualitative Methoden

Zu den qualitativen Verfahren zählen die Delphi-Methode und die Szenariotechnik.

Delphi-Methode: Damit werden mehrere Experten in aufeinander folgenden Phasen bezüglich eines zukünftigen Szenarios befragt mit dem Ziel, einen Konsens zu finden. Nach jeder Fragerunde wird jeder Beteiligte über das Ergebnis informiert und hat die Gelegenheit, seine Einschätzung zu revidieren. Diesem Verfahren liegt der Gedanke zugrunde, dass mehrere Fachleute eine bessere Prognose abgeben als ein einzelner Experte. Die Delphi-Methode bietet sich an, wenn keine validen Daten vorliegen.

Szenariotechnik: Damit werden aufgrund unterschiedlicher Annahmen mehrere zukünftige Szenarien als hypothetische Abfolge von Ereignissen entworfen. In der Regel werden dabei neben Extremszenarien („*Worst Case*“ und „*Best Case*“) auch typische Szenarien (Trendszenario) simuliert. Die Extremszenarien beschreiben eine optimale bzw. eine extrem ungünstige zukünftige Situation, ausgehend von optimistischen bzw. pessimistischen Grundannahmen, während das Trendszenario („*Most Likely Case*“) als das plausibelste angesehen wird. Szenariotechniken finden Anwendung in der Psychologie und in der Wirtschaft, wo sie dazu dienen, Markt- und Technologieentwicklungen zu simulieren und Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

2.3.2 Quantitative Methoden

Für Statistiker sind freilich quantitative Prognosetechniken interessanter. Diese reichen von einfachen Schätzverfahren über multivariable Regressionsanalysen bis hin zu Methoden der Künstlichen Intelligenz.

Schätzungen: Die einfachste Methode stellt die Schätzung eines Parameters aus den Daten einer vorzeitig vorhandenen Stichprobe dar. Dieser Schätzwert soll das das

Ergebnis der gesamten Population prognostizieren (das erst zu einem späteren Zeitpunkt vorliegt). Ein typisches Beispiel ist die Hochrechnung von Wahlergebnissen kurz nach Schließung der Wahllokale. Die Stichprobe gewinnt man, indem man einen Teil der Wähler unmittelbar nach deren Stimmabgabe befragt oder indem man sich auf Auszählungsergebnisse stützt, die zu einem frühen Zeitpunkt vorliegen. Ein solches Schätzverfahren ist keineswegs trivial: Zum einen ist darauf zu achten, dass die Stichprobe repräsentativ für die Population aller Wähler ist; ansonsten ist die Prognose unzuverlässig. Zusätzlich sollte für jeden Schätzwert ein Konfidenzintervall berechnet werden, das mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit (üblich sind 95 %) den zu prognostizierenden Wert überdeckt. Je schmaler dieses Intervall, desto präziser ist die Schätzung. Dessen Breite wird maßgeblich durch den Stichprobenumfang bestimmt. Es erscheint einleuchtend, dass eine große Stichprobe eine präzise Schätzung mit einem schmalen Konfidenzintervall ermöglicht, während ein geringer Stichprobenumfang mit einem eher unzuverlässigen Schätzwert einhergeht.

Regressionsanalysen: Diese Methoden eignen sich für die Analyse umfangreichen Datenmaterials (das aus Registern rekrutiert wird oder im Rahmen von Studien erhoben wird), um den Einfluss eines oder mehrerer prognostischer Parameter zu untersuchen. Die geeignete Analyse hängt von der Prognosevariablen (Zielgröße) ab. Bei einer quantitativen Prognosevariable y bietet sich eine lineare Regression an. Dabei wird der Zusammenhang zwischen y und einem oder mehreren Prädiktoren x_j durch eine lineare Funktion beschrieben. Wenn beispielsweise im Rahmen einer Therapiestudie zum Vergleich zweier blutdrucksenkender Medikamente Patienten dahingehend untersucht werden, um welchen Wert ihr Blutdruck sinkt, stellt das quantitative Merkmal „Blutdrucksenkung“ (gemessen in mmHg) die Zielvariable y dar, während als Prädiktoren die Therapieform, das Alter der Patienten, das Geschlecht, der Body-Mass-Index, der Blutdruckwert zu Beginn der Therapie und eventuell Risikofaktoren oder Komorbiditäten untersucht werden. Bei Kenntnis dieser Einflussfaktoren für einen individuellen Patienten lässt sich dann ein Wert für die zu erwartende Blutdrucksenkung berechnen (Punktprognose). Da eine exakte Vorhersage nicht möglich ist, wird üblicherweise ein Prognoseintervall konstruiert, das die zukünftige Realisierung der Zielvariablen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit (meist 95 %) enthält. – Bei binären Prognoseparametern wird eine logistische Regression verwendet. Damit lässt sich die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Ereignisses (z. B. das Auftreten einer Komplikation) quantifizieren. – Für die Analyse von Zeitdauern eignet sich eine Cox-Regression. Dabei können auch zensierte Zeiten berücksichtigt werden. Diese entstehen, wenn das interessierende Endereignis (etwa der Tod eines Patienten oder der Nachweis eines Rezidivs) während der Beobachtungszeit der Studie nicht eintritt. Mit dem Cox-Regressionsmodell lässt sich zwar nicht die zu erwartende Zeitdauer (etwa die Überlebenszeit eines Individuums) schätzen; sie ermöglicht jedoch als semi-quantitatives

Verfahren den Vergleich zweier Individuen oder Subgruppen in Abhängigkeit von spezifischen Prädiktoren in Form von *Hazard Ratios*. Die Überlebensraten lassen sich für mehrere Subgruppen zu unterschiedlichen Zeitpunkten berechnen und graphisch anhand von Kaplan-Meier-Kurven darstellen.

Zeitreihenanalysen: Sie eignen sich, um die Entwicklung eines Merkmals in seinem zeitlichen Verlauf zu beschreiben, die Form der Zeitreihe zu untersuchen (auf Trends, Zyklen, saisonale oder irreguläre Schwankungen) und den Einfluss von äußeren Faktoren zu überprüfen. Dabei wird vorausgesetzt, dass Beobachtungswerte an zahlreichen Zeitpunkten (mindestens 30) vorliegen [6]. Im einfachsten Fall wird die gesamte Zeitreihe über ein lineares Polynom beschrieben (lineare Trendanalyse). Damit werden basierend auf Erfahrungswerten aus der Vergangenheit mittels Extrapolationen zukünftige Entwicklungen vorhergesagt. Mit autoregressiven Modellen lässt sich untersuchen, inwieweit der Wert zu einem bestimmten Zeitpunkt von vorangegangenen Zeitpunkten abhängt. Anwendungsbeispiele finden sich bei der Wettervorhersage und in der Demographie, um Bevölkerungsentwicklungen vorherzusagen.

Künstliche Intelligenz (KI): Methoden der KI erlauben es, mittels komplexer mathematischer Algorithmen bislang unbekannte Zusammenhänge zu entdecken, differenzierte Vorhersagemodelle zu entwickeln und diese aktuellen Gegebenheiten anzupassen (Maschinelles Lernen). Anwendungsbeispiele finden sich in allen Bereichen, in denen umfangreiches Datenmaterial aus unterschiedlichen Quellen (*Big Data*) bei sich ständig wechselnden Rahmenbedingungen schnell und effizient zu verarbeiten ist: bei der Wettervorhersage, in der Wirtschaft sowie bei der Energieversorgung.

2.4 Das Erstellen eines statistischen Modells

Das Erstellen eines statistischen Prognosemodells umfasst drei Phasen: die Modellspezifikation, das Generieren des Modells und schließlich dessen Validierung [2].

Modellspezifikation: In der ersten Phase werden die Zielgröße und geeignete Prädiktoren definiert. Diese Wahl ist überwiegend inhaltlich begründet und obliegt dem Konsumenten (z. B. einem klinischen Forscher, der eine Therapiestudie plant). Die Vorgaben sind bei der Studienplanung zu berücksichtigen. Der Statistiker ist dann vor die Aufgabe gestellt, in Abhängigkeit der Fragestellung eine geeignete Analyseverfahren auszuwählen und eine adäquate Fallzahl zu schätzen.

Modellgenerierung: In der zweiten Phase wird ein statistisches Modell generiert, das die Zielgröße in Abhängigkeit von mehreren Prädiktoren mittels einer mathematischen Gleichung erklärt. Meist wird das finale Modell nur statistisch signifikante Variablen enthalten. Bei dem allgemein üblichen Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$ werden also nur Prädiktoren berücksichtigt, deren p-Wert unter 0,05 liegt. Damit soll erreicht

werden, dass die durch das Modell dargelegten Zusammenhänge unter den gegebenen Rahmenbedingungen statistisch abgesichert sind.

Modellvalidierung: Es liegt in der Natur der Sache, dass das finale Modell nicht eindeutig bestimmt ist. Insbesondere bei Studien, in denen zahlreiche Prädiktoren erfasst werden, sind mehrere Modelle mit unterschiedlichen Funktionsgleichungen und Variablen-Kombinationen denkbar. Um einen objektiven Vergleich zu ermöglichen, ist es wichtig, die Güte eines statistischen Modells zu quantifizieren. Dafür stehen diverse Gütemaße zur Verfügung. Eine detaillierte Erläuterung würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen. Deshalb seien sie an dieser Stelle nur kurz erläutert; für interessierte Leser sei auf Fachliteratur verwiesen [1, 7].

Bei einer linearen Regressionsanalyse bietet sich der Determinationskoeffizient R^2 an: Dies ist das Quadrat des Korrelationskoeffizienten, der aus den beobachteten Werten y_i und den durch das Modell geschätzten Werten \hat{y}_i berechnet wird. Je näher R^2 bei 1 liegt, desto besser ist das Modell. Andere Gütemaße basieren auf den individuellen Residuen ($y_i - \hat{y}_i$). Aus diesen Differenzen (die jeweils negativ oder positiv sein können) lassen sich der mittlere quadratische und der mittlere absolute Prognosefehler schätzen. Dabei stehen kleinere Werte für eine bessere Modellgüte.

Auch bei einer logistischen Regression lässt sich der mittlere quadratische Fehler (der sogenannte „Brier-Score“) berechnen, indem man für den wahren Wert der Zielvariablen 1 oder 0 einsetzt (je nachdem, ob das Ereignis eingetreten ist oder nicht). Ein häufig verwendetes Maß ist außerdem die AUC („Area under the Curve“). Dieses Maß gibt an, wie gut das statistische Modell die Subgruppen (Ereignis „eingetreten“ oder „nicht eingetreten“) diskriminieren kann. AUC = 1 steht für ein perfektes Modell; AUC = 0,5 besagt, dass die Unterscheidung durch das Modell nicht besser ist als der Zufall.

Darüber hinaus existieren spezielle Gütemaße wie das AIC und das BIC (*Akaike* bzw. *Bayesian Information Criterion*). Je höher diese Werte, desto schlechter ist das Modell. Diese Maße sind bei allen Regressionsmodellen berechenbar; sie berücksichtigen explizit – anders als die oben erwähnten Gütemaße – die Anzahl der im statistischen Modell enthaltenen Parameter; in das BIC fließt zusätzlich der Stichprobenumfang ein. Je höher die Anzahl der prognostischen Parameter (und je höher der Stichprobenumfang beim BIC), desto größer wird der „Strafterm“. Einfache Modelle mit weniger Variablen sind – bei ähnlich guten Vorhersagen – gegenüber aufwendigen Modellen mit zahlreichen Variablen zu bevorzugen. Ein statistisches Modell sollte so einfach wie möglich und so komplex wie nötig sein.

A priori muss festgelegt werden, welchen Anforderungen das statistische Modell genügen soll, um als intern valide angesehen zu werden. Mögliche Gründe für ein nicht-valides Modell können ungeeignete Prädiktoren, das Nicht-Beachten wesentlicher Aspekte bei der Modellgenerierung oder eine nicht adäquate funktionale Beziehung

bei der Formulierung der Regressionsgleichung sein. Auch nicht valide Messmethoden, fehlerhafte, ungenaue oder veraltete Daten können die Ursache für unbrauchbares statistisches Modell sein.

2.5 Qualitätsanforderungen an ein Prognosemodell

Die im obigen Abschnitt erwähnten Güteparameter beschreiben nur die Validität des Modells. Sie besagen wenig über dessen prognostische Güte und sind insofern nur eingeschränkt aussagekräftig. Ein statistisches Prognosemodell sollte jedoch auch stabil sein. Das bedeutet: Es beschreibt nicht nur die Zusammenhänge innerhalb der Stichprobe („*In-Sample-Prognose*“), sondern ist auch für das Schätzen zukünftiger Messwerte und Ereignisse anwendbar („*Out-of-Sample-Prognose*“). Die Stabilität hängt im Wesentlichen von den äußeren Rahmenbedingungen ab. Diese kann weder der Statistiker noch der Nutznießer einer Prognose beeinflussen oder vorhersehen. Sich ändernde Rahmenbedingungen sind häufig der Grund für Fehlprognosen.

Das Erstellen und das Aktualisieren eines Prognosemodells ist also keine routinemäßige Angelegenheit. Neben Erfahrung im Verarbeiten umfangreichen Datenmaterials und der Kenntnis komplexer statistischer Analysetechniken sind dazu fachliches Spezialwissen und die intensive Zusammenarbeit zwischen Statistikern und Vertretern des jeweiligen Fachgebiets (z. B. Mediziner, Klimaforscher oder Wirtschaftswissenschaftler) vonnöten. Insbesondere Langzeitprognosen erfordern kontinuierliche Beobachtungen der Entwicklungen sowie die Bereitschaft auf beiden Seiten, die zugrunde liegenden Annahmen und die Validität der Prognose kritisch zu hinterfragen, auf sich ändernde Rahmenbedingungen adäquat zu reagieren, die Prognose – falls erforderlich – zu revidieren und Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

3 Anwendungsbeispiele

3.1 Prognosen in der Medizin

„Wie lautet meine Prognose?“ oder „Wie stehen meine Chancen?“ Derlei Fragen stellt ein Patient, wenn seine Krankheit lebensgefährlich ist oder wenn mit gravierenden Beeinträchtigungen zu rechnen ist. Konkret handelt es sich dabei um eine Vorhersage bezüglich eines individuellen Krankheitsverlaufs. Diese kann sich auf das Überleben, das Auftreten eines Rezidivs, die Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit des Patienten oder die Funktionsweise eines Organs beziehen.

Für den behandelnden Arzt mag eine ehrliche Antwort heikel sein. Diese hat schließlich weitreichende Konsequenzen: Eine gute Prognose vermittelt Hoffnung und

Zuversicht, während eine schlechte oder gar eine infauste Prognose die Betroffenen mit einer bitteren Realität konfrontiert. Andererseits ist klar, dass eine solche Prognose nicht absolut verlässlich ist, da auf den Heilungsprozess mitunter Einflüsse wirken, die ein Arzt im Einzelfall weder vorhersehen noch beeinflussen kann und die eventuell sogar seiner Erfahrung widersprechen.

Bereits in der hippokratischen Medizin war die Kunst der Prognose hochgeschätzt [9]. Sie ließ erkennen, dass der Arzt über eine hohe Expertise verfügte; außerdem diente sie dazu, eine geeignete Therapie zu planen. Schließlich dämpfte sie überzogene Erwartungen, so dass der Arzt bei einem ungünstigen Krankheitsverlauf nicht belangt werden konnte. Diese Argumente sind im Wesentlichen auch heute noch aktuell.

Die Güte einer solchen Prognose lässt sich anhand der in Abschnitt 2.2 dargelegten Kriterien beurteilen. Zur Nicht-Trivialität: Kein Arzt sollte einem Patienten eine nichtsagende Prognose wie „Alle Menschen müssen sterben“ zukommen lassen. Damit würde er sich seiner Verantwortung entziehen. – Das Kriterium der Objektivität betrifft die Rahmenbedingungen, auf denen die Prognose basiert. Zunächst spielt die individuelle Erfahrung des behandelnden Arztes eine wesentliche Rolle. Wenn er Hunderte Patienten mit einem ähnlichen Krankheitsbild behandelt hat, darf angenommen werden, dass er intuitiv den zu erwartenden Endzustand eines Individualfalls einzuschätzen vermag. Eine weitere Basis stellen Prognosestudien dar, in denen der Einfluss demografischer und prognostischer Faktoren sowie der Einfluss einer speziellen Therapie untersucht werden und die dann im Idealfall den zu erwartenden Nutzen einer Therapie objektiv quantifizieren. Dies setzt freilich voraus, dass der Arzt über den aktuellen Stand der Forschung umfassend informiert ist und dass die Ergebnisse der Studien auf den individuellen Patienten übertragbar sind. – Das dritte Kriterium (die Validität) fordert, dass der Patient ehrlich informiert wird. Wenn er wissen möchte, wie lange er noch zu leben hat, sollte der Arzt nicht auf Ersatzparameter (z. B. Laborwerte, Dauer des Krankenhausaufenthalts) ausweichen, die für den Patienten von untergeordneter Bedeutung sind.

Das härteste Kriterium ist die Überprüfbarkeit des Wahrheitsgehalts der Prognose. Man wird es dem Arzt verzeihen, wenn sich seine Prognose im Nachhinein als zu pessimistisch erweist, weil die Krankheit wider Erwarten einen günstigeren Verlauf genommen hat als ursprünglich angenommen. Im umgekehrten Fall – wenn der Endzustand des Patienten schlechter ist als prognostiziert – wird man eher geneigt sein, die Kompetenz des Arztes in Zweifel zu ziehen. Dabei ist zu bedenken: Eine Prognose darf nicht mit der gewünschten Zukunft verwechselt werden. Kein Arzt kann mit Sicherheit einen individuellen Krankheitsverlauf vorhersagen; aus den Ergebnissen einer Prognosestudie lassen sich keine konkreten Hinweise bezüglich eines Einzelfalls ableiten. Dies sollte dem Patienten klar kommuniziert werden.

Bei mittel- oder längerfristigen Prognosen erscheint es darüber hinaus sinnvoll und notwendig, die zugrunde liegenden Annahmen hin und wieder zu überprüfen. Eine Änderung der Prognose kann beispielsweise erforderlich sein, wenn bei einem Patienten eine seltene, nicht erwartete Nebenwirkung einer Therapie auftritt oder wenn sich aus unvorhersehbaren Gründen dessen Allgemeinzustand verschlechtert. Das kann dazu führen, dass die angewandte Therapie abgesetzt, modifiziert oder durch eine andere Therapie ersetzt wird. Änderungen können auch durch mangelnde Compliance des Patienten bedingt sein: Sei es, dass er kurative Maßnahmen ablehnt oder dass er nicht motiviert ist, den Anordnungen seiner Ärzte Folge zu leisten. Dies führt in der Regel zu einer Verschlechterung der Prognose oder dazu, dass der erwartete Endzustand (z. B. Tod, Organversagen) früher eintritt. Andererseits ist es nicht ausgeschlossen, dass der gesundheitliche Zustand eines Patienten sich wider Erwarten verbessert, was ebenfalls eine Korrektur der ursprünglichen Prognose erfordert. Auch Fortschritte in der Forschung – etwa eine neu entwickelte Therapie – können bewirken, dass Heilung möglich ist, die kurze Zeit zuvor ausgeschlossen schien.

In jedem Fall können unvorhersehbare Ereignisse den Krankheitsverlauf positiv oder negativ beeinflussen und zu einer überraschenden Wende führen – auch wenn dies eher selten geschieht. Dessen sollten sich sowohl die Patienten als auch die behandelnden Ärzte bewusst sein.

3.2 Wahlprognosen

Obwohl in den letzten Jahren teilweise eine eher geringe Wahlbeteiligung zu beobachten war, ist das Interesse der Bürger eines Landes oder einer Kommune an künftig zu erwartenden Wahlergebnissen hoch. Um Wahlverhalten zu erforschen und Prognosen zu erstellen, können Aggregatdaten- oder Individualdatenanalysen verwendet werden. Aggregatdaten beinhalten amtliche Ergebnisse von Stimmbezirken. Aufgrund von Studien aus der Wahlforschung ist bekannt, welche sozialen, wirtschaftlichen und strukturellen Faktoren das Wahlverhalten beeinflussen. Diese Faktoren können zusammen mit den Ergebnissen von vorangegangenen Wahlen als Prädiktoren in einem multiplen Regressionsmodell verwendet werden, um die Ergebnisse einer bevorstehenden Wahl zu prognostizieren. Außerdem lassen sich mit Regressionsanalysen Wählerwanderungen untersuchen. Der Vorteil von Aggregatdatenanalysen liegt darin, dass man auf vorhandenes Datenmaterial zurückgreifen kann, und dass der Einfluss der einzelnen Indikatoren quantifizierbar ist. Nachteilig ist allerdings, dass eine darauf basierende Prognose nur dann valide Ergebnisse liefert, wenn sich das Wahlverhalten der wahlberechtigten Bürger nicht grundlegend ändert.

Andere Prognosen basieren auf Individualdaten, die man durch Befragungen bei einem Teil der wahlberechtigten Bürger erhält. Dazu zählen das politische Barometer, das jede Woche von der ARD ausgestrahlt wird, ebenso wie Umfragen, die vor politischen Wahlen durchgeführt werden. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die untersuchte Stichprobe repräsentativ für die Gesamtheit aller Wahlberechtigten ist, und dass diese Stichprobe hinreichend groß ist. Die erforderliche Größe richtet sich danach, wie präzise die Ergebnisse sein sollten. Wenn beispielsweise prognostiziert werden soll, ob eine Partei bei einer Bundestagswahl an der 5%-Hürde scheitert, ist eine wesentlich größere Stichprobe erforderlich als bei einer Umfrage vor einer Bürgermeisterwahl mit zwei Kandidaten und einem Favoriten. Im ersten Fall kann eine Abweichung des Umfrageergebnisses vom tatsächlichen Wahlausgang in Höhe von 0,1% zu einer gravierenden Fehlprognose führen, während es im zweiten Fall auf ein paar Prozentpunkte mehr oder weniger nicht ankommt.

Die Prognosen der Umfragen, die am Wahltag durchgeführt werden, liegen in der Regel nahe an den offiziellen Wahlergebnissen. Das spricht für die Qualität der Prognoseverfahren. Bei diesen Umfragen arbeiten die Meinungsforscher unter idealen Bedingungen. Den Teilnehmern wird direkt nach der Stimmabgabe eine Frage gestellt, die einfach zu beantworten ist und kaum durch Erinnerungslücken beeinträchtigt sein dürfte: „Welche Partei haben Sie gewählt?“ Mit der zusätzlichen Frage „Welcher Partei haben Sie bei der letzten Wahl Ihre Stimme gegeben?“ lassen sich Informationen zu Wählerwanderungen gewinnen.

Diese Umfragen bieten mehrere Vorteile: Da die Befragten ihre Antwort anonym abgeben, besteht kein Anlass, falsche Angaben zu machen. Außerdem ist der Stichprobenumfang in aller Regel sehr hoch, was dazu führt, dass die Schätzungen das endgültige Wahlergebnis präzise widerspiegeln. So kann oft schon kurz nach Schließung der Wahllokale eine zuverlässige Prognose gegeben werden.

Wahlprognosen, die längere Zeit vor einer Wahl erstellt werden, genießen einen weniger guten Ruf. Bei telefonischen Umfragen, bei der nur eine vergleichsweise geringe Zahl von wahlberechtigten Personen befragt wird, stellen sich die Rahmenbedingungen komplett anders dar. Abgesehen von der unpräzisen Schätzung aufgrund der geringen Fallzahl können diverse Fehlerquellen dazu beitragen, dass die Umfrageergebnisse das endgültige Ergebnis nicht korrekt widerspiegeln. Diese Verzerrungen sind im Wesentlichen durch fehlende oder falsche Angaben bedingt. Besondere Vorsicht ist bei Online-Umfragen geboten. Hier ist kaum anzunehmen, dass die Stichprobe repräsentativ ist, da nur eine sehr spezielle Klientel erreicht wird.

Es gibt vielerlei Gründe für fehlende Antworten. Manche Zeitgenossen verweigern die Teilnahme – sei es, weil sie darin eine Verletzung des Wahlheimnisses sehen oder weil sie nicht zugeben möchten, einer extremen Partei ihre Stimme zu geben. Wenn der überwiegende Teil dieser *Non-Responder* für eine bestimmte Partei sympathisiert,

führt dies zu einem Bias. Seriöse Umfrageinstitute bemühen sich, solche Verzerrungen mit einer statistischen Nachbearbeitung zu korrigieren, indem sie die Stimmanteile der einzelnen Parteien unterschiedlich gewichten.

Fehler aufgrund von falschen Angaben sind wesentlich schwerer zu erkennen und zu beheben. Diese entstehen beispielsweise, wenn Befragte ihre Meinung kurzfristig ändern. Sie versichern, eine bestimmte Partei zu wählen – und gehen dann nicht zur Wahl oder votieren anders. Andere behaupten, nicht zu wählen – und tun es am Wahltag doch. Wiederum andere geben absichtlich falsche Antworten, um die Anrufer zu foppen. Manche Wähler sind unehrlich, weil sie fürchten, dass ihre Meinung negativ bewertet wird (das Phänomen der „sozialen Erwünschtheit“). Ferner ist denkbar, dass Wähler aufgrund von Umfrageergebnissen ihr Verhalten ändern, etwa um eine Partei zu unterstützen, die an der 5 %-Hürde zu scheitern droht, oder weil sie glauben, dass das Wahlergebnis bereits feststeht. Umfrageergebnisse können auch auf die politischen Akteure Einfluss ausüben und dazu führen, dass sie in der Endphase des Wahlkampfes besonders aktiv werden oder dass sie resignieren. Schließlich können unvorhergesehene Ereignisse kurz vor einer Wahl dazu führen, dass Wähler ihre ursprüngliche Entscheidung revidieren oder politisch Verantwortliche ihre Strategie ändern.

Aus diesen Gründen erwiesen sich manche Prognosen in der Vergangenheit als falsch. Es sei an die Wahl des US-Präsidenten am 8. November 2016 erinnert. Lange Zeit sah Hillary Clinton wie die sichere Gewinnerin aus, letzten Endes wurde jedoch Donald Trump zum Präsidenten gewählt. Wie konnte es dazu kommen? Tatsächlich erhielt Clinton mehr Stimmen als Trump (65,4 im Vergleich zu 62,8 Millionen). Insofern lag die Wahlprognose nicht völlig daneben. Dass dennoch Trump Präsident wurde, liegt zum einen am US-amerikanischen Wahlsystem. In Staaten, bei denen die Stimmanteile der Kandidaten nahe bei 50 % lagen, waren präzise Prognosen extrem schwierig. So waren im Bundesstaat Florida 48,1 % für Clinton und 47,5 % für Trump prognostiziert worden; am Ende erhielten die Kandidaten 47,7 % bzw. 49,1 %. Die prognostizierten Werte wichen von den tatsächlich erreichten zwar nur wenig ab. Trotzdem hatte dies massive Auswirkungen: Alle 29 Wahlmänner dieses Bundesstaates votierten für Trump. Andere Ursachen sind psychologisch bedingt: Viele Trump-Wähler bekannten sich nicht zu ihrer Entscheidung und gaben bei Umfragen keine oder eine falsche Antwort, was zu einer Verzerrung zugunsten Clintons führte. – Ein weiterer Grund liegt in der falschen Interpretation von Umfrageergebnissen: Aus einer Prognose, die Clintons Sieg mit einer Wahrscheinlichkeit von 70 % prophezeite, leiteten einige Wähler und Medien die Botschaft ab, Clinton werde zweifellos die nächste Präsidentin werden. Manche Medien verbreiteten die Nachricht, dass 70 % der Wahlmänner für Clinton (und nur 30 % für Clinton) votieren würden. Auch wenn dies barer Unsinn ist: Manche Wahlhelfer der Demokratischen Partei glaubten angesichts dieser Zahlen, dass weitere Anstrengungen für ihre Kandidatin unnötig wären, und viele US-Bürger gaben sich der Illusion hin,

dass die Wahl entschieden und ihre Stimmabgabe nicht mehr erforderlich wäre. Ein fataler Irrglaube, wie sich bald erweisen sollte. Das Umfrageergebnis zeigte lediglich, dass der Ausgang der Wahl offen war.

Ein anderes Beispiel stellt die Bundestagswahl 2002 dar. Lange Zeit sah die CDU/CSU mit ihrem Kanzlerkandidaten Edmund Stoiber wie der sichere Gewinner aus; sogar kurz nach Schließung der Wahllokale wurde von manchen Medien ein Sieg der Unionsparteien prognostiziert. Am Ende kam es zu einer Fortsetzung der roten-grünen Koalition unter Bundeskanzler Gerhard Schröder. Wie konnte dies passieren? Wenige Wochen vor der Wahl kam es nach extremen Regenfällen zu einer Flutkatastrophe, von der weite Teile Deutschlands betroffen waren. Dieses Ereignis und das Krisenmanagement der damaligen Regierung führten offensichtlich dazu, dass viele Wähler ihre Meinung kurzfristig änderten und der rot-grünen Regierung zu einem knappen Sieg verhalfen. Die falsche Prognose kurz nach Schließung der Wahllokale könnte darauf zurückzuführen sein, dass sie auf einer nicht-repräsentativen Stichprobe basierte, in der bayrische Stimmbezirke überproportional häufig vertreten waren.

Überraschende Wahlergebnisse bedeuten also nicht zwingend, dass das Umfrageverfahren nicht valide war. Sie sind eher darauf zurückzuführen, dass die gewonnenen Informationen unzuverlässig sind. Darin zeigt sich der Unterschied zwischen medizinischen Prognosen und Wahlumfragen. Der Zustand eines Patienten kann vom behandelnden Arzt objektiv beurteilt werden, nicht jedoch das Wahlverhalten nach einer Umfrage.

3.3 Demografische Prognosen

Demografie ist eine wissenschaftliche Disziplin, die sich mit Populationen und ihren Strukturen befasst. Zur Beschreibung einer Population und deren Änderungen über die Zeit sind drei Prozesse relevant: Geburtenverhalten, Alterung und Migration. Demografische Prognosen betreffen die zukünftige Entwicklung einer Population. Gebräuchliche Kenngrößen sind die Geburtenrate (Anzahl der Lebendgeborenen pro Jahr bezogen auf 1000 Einwohner), die Fertilitätsrate (Anzahl der Kinder, die eine Frau durchschnittlich zur Welt bringt), die durchschnittliche Lebenserwartung bei der Geburt und altersspezifische Mortalitätsraten. Mittels dieser Werte lassen sich Populationen untereinander vergleichen, zeitliche Änderungen beschreiben und Prognosen erstellen. Die dafür erforderlichen Daten werden rekrutiert aus Registern, Befragungen oder mittels Volkszählungen.

Als einer der Begründer der Demografie gilt der Kurzwarenhändler **John Graunt** (1620–1674), der bereits im 17. Jahrhundert basierend auf Londoner Geburts- und Sterberegistern Gesetzmäßigkeiten bezüglich der Bevölkerungsentwicklung herleitete.

Johann Peter Süßmilch erstellte 1741 das bahnbrechende Werk der deutschen Bevölkerungsstatistik mit dem Titel „Die göttliche Ordnung in den Änderungen des menschlichen Geschlechts“. Aufgrund seiner Berechnungen war es erstmals möglich, unter Annahme bestimmter Rahmenbedingungen Prognosen bezüglich der künftigen Entwicklung einer Bevölkerung zu erstellen.

Das öffentliche Interesse an Demografie hat in den letzten Jahren zugenommen. In den meisten Ländern Europas ist ein Altern der Gesellschaft zu beobachten. Die Lebenserwartung steigt, während die Fertilitätsrate bei weniger als zwei Kindern pro Frau liegt. Dies bereitet vielen Menschen Sorge: Ältere fürchten um ihre Versorgung, während jüngere Angst vor einer ungewissen Zukunft verspüren. Es ist Aufgabe der Politik, rechtzeitig Lösungen zu erarbeiten, um unliebsamen Entwicklungen entgegenzuwirken und die Ressourcen gerecht unter den Generationen und – global gesehen – unter den Völkern der Welt zu verteilen.

Demografen sehen sich bei der Erstellung ihrer Prognosen mit großen Herausforderungen konfrontiert. Um Bevölkerungsentwicklungen auf nationaler und internationaler Ebene zu prognostizieren, müssen sie realistische und nachvollziehbare Annahmen bezüglich des künftigen Geburtenverhaltens, der zu erwartenden Sterblichkeit und der Zu- und Abwanderung treffen. Dies ist aufgrund der instabilen politischen, ökonomischen und sozialen Verhältnisse weltweit und aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren und deren komplexen Wechselwirkungen problematisch. Es kommt hinzu, dass in der Demografie in aller Regel Langzeitprognosen erstellt werden, die per se mit einer großen Unsicherheit assoziiert sind. Deshalb werden häufig mehrere Szenarien simuliert, um künftige Entwicklungen zu prognostizieren (siehe Abbildung 2).

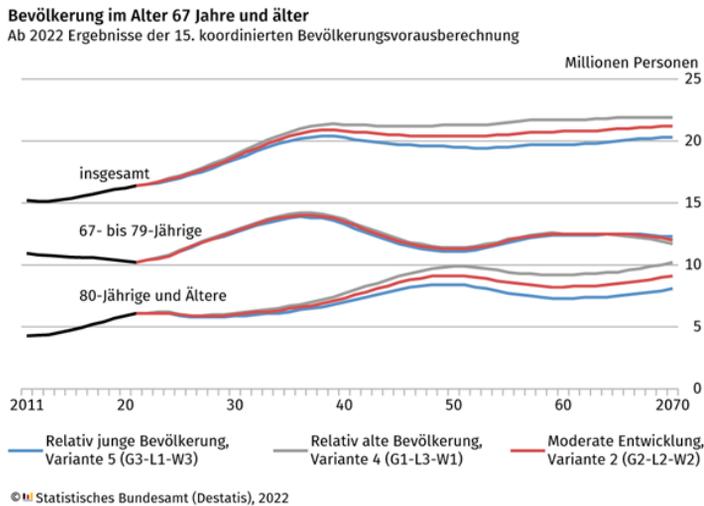


Abbildung 2: Mehrere Varianten der Bevölkerungsentwicklung in Deutschland bis 2070

Dies bedeutet jedoch keineswegs, dass demoskopische Prognosen generell unzuverlässig oder gar sinnlos sind. Wenn die zugrunde liegenden Annahmen auf realen Fakten basieren, die keinen gravierenden zeitlichen Schwankungen unterliegen, stellen diese Prognosen ein unverzichtbares Mittel zur Planung dar. So lässt sich beispielsweise aufgrund der Anzahl von Kleinkindern, die in einer Region leben, und der Altersstruktur der aktuell unterrichtenden Lehrer durchaus zuverlässig abschätzen, wie hoch der Bedarf an Schulgebäuden und Lehrpersonal in wenigen Jahren sein wird.

Dieses Beispiel zeigt: Demographische Prognosen sind unerlässlich für politische Entscheidungen und zukunftsweisende Planungen. Diese wiederum sind erforderlich, um eine auch auf längere Sicht gut funktionierende Infrastruktur zu gewährleisten und um auf unerwartete Änderungen adäquat reagieren zu können. Dies betrifft neben dem Bildungswesen die Wirtschaft, den Arbeitsmarkt, das Verkehrswesen, den Wohnungsbau, den Rentenmarkt, die medizinische Versorgung, das Versicherungswesen und vieles mehr.

Vorsicht ist jedoch geboten vor allzu weit in der Zukunft liegenden Horrorszenarien. Wenn etwa Politiker prophezeien, dass aufgrund der Bevölkerungsentwicklung in Deutschland in einigen Jahrzehnten Arbeitskräftemangel herrschen würde, die Renten nicht mehr finanzierbar wären und die Sozialsysteme zusammenbrechen würden, darf man das getrost als Kaffeesatzleserei abtun. Um die Wertigkeit von Prognosen über 50 Jahren zu beurteilen, lohnt sich ein Blick zurück in das Jahr 1974. Niemand hätte damals die Auflösung des Ostblocks, eine weltweite Pandemie oder einen Krieg in der Ukraine für möglich gehalten; keiner konnte sich eine Welt mit Smartphones und Internet vorstellen. Nutzbringender als höchst zweifelhafte Langzeitprognosen sind Überlegungen, welche Änderungen im nächsten Jahr anstehen und wie diese zu bewältigen sind.

4 Diskussion

4.1 Der Umgang mit Wahrscheinlichkeiten

Bezüglich des Umgangs mit Wahrscheinlichkeiten hat der Mensch eine paradoxe Natur. Einerseits sind viele Zeitgenossen davon überzeugt, dass sie zumindest hin und wieder in der Zukunft liegende Ereignisse aufgrund persönlicher Erfahrungen vorhersagen oder die Wahrscheinlichkeit für deren Eintreten intuitiv abschätzen können. Andererseits fehlt den meisten Menschen die Fähigkeit, vorgegebene Wahrscheinlichkeiten adäquat zu interpretieren.

Laut der 1979 erschienenen „Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke“ liegt das geschätzte Risiko für eine Kernschmelze bei 1 zu 10.000 pro Betriebsjahr. Nach Sicherheitsanalysen, die zu Beginn des 21. Jahrhunderts erstellt wurden, ist die

Wahrscheinlichkeit einer Kernschmelze für das Kernkraftwerk Fukushima bei 1 zu einer Million pro Jahr noch wesentlich geringer. Die Nuklearkatastrophen in Tschernobyl am 2. Mai 1986 und in Fukushima am 11. März 2011 mit jeweils verheerenden Auswirkungen scheinen diesen Prognosen zu widersprechen. Waren die Berechnungen falsch?

Diese Wahrscheinlichkeiten suggerieren, dass keiner der Menschen, der heute die Erde bewohnt, eine solche Katastrophe erleben wird. Dabei ist zu beachten: Bei derzeit mehr als mehr als 400 Reaktorblöcken weltweit droht rein rechnerisch alle 25 Jahre ein unbeherrschbarer Reaktorunfall. Die rohe Wahrscheinlichkeit besagt zudem nichts darüber, wann sich ein solcher Unfall ereignen wird.

Vertreter zahlreicher Fachrichtungen wie Klimaforscher, Versicherungsmathematiker oder Demoskopien, Journalisten, Meinungsforscher und Hobby-Prognostiker agieren gerne mit Zahlen. Argumente aufgrund objektiven Datenmaterials sind nachvollziehbar; darauf basierende Prognosen scheinen glaubhaft und seriös zu sein. Gänzlich unstatthaft ist dies jedoch in Situationen, bei denen alleine der Zufall ausschlaggebend ist. Dazu zählen Vorhersagen, die die nächste Ziehung der Lottozahlen betreffen, wie etwa „Die 11 wird mit hoher Wahrscheinlichkeit gezogen werden“. Derlei unseriöse Vorhersagen gründen sich auf dem irrigen Glauben, dass bei endlich vielen Lottospielen die Häufigkeiten der Ziehungen für jede Zahl identisch sind und dass deshalb – wenn die 11 in den letzten Spielen seltener als alle anderen Zahlen gezogen wurde – die Wahrscheinlichkeit für die 11 beim nächsten Spiel besonders hoch ist. In Wirklichkeit sind die Ziehungen unabhängig voneinander: Die Wahrscheinlichkeit, dass eine bestimmte Zahl gezogen wird, beträgt bei jeder Ziehung für jede Zahl konstant $6/49$; die Wahrscheinlichkeit für einen 6er im Lotto liegt bei 1 zu 14 Millionen (jeweils ohne Berücksichtigung der Zusatzzahl).

Auch bei sportlichen Ereignissen werden zuweilen Prognosen höchst zweifelhafter Seriosität gewagt. Traditionell werden im Sport diverse Parameter ermittelt. So werden beispielsweise bei jedem Fußballspiel von jedem einzelnen Spieler die Anzahl von Toren, Torschüssen, Frei-, Eck- und Strafstoßen und Fouls sowie die gelaufenen Meter und die Durchschnittsgeschwindigkeit erfasst. Bei Wettbewerben werden die Einsätze pro Spieler sowie die Zahl von Siegen, Niederlagen und Unentschieden jedes Teams gezählt. Mit diesem umfangreichen Datenmaterial lassen sich vielfältige Statistiken erstellen. Für Prognosezwecke sind diese jedoch untauglich. Häufig wird zwar argumentiert, dass eine Mannschaft, die bei Duellen in der Vergangenheit häufig als Sieger hervorgegangen ist, mit hoher Wahrscheinlichkeit auch beim nächsten Duell siegen wird. Diese „Wahrscheinlichkeit“ lässt sich sogar anhand des Anteils der gewonnenen Spiele quantifizieren. Manche Fans zeigen sich siegesgewiss, wenn diese Wahrscheinlichkeit höher als 50 % ist (so wie einst viele US-Bürger, die ein Umfrageergebnis von 70 % für Clinton als sicheren Sieg missdeuteten). Die Erfahrung lehrt jedoch, dass auf solche Vorhersagen kein Verlass ist. Über Sieg oder Niederlage entscheiden neben dem

Können und dem Engagement der Spieler diverse äußere Einflüsse und Unvorhersehbarkeiten, die sich unter dem Stichwort „Zufall“ zusammenfassen lassen. Aussagen wie „Die Statistik spricht für Deutschland“ sind daher eher als Wunschvorstellungen denn als ernst zu nehmende Prognosen aufzufassen.

4.2 Der Umgang mit Fehlprognosen

Zahlreiche vor langer Zeit erstellte Prognosen sorgen heute – nachdem einige Jahrzehnte vergangen sind – für Erstaunen, Erheiterung oder auch Mitleid ob der Naivität unserer ehemals lebenden Vorfahren. Dazu einige Beispiele: „Der Bauch, die Brust und das Gehirn werden dem Chirurgen für immer verschlossen bleiben.“ So äußerte sich **Sir John Eric Erichsen** (1818–1896), Leibarzt der Queen Victoria. **Thomas John Watson** (1874–1956), Vorstandsvorsitzender von IBM, prognostizierte im Jahr 1943, dass es keinen großen Markt für Computer geben werde. Mitte des 19. Jahrhunderts belegten Hochrechnungen, dass die Straßen von New York spätestens 1910 meterhoch mit Pferdemit bedeckt und damit unpassierbar sein würden. „Röntgenstrahlen werden sich als Schwindel erweisen“ unkte 1883 der Physiker **William Thomson Lord Kelvin** (1824–1907). „Die weltweite Nachfrage nach Kraftfahrzeugen wird eine Million nicht überschreiten, allein schon aus Mangel an verfügbaren Chauffeuren“ mutmaßte der Erfinder des Automobils **Gottlieb Daimler** (1834–1900).

Beispiele für Fehlprognosen finden sich auch in der neueren Vergangenheit. In den 1980er Jahren flößte der Begriff „Waldsterben“ vielen Menschen Angst ein. „Auf den Wetterbericht ist kein Verlass“: Dieser Satz erfreut sich nach wie vor breiter Zustimmung. Vorhersagen bezüglich des Verlaufs der Covid-19-Pandemie konnten häufig nicht bestätigt werden. Weitere Beispiele über fatale Irrungen und überraschende Wendungen finden sich in [5].

Es gilt zu bedenken, dass diese Prognosen zu ihrer Zeit plausibel schienen. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts schienen chirurgische Eingriffe am Thorax oder am Hirn undenkbar zu sein. Erichsen konnte nicht ahnen, welche rasanten Fortschritte die medizinische Forschung machen würde. Zu Watsons Lebzeiten waren Computer extrem teuer; ihre Bedienung erforderte hohen technischen Sachverstand. Dass Computer einst den Alltag fast aller Menschen prägen würde, war unter diesen Voraussetzungen nicht vorstellbar. Die Vorhersage bezüglich des Pferdemit wurde mit Wahrscheinlichkeitsrechnung hergeleitet. Die Eigenschaften der Röntgenstrahlung (die gleichzeitig Partikel- und Wellencharakter zeigte) verwirrte viele Naturwissenschaftler, nicht nur Kelvin. Daimlers Prophezeiung war nach damaligen Erkenntnissen (als sich kaum jemand ein Auto leisten oder es bedienen konnte) glaubwürdig.

Diese Beispiele zeigen: Zukunftserwartungen können sich vom tatsächlichen Fortgang der Geschichte unterscheiden. Ein Prognosemodell ist eben nur so gut wie die zugrunde liegenden Annahmen. Wenn diese sich aufgrund technischer, sozialer oder demografischer Entwicklungen oder aufgrund von wissenschaftlichen Erkenntnissen ändern, verliert die Prognose ihre Gültigkeit. Das bedeutet nicht, dass sie schlecht war; es zeigt vielmehr, dass sie nur im zeitlichen Kontext zu bewerten ist.

In Szenarien, die maßgeblich von menschlichen Verhaltensweisen bestimmt sind, beobachtet man häufig das sogenannte Prognoseparadox. Dieses entsteht, wenn eine Prognose zu Verhaltensänderungen führt. Diese sollen verhindern, dass das prognostizierte Ereignis eintritt. Damit ist die Prognose bereits zum Zeitpunkt ihrer Veröffentlichung falsch. In Abschnitt 3.2 wurde ausgeführt, dass das Ergebnis von Umfragen vor einer Wahl häufig dazu beiträgt, dass bedingt durch das Wählerverhalten das Wahlergebnis anders ausfällt. Das in den 1980er Jahren prognostizierte Waldsterben hat dazu geführt, dass seitens der Politik, der Forstwirtschaft und der Industrie Anstrengungen unternommen wurden, um genau dies zu verhindern. Besonders problematisch erwiesen sich Prognosen bezüglich der Covid-19-Pandemie. Zahlreiche Quellen der Unsicherheit (beispielsweise bezüglich des Infektionsmechanismus, der schwer zu schätzenden Basisreproduktionszahl, der Wettereinflüsse und zahlreicher anderer Faktoren) erschwerten das Erstellen einer validen Prognose. Schließlich führten politische Maßnahmen und menschliches Verhalten dazu, dass sich die Rahmenbedingungen und damit auch die Prognose änderten. Es wäre unfair, dies allein deren Entwicklern anzulasten.

Noch eine Anmerkung zu Langzeitprognosen: Prognosen, die sich auf einen Zeitraum beziehen, der in weiterer Ferne liegt, sind freilich mit extrem hohen Unsicherheiten assoziiert. Man könnte geneigt sein, diesen Prognosen ihren Sinn abzusprechen, weil sie letzten Endes nicht überprüfbar sind. Dies wäre jedoch zu kurz gedacht. Als Beispiel sei der prognostizierte Klimawandel erwähnt. Aufgrund umfangreicher Datenmengen und komplexer Algorithmen lassen sich zwar mittlerweile recht präzise Kurzzeitprognosen für das Wetter in den nächsten Tagen erstellen. Wie sieht es jedoch mit der Validität von Langzeitprognosen für das Klima aus, die sich über einen Zeitraum von Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten erstrecken? Freilich sind genaue Vorhersagen unmöglich. Es ist jedoch bekannt, dass die Entwicklung des Klimas wesentlich von Treibhausgasemissionen bestimmt wird. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, unterschiedliche Szenarien zu entwickeln, um weitere mögliche Entwicklungen zu prognostizieren. Auf diese Weise lassen sich mögliche Konsequenzen aufzeigen, was wiederum dazu führen mag, dass Gegenmaßnahmen ergriffen werden, um das schlimmste aller vorstellbaren Szenarien zu verhindern. Insofern können Langzeitprognosen vieles in Gang setzen, auch wenn die Prognose selbst höchst ungewiss ist.

5 Schlussfolgerungen

Viele Entscheidungen beruhen auf Prognosen – sei es in der Politik, in der Ökonomie, der Medizin oder im privaten Umfeld. Demzufolge wird unser aller Leben in hohem Maße direkt oder indirekt von Prognosen bestimmt, auch wenn wir uns dessen nicht permanent bewusst sind. Insofern sind Prognosen wichtig, da sich aus ihnen konkrete Handlungsempfehlungen ableiten lassen. Ansonsten wäre das Überangebot der auf uns einströmenden Informationen kaum zu bewältigen.

Freilich ist man geneigt, prognostischen Methoden aus früheren Zeiten wie das Befragen eines Orakels ihren Sinn abzusprechen. Dabei sollte man jedoch nicht vergessen, dass die so erstellten Prognosen den Menschen in der Antike oder im Mittelalter plausibel erschienen, dass sie Orientierungshilfen boten und dass darauf basierend weitreichende politische oder kulturelle Entscheidungen getroffen wurden. Insofern gibt es durchaus Parallelen zwischen den obskuren Methoden, die in früheren Zeiten angewandt wurden, und den heute bevorzugten mathematisch-statistischen Techniken. Es liegt in der Natur der Sache, dass eine Prognose unsicher ist und dass sich deren Qualität nicht unmittelbar nach deren Erstellung, sondern erst zu einem späteren Zeitpunkt gänzlich beurteilen lässt. Insbesondere Langzeitprognosen und Prognosen, die von menschlichen Verhaltensweisen und politischen Entscheidungen beeinflussbar sind, erweisen sich häufig als falsch. Der große Mathematiker Laplace irrte sich, als er postulierte, dass eines fernen Tages die Zukunft vollständig vorhersehbar wäre. Manche Menschen neigen sogleich zu hämischen Kommentaren, wenn sich herausstellt, wenn sich eine Prognose als Fehlprognose erweist. Dabei sollte man jedoch bedenken, dass jede Prognose auf einem Modell basiert, das die Wirklichkeit nur vereinfacht darstellt. Manche Prognosen (die sich später als falsch herausstellten) haben sogar viel Gutes bewirkt, weil sie problematische Entwicklungen erst aufgezeigt und rechtzeitig Gegensteuerungen bewirkt haben.

Die Schwächen der Prognose sprechen also nicht grundsätzlich gegen ihren Einsatz. Prognosen helfen uns nicht nur, rationale Entscheidungen zu treffen; sie können auch für künftige Prozesse und Probleme sensibilisieren. Die im Titel dieses Beitrags aufgeworfene Frage „Top oder Flop?“ ist demzufolge eindeutig mit „Top“ zu beantworten.

Literatur

Auer B., Rottmann H.: *Statistik und Ökonometrie für Wirtschaftswissenschaftler*. Kapitel 6: Prognose mit geschätzten

Regressionsmodellen. Springer Fachmedien Wiesbaden (2015)

- Bacher J., Müller W., Ruderstorfer S.:** Statistische Prognoseverfahren für die Sozialwissenschaften. In: Bachleitner R et al. (Hrsg.): *Empirische Prognoseverfahren in den Sozialwissenschaften, Zukunft und Forschung*. Springer Fachmedien Wiesbaden (2016)
- Gelaschwili S.:** Einführung in die Statistische Modellierung und Prognose. In: *Statistische Diskussionsbeiträge* Nr. 26. Universität Postdam (2007)
- Labisch A.:** Prognosen in den Wissenschaften – Einleitung. *Acta Historica Leopoldina* 79, 7–13 (2021)
- Radkau J.:** *Geschichte der Zukunft. Prognosen, Visionen, Irrungen in Deutschland von 1945 bis heute*. Hanser-Verlag 2017
- Shumway RH., Stoffer DS:** *Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples*. Springer-Verlag, 4. Auflage (2017)
- Weiß C.:** Regressionsanalysen. In: *Basiswissen Medizinische Statistik*, Springer Verlag, 7. Auflage 2019
- Weiß C.:** Entwicklung der Medizinischen Statistik in Deutschland. Der lange Weg dahin. *GMDS Med Inform Biom Epidemiol* (2005)
- Wildner M.:** Diagnose, Prognose, Prädiktion. *Gesundheitswesen* 76: 185–186 (2014)

Über die Autorin

Christel Weiß ist Professorin für Biomathematik und Epidemiologie an der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg. In ihren Verantwortungsbereich fallen Lehrveranstaltungen für Studierende der Medizin und Masterkurs-Absolventen, Seminare sowie die Beratung von Ärzten, wissenschaftlichen Mitarbeitern und Doktoranden bei der Planung und Durchführung von klinischen und epidemiologischen Studien. Frau Weiß ist Autorin des Lehrbuchs „Basiswissen Medizinische Statistik“ (erschieden im Springer-Verlag, demnächst 8. Auflage), des Ratgebers „Promotion. Die medizinische Doktorarbeit – von der Themensuche bis zur Dissertation“ (zusammen mit Prof. Dr. Axel Bauer, erschienen im Thieme-Verlag, 4. Auflage) sowie Autorin oder Koautorin zahlreicher Papers und Buchbeiträge.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Christel Weiß
 Medizinische Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg
 Abteilung für Medizinische Statistik und Biomathematik, Theodor-Kutzer-Ufer 1
 68167 Mannheim, Germany
christel.weiss@medma.uni-heidelberg.de
<https://www.umm.uni-heidelberg.de/cpd/digitale-gesundheit/biomedizinische-informatik/medizinische-statistik-biomathematik-und-informationsverarbeitung>

Foresight statt Prognosen – gestalten statt vorherzusagen

Kerstin Cuhls

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) & Universität Heidelberg

Zusammenfassung Prognosen sind „Aussage(n) über zukünftige Ereignisse, bes. zukünftige Werte ökonomischer Variablen, beruhend auf Beobachtungen aus der Vergangenheit und auf theoretisch fundierten objektiven Verfahren“¹ bzw. die Voraussage einer künftigen Entwicklung, künftiger Zustände oder des voraussichtlichen Verlaufs² und werden häufig in den Wirtschaftswissenschaften genutzt. Sie werden entweder aus Annahmen oder Hochrechnungen aus der Vergangenheit abgeleitet oder nutzen Modelle, die Daten für eine Vorhersage beinhalten. Prognosen werden z. B. zur Vorhersage volkswirtschaftlicher Entwicklungen oder in der Bevölkerungsstatistik genutzt, aber auch für Einschätzungen zur Technologieentwicklung. Sie nutzen häufig wissenschaftliche Berechnungen, z. B. Wahrscheinlichkeitsrechnung, Statistik, und sind damit sehr konkrete Voraussagen, die Genauigkeit und Vorhersagbarkeit suggerieren. Prognosen sind jedoch in vielen Bereichen nicht möglich oder nur unzureichend, insbesondere, wenn weniger wahrscheinliche Entwicklungen mit betrachtet werden, oder solche, die in der Vergangenheit noch unbekannt waren und für die es bis dato keine ausreichenden Datenbestände gibt. Auf Vergangenheitsdaten beruhende Prognosen reichen daher nicht aus, um die Zukunft einschätzen oder gar gestalten zu können. Sie berechnen Veränderungen, auch von Menschen korrektiv vorgenommene Änderungen nicht ein. Die Prognosen und Berechnungen müssten verändert werden, wenn weitere Einflussfaktoren hinzukommen, z. B. Veränderungen der natürlichen Umgebung, politische Maßnahmen, ein Wandel der Bevölkerungsstruktur oder des Konsumverhaltens, was aber häufig nicht so einfach möglich ist. Um diese Faktoren immer wieder neu einzubeziehen, ist es erforderlich, den Möglichkeitsraum zu erkunden. Dafür nutzen wir *Foresight*-Methoden und Horizon Scanning in sehr unterschiedlicher Ausgestaltung. Diese können Prognosen – im Sinne von Annahmen über die Zukunft – beinhalten, sind aber keine festen Vorhersagen. Dieser Beitrag erläutert

1 <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/prognose-43498> (Zugriff 2.6.2024)

2 <https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/302/prognose/> (Zugriff 2.6.2024), für Wirtschaftsprognosen siehe auch Mertens (2005)

daher, was sich hinter dem Begriff „*Foresight*“ verbirgt, warum wir uns in Europa vom „*Forecasting*“ und von der Prognostik abgrenzen und welche Ziele *Foresight* verfolgt.

1 Einleitung: Was ist *Foresight*?

Am Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) verstehen wir unter *Foresight* die strukturierte Auseinandersetzung mit komplexen Zukünften. Damit wird deutlich, dass *Foresight* (deutscher Begriff: Vorausschau) nicht von einer Person allein betrieben werden kann und auch keine Vorausberechnung oder Vorhersage ist. *Foresight* ist ein systematischer Ansatz, der sich aller Methoden der Zukunftsforschung bedient (Cuhls, 2012). Die Zukunftsforschung ist der akademische Zweig der Vorausschau. Wir benutzen in der Regel den englischen Begriff „*Foresight*“, weil „Vorausschau“ häufig mit „Vorschau“ und damit einer Vorhersage verwechselt wird.

Genau an dieser Stelle kommen Prognosen ins Spiel. Prognosen sind

„Aussage(n) über zukünftige Ereignisse, besonders zukünftige Werte ökonomischer Variablen, beruhend auf Beobachtungen aus der Vergangenheit und auf theoretisch fundierten objektiven Verfahren. Prognose richtet sich v. a. auf Variablen, die nicht oder kaum durch denjenigen gestaltbar sind, der die Prognose vornimmt. Grundlage jeder Prognose ist eine allg. Stabilitätshypothese, die besagt, dass gewisse Grundstrukturen in der Vergangenheit und Zukunft unverändert wirken.“³

oder wie in der politischen Bildung:

„Das Wort „Prognose“ kommt aus dem Griechischen und bedeutet so viel wie „Vorhersage“. Damit ist allerdings nicht das gemeint, was zum Beispiel ein Wahrsager vorhersagt oder das, was in deinem Horoskop steht. Mit „Prognose“ meint man eine Voraussage über die Zukunft, die sehr gut begründet ist, weil sie mit Hilfe von Forschungsergebnissen erstellt worden ist.“⁴

Vorhersagen können wir nicht leisten. Wir können mit Annahmen oder Hypothesen über Zukunft bzw. unterschiedliche Zukünfte arbeiten, aber wir können nicht genau

3 <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/prognose-43498> (Zugriff 2.6.2024)

4 <https://www.bpb.de/kurz-knapp/lexika/das-junge-politik-lexikon/320972/prognose/> (Zugriff 2.6.2024)

sagen, wie die eine Zukunft, die wir erleben werden, aussehen wird. Die Begriffe „Vorhersage“ oder „Prognose“ und auch das englische „Forecast“ erscheinen uns daher für unsere Ansätze nicht geeignet, da sie eine deterministische, fixe Sichtweise suggerieren.

Deshalb wird in Europa zwischen „Foresight“ (Vorausschau) und „Forecast“ (Cuhls, 2003) unterschieden. Prognosen und Forecasts können allerdings als zwischenzeitliches Arbeitsmaterial dienen, z. B. über Annahmen oder Hypothesen über die Zukunft bzw. die Frage „Was wäre, wenn?“ – Die Zukunftsforschung als Wissenschaft.

„beschäftigt sich mit möglichen, wahrscheinlichen und wünschbaren zukünftigen Entwicklungen. Denn auch wenn sich die Zukunft nicht vorhersehen lässt, zeichnen sich doch schon heute wichtige Entwicklungsstrukturen in ihren Grundzügen ab. Die Leitplanken des Möglichen, Wahrscheinlichen und Wünschenswerten sind in diesem Sinn durch wissenschaftliche Verfahren und im gesellschaftlichen Diskurs bestimmbar.“⁵

Hinweise: In den USA und anderen Ländern wird der Begriff „Forecasting“ weiterhin häufig äquivalent zu „Foresight“ benutzt (wie in Coates, 1985; siehe aber Cuhls, 2003). Vorarbeiten zu der Entscheidung für den Begriff „Foresight“ wurden in einem Netzwerk auf Ebene der Europäischen Union diskutiert (Kuhlmann, 1999).

Foresight geht also weiter als Prognostik und beschäftigt sich mit offenen, explorativen Zukünften genauso wie mit wünschbaren (normativen) Zukünften. Die Ziele der Vorausschau sind daher nicht einfach die Vorhersage, sondern können eine breite Palette an Zielen und Subzielen enthalten, wie zum Beispiel (Cuhls, 1998, 2003, 2008):

- Die Auswahl an Möglichkeiten zu erweitern, Prioritätensetzung zu ermöglichen und deren Folgen und Chancen abzuschätzen,
- alternative Wege in die Zukunft aufzuzeigen,
- Definition wünschbarer und unerwünschter Zukünfte,
- Frühwarnungen erhalten,
- die Auswirkungen derzeitiger Forschungs-, Innovations- und Technologiepolitik zu erkunden,
- neue Bedürfnisse und neue technische Möglichkeiten zu erfassen sowie neue Ideen einzubeziehen,
- selektive Fokussierung in ökonomischen, technologischen, sozialen und ökologischen Bereichen vorzunehmen sowie Beobachtung und weitergehende Forschung in diesen Gebieten anzustoßen

5 Aus dem Flyer des Masterstudienganges Zukunftsforschung der Freien Universität Berlin. Dies war die erste Einrichtung, an der in Deutschland explizit Zukunftsforschung studiert werden kann.

- den gezielten Einstieg in ausgewählte Zukunftsthemen ermöglichen bzw. erleichtern
- dezentral vorliegende Informationen auffindbar machen und über diese Themen lernen (Nutzbarmachung von „strategischer Intelligenz“)
- bekannt und bewusst machen, woran derzeit geforscht wird, um durch bessere Informationen Ängste in der Bevölkerung abzubauen,
- Netzerkennung für schnelle Kontaktaufnahmen (z. B. bei der Suche nach Informationen) erleichtern,
- Information, über welche Wege in die Zukunft Konsens besteht und wo Dissens herrscht, und
- Anstoß und Stimulation eines kontinuierlichen Diskussionsprozesses und damit
- Kommunikation über Zukünfte, um diese transparent zu machen.

Wichtig ist nur, nicht alle Ziele auf einmal zu verfolgen, sondern bestimmte Ziele auszuwählen und diese gegebenenfalls sukzessive aufeinander aufzubauen (Cuhls, 1998, 2015). Im Zentrum der Interaktion relevanter Akteure steht im Foresight immer die aktive Vorbereitung auf die langfristige Zukunft und daraus resultierend die Gestaltung der auch kurz- und mittelfristigen Zukunft. Der Blick in mögliche Zukünfte ganzer Systeme ist offen, breit und umfassend, und bezieht die unterschiedlichen Perspektiven (Linstone, 1999) der betroffenen oder involvierten Personengruppen ein (*Multi-Stakeholder-Ansatz*). Für heutige Entscheidungen oder um aktiv eine wünschbare Zukunft zu gestalten, muss eine Zukunft ausgewählt werden, um eine schrittweise Vorbereitung auf diese zu betreiben. Dabei wird auch häufig sogenanntes „*Backcasting*“ betrieben, ein Denken von der Zukunft aus zurück in die Gegenwart. Schritt für Schritt wird hier zurückgegangen, um in der Gegenwart anzukommen und damit rückwärts auf dem Zeitpfeil zu denken. Foresight nutzt während des Prozesses manchmal Prognosen als Arbeitsmaterial, als Annahmen über Zukunft, um damit entweder unterschiedliche mögliche Zukünfte zu durchdenken oder wünschbare Zukünfte für die Strategiearbeit abzuleiten.

2 Welche Methoden gibt es?

Das Repertoire an Methoden ist inzwischen sehr groß und breit aufgestellt. In der Regel werden Kombinationen von Methoden genutzt, um den unterschiedlichen Zielen gerecht zu werden oder Triangulation (Hussein, 2009; Olsen, 2004) zu betreiben. Abbildung 1 zeigt eine Zusammenstellung von Methoden, die ursprünglich als Bestandsaufnahme an unserem Institut genutzt worden ist, dann aber mehrere Modifikationen erfahren hat (z. B. in Cuhls, 2008).

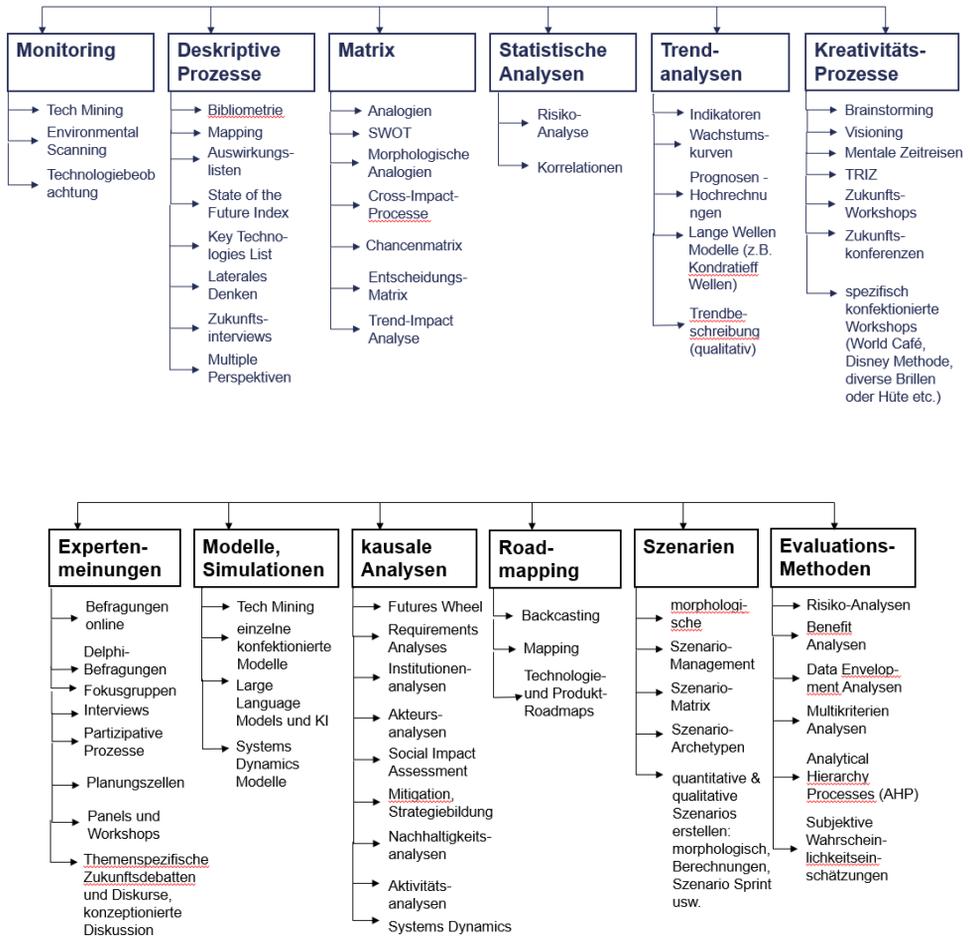


Abbildung 1: Methoden der Vorausschau

Quelle: Weiterentwicklung aus Cuhls, K. (2008). Methoden der Technikvorausschau – eine internationale Übersicht. Fraunhofer IRB Verlag

Die Vorgehensweisen im *Foresight*⁶ sind dabei sehr unterschiedlich und können auf allen Ebenen stattfinden: international, national, regional, in Unternehmen, Verbänden, in Einzelgruppen oder mit einzelnen Personen. Auch wenn *Foresight* keine Prognose oder Vorhersage eines einzelnen Vorkommnisses ermöglicht, besteht ein Zusammenhang

6 Vgl. beispielsweise Foresight4Europe.eu; Cuhls (2008); Cuhls und Jaspers (2004); Georghiou et al. (2009).

zum „Forecasting“ (Armstrong, 2001; Coates, 1985; Coates et al., 2001; Cuhls, 2003) und selbstverständlich hat *Foresight* einen strategischen Teil (Martin, 1995a, 1995b).

In diesem Kontext fällt häufig der Begriff „*Strategic Foresight*“ (Coates et al., 2001; Godet, 2006) oder auf Deutsch „strategische Vorausschau“ (Warnke et al., 2021). Damit wird stärker zielgerichtet oder mit einem bestimmten inhaltlichen Zweck in die Zukunft geschaut. Wenn allerdings der Blick offen und kreativ bleiben soll, dann kommt zuerst der Blick nach vorn und danach erst wird eine Strategie zum Erreichen der ausgewählten Ziele entwickelt, d. h. zuerst *Foresight*, dann Strategie (*Foresight* für Strategien). Es ist selten hilfreich, zuerst eine Strategie zu entwickeln und dann erst den Blick nach vorn zu richten, denn dann zeigt sich der psychologische Effekt, dass Öffnung und Kreativität kaum mehr entstehen können; der Blick ist bereits geschlossen, auf ein bestimmtes Ziel fokussiert, und die Teilnehmenden sind in bestimmten Denkmustern gefangen bzw. können das Ziel kaum noch ändern. Wenn *Foresight* betrieben wird, um sich die Umwelt oder das „Umfeld“ und seine zukünftigen Entwicklungen anzusehen, ist das Ziel in der Regel die Vorbereitung auf wichtige Entwicklungen, Diskontinuitäten oder mögliche „Überraschungen“.

Foresight kann gleichzeitig als lernender Prozess betrachtet werden, in dem das wichtigste Ziel das Lernen eines Vorausdenkens oder „Denken auf Vorrat“, die Kommunikation und die Teilhabe an der Gestaltung der Zukunft ist. Wenn *Foresight* als visionsbildender Prozess (Vision im Sinne eines wünschbaren Zukunftsbildes, keine Utopie)⁷ angesehen wird, steht die normative Komponente (Beeinflussung in Richtung einer wünschenswerten Zukunft) im Vordergrund. Eine klare Unterscheidung zwischen „*Foresight*“ (offener Blick) und „Strategie“ (fokussiert, normativ) in den einzelnen Schritten des Prozesses ist folglich sehr wichtig. In diesem Zusammenhang kann *Foresight* die Rolle eines „strategischen Dialogs“ zwischen unterschiedlichen Akteuren oder Gruppen der Gesellschaft einnehmen, je nachdem, wer methodisch in die Diskussionen eingebunden ist. Dies sind zukunftsgerichtete gesellschaftliche Aushandlungsprozesse.

7 Unter Vision verstehen wir ein erreichbares, wünschbares, aber langfristig leitendes Zukunftsbild. In Unternehmen werden manchmal kurz formulierte Visionen erarbeitet, um ein gemeinsames Leitbild zu erzeugen. Eine Utopie dagegen kann auch fiktiv sein und muss nicht unbedingt erreichbar erscheinen, hat also auch einen wesentlich geringeren Grad an Wahrscheinlichkeit. Verbreitet wurde der Begriff beispielsweise durch Thomas Morus (2009) oder Georg Picht (1971).

Vorausschau und die an ihr beteiligten Personen müssen bestimmte Kriterien erfüllen, um erfolgreich sein zu können. Diese werden als „sechs große K“ (im Englischen C) bezeichnet⁸:

- **Kommunikation:** Fachleute und Interessenvertreter müssen auf einem neuartigen Forum zusammengebracht werden, auf dem sie sich austauschen können.
- **Konzentration** auf die Langfristorientierung: Die Teilnehmer müssen sich gegenseitig unterstützen, etwas weiter in die Zukunft zu blicken als sie es allein könnten.
- **Koordination:** Die verschiedenen Interessenvertreter müssen sich produktive Partnerschaften zur Bewältigung der Herausforderungen in Wissenschaft, Technik und Innovation konkret vorstellen können.
- **Konsens:** Es soll ein möglichst abgeglichenes und widerspruchsfreies Bild der Zukunft erzeugt werden.
- **Kommissorium** (Vollmacht): Es muss sichergestellt sein, dass die Individuen in einem Vorausschau-Projekt ganz teilnehmen und willens sowie in der Lage sind, die für sie notwendigen Rückschlüsse im Licht der Vorausschau umzusetzen.
- **Komprehension** (Fassungskraft): Die beteiligten Individuen müssen die Veränderungen verstehen und fassen können, die ihr Unternehmen, ihren Berufsstand, ihre Fakultät oder Disziplin betreffen, und überblicken, was das für ihre Organisation oder sie selbst bedeutet.

Dadurch werden einige Ansätze leicht zu *self-fulfilling* bzw. *self-destroying prophecies* (letzteres bei unerwünschten Entwicklungen), was die hohe Erfolgsrate einzelner Studien erklären kann.

Jeder *Foresight*-Prozess hat seinen eigenen Zeithorizont, der weit in die Zukunft reichen kann. Immer muss aber auch die Gegenwart, die im Hier und Jetzt existierenden Informationen und die zu treffenden Entscheidungen einbezogen werden. Je nachdem, ob das Ziel lautet, ein Zukunftsthema aufzuspüren, ein benanntes gesellschaftliches Zukunftsthema mit Blick auf die langfristige Zukunft auszuarbeiten, oder ob ein Überblick über zukünftigen Technologie-Einsatz gewünscht ist, können die Ziele der Aushandlungsprozesse von Zukunft sehr unterschiedlich sein.

Anders als bei der Erstellung von Prognosen ist der Anwendung von *Foresight* folglich thematisch kaum eine Grenze gesetzt. Bedarfsorientierte und angebotsorientierte Prozesse sind beide möglich, nur Ziel und Startpunkt der Betrachtung unterscheiden sich. Mit *Foresight* suchen wir Entwicklungen nach zielgerichteten Kriterien aus und lassen diese Entwicklungen oder das aufgefundene Signal in der Regel aus unterschiedlichen Perspektiven (Multiperspektivenansatz, Linstone, 1999) bewerten.

8 Zitiert nach Grupp (1995, S. 24) und in Anlehnung an die ursprüngliche Version von Martin (1995, S. 144). Martin unterscheidet dabei die fünf „C“: 1. *Communication*, 2. *Concentration*, 3. *Coordination*, 4. *Consensus* und 5. *Commitment*.

Eine wichtige methodische Vorgabe ist es, Wahrnehmungsfilter zu adressieren und Biases⁹ zu reduzieren – oder sie wenigstens zu benennen und zu reflektieren, um die vorgenommenen Bewertungen besser einschätzen zu können (Apreda et al., 2016; Gigerenzer, 2007, 2008b; Gigerenzer & Gaissmaier, 2011; Kahneman & Tversky, 1979; Schirrmeister et al., 2020; Windschitl et al., 2010).

Auch überschätzen Experten die Bedeutung ihres eigenen Wissensgebietes häufig, so dass die Einschätzungen anderer Akteursgruppen korrigierend wirken. Nur so können die Annahmen über Zukünfte eingeordnet werden, und es kann ausgelotet werden, unter welchen Sichtweisen und Bedingungen beziehungsweise wie sich beispielsweise ein politisches System entwickeln könnte (Daimer et al., 2021; Warnke, 2019).

Foresight endet entsprechend in manchen Fällen mit mehr Fragen als Antworten (Herausarbeiten der wichtigsten Fragestellungen) und in unterschiedlichen Umfeld-Szenarien, die in sich konsistent beschreiben, wie die Zukunft werden könnte. Viele Optionen aufgezeigt zu bekommen, ist für Entscheider in Unternehmen oder Ministerien häufig verwirrend oder frustrierend. Eine Prognose, wie die Zukunft werden wird, ist einfacher zu handhaben, wenn Entscheidungen anstehen. Es ist aber notwendig und auch viel gewinnbringender, sich alternative Zukunftsbilder vorzustellen, ausgetretene Pfade zu verlassen oder diese überhaupt erst einmal sichtbar und damit betretbar zu machen. Es gibt also nicht die direkt ableitbare Entscheidung, aber eine Haltung des Ermöglichs oder einer „*Preparedness*“ (vorbereitet sein). Diese Haltung muss erst entwickelt werden, woraus auch eine gewisse Resilienz in Gesellschaften oder Unternehmen entstehen kann.

Prognosen selbst sind alternativlos, sie sind Vorhersagen. Es gibt aber immer eine Alternative, und zu zeigen, dass es diverse Möglichkeiten gibt, öffnet neue Horizonte für andere Verhaltensweisen, Haltungen, Lösungsfindungen oder einfach einen anderen Umgang miteinander.

Die aufgefundenen Themen (technische genauso wie gesellschaftliche) können mit bestimmten Kriterien (z. B. Wichtigkeit für die Wirtschaft oder wissenschaftliche Exzellenz, Relevanz für Umwelt und Nachhaltigkeit, Beitrag zu Wohlfahrt, Wohlstand, Inklusion oder einem qualitativ guten Leben) und aus unterschiedlichen Blickwinkeln heraus bewertet werden (sogenanntes „*sense-making*“). Eine wichtige Funktion von *Foresight* ist es daher, die getroffene Themenauswahl für die Zukunft transparent zu machen, d.h. die Auswahlkriterien und das Vorgehen offenzulegen. Dies unterscheidet sich von einer Kolonisierung der Zukunft (Miller, 2018; Sardar, 1993), wie sie von einigen

9 Unter Bias wird die Neigung zur Über- oder Unterschätzung einer Idee, eines Gegenstandes oder bestimmter Entwicklungsmöglichkeiten verstanden. Es gibt sehr unterschiedliche Biases, die Verzerrungen in der Einschätzung hervorrufen, siehe Gigerenzer (2007, 2008a); Schirrmeister et al. (2020). Biases können inhärent oder gelernt sein. Im Sinne einer „neutralen Einschätzung“ wird versucht, Biases zu vermeiden.

Großkonzernen oder Großinvestoren betrieben wird, die bereits jetzt die langfristige Zukunft „besiedeln“, indem sie Fakten schaffen.

3 Methodenkombinationen – ein Szenarien-Beispiel

In einem Projekt für die Europäische Kommission haben wir während des ersten Lockdowns der Covid-19-Pandemie langfristige Szenarien erarbeitet, die nicht nur die Pandemie betrachten sollten, sondern als Kontext- oder Umfeldszenarien auch andere, teilweise weitergehende Entwicklungen mit in den Blick nehmen sollten. Ziel hier war, Implikationen für die europäische Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik aufzuzeigen. Das Projekt hatte mehrere Stufen (siehe Abbildung 2) und begann mit einem Horizon Scanning bzw. der Suche nach Informationen über die Pandemie selbst und Annahmen, die über sie hinaus zielten. Außerdem wurden Daten zu unterschiedlichen Faktoren gesammelt, die für die Zukunft prägend sein könnten.

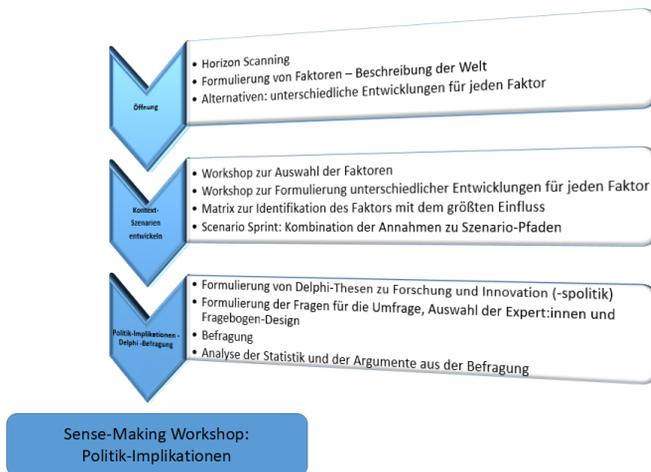


Abbildung 2: Projektablauf und Methodenkombination im Projekt PostCovid-19 Szenarien 2040 (Quelle: Cuhls et al., 2022)

In mehreren Workshops wurden die wichtigsten Faktoren beschrieben und ausgewählt sowie für diese Faktoren, deren Entwicklung mit Unsicherheit behaftet war, Annahmen getroffen. Diese Annahmen wurden in Workshops mit Personen von der Europäischen Kommission generiert und formuliert. Die Annahmen wurden in einem Szenario-Sprint systematisch zu unterschiedlichen Szenarien kombiniert und ausformuliert. Da die ersten vier Szenarien sehr pessimistisch erschienen, wünschte sich die Europäische

Kommission ein weiteres, positiv ausgerichtetes Szenario (siehe Abbildung 3, das grüne Szenario „Green Utopia - New Hope“). Szenarien müssen in sich konsistent sein - und bei diesem Szenario kostete es einige Mühe, diese Konsistenz herzustellen bzw. sich vorzustellen, was alles bewegt werden muss, um es möglich zu machen.

Zusätzlich wurden einzelne Thesen zur Zukunft von Forschung und Technologie aufgestellt, die in einer Delphi-Studie (Argumentatives Realtime Delphi, siehe auch Cuhls, 2021) hinsichtlich ihrer Wichtigkeit (*importance*) und Wahrscheinlichkeit (*likelihood*) eingeschätzt wurden. Argumente für die Einschätzung wurden geliefert und konnten ausgewertet und in den Bericht aufgenommen werden.

In einem letzten Schritt diskutierten Officer der Europäischen Kommission, was dies für die europäische Forschungs- und Innovationspolitik bedeuten könnte und welche Neuausrichtungen – auch struktureller Art – möglich sein könnten. Damit wurden unterschiedliche Zukünfte ausgelotet, auf die sich die Kommission mit sehr unterschiedlichen Maßnahmen vorbereiten kann.

The long recession

- Severe and long-term economic decline
- Regime changes around the world
- "My country first - me first"
- Member States have left or had their membership revoked
- Social disparities emerged, unsettled and disenfranchised population
- Disinformation undermined trust in governing institutions
- There is a lost generation and a stagnant SME ecology
- Paralyzed policy to address climate change



Back to 'Normal'

- Nationalism
- increasing disparities between member states
- consensus a scarcity
- wealth and consumption are highly valued
- increasingly unequal society
- tied economic recovery to industrial production
- worsening 'offshored' emissions
- increase of food insecurity
- resiliency of the continued growth paradigm



Big tech saves Europe

- Large AI companies, science spin-offs, and start-ups rescue the European economy
- European businesses have entered the global market with innovative solutions
- Market-driven forces and libertarian views dominate
- Little attention to planetary boundaries
- New consumption patterns emerged
- Inequalities and widened the social divide
- High-quality vocational services provided by large technology companies compensate for the lack of public education provision

Circular trials and real-life errors

- circular economy
- a further acceleration of the consumption of products and resources
- Europe is on the green path
- "European values" of 2020 are being dismantled
- emphasis on national self-sufficiency
- New and safe modes of interaction at the work place
- critical ecosystems have been lost
- Access to the internet is a means of power and still unequally distributed
- bubbles create communities

Green Utopia - New Hope

- citizens and companies are supporting green values in a strong societal movement
- Economic growth is no longer the prevailing paradigm
- Sufficiency, while ensuring a decent quality of life, is the guiding principle of what people strive for
- Europe in 2040 has a strong SME landscape
- Food has become an expensive trade good, and healthy diets
- new digital age with digital learning and agile working
- People have taken on more responsibility for their own health
- In Europe, and globally we are better prepared for the next crisis

Abbildung 3: PostCovid-19 Szenarien 2040 (Quelle: Cuhls et al., 2022)

4 Unsicherheiten bleiben und Zukunft ist immer

Die Welt verändert sich ständig. Einmal einen Foresight-Prozess durchgeführt zu haben bedeutet nicht, alle Entwicklungen zu kennen oder verstanden zu haben. Denn Zukunftsthemen entwickeln sich immer weiter und werden im Verlauf immer wieder umbenannt bzw. neu „geframed“. Anstatt also zu versuchen vorherzusagen und immer genauere Prognosen abzugeben, scheint es für die lang- und mittelfristige Sicht sinnvoller zu sein, kontinuierliche Prozesse anzustoßen, unterschiedliche Möglichkeitsräume zu öffnen und die Zukunft zu gestalten bzw. sich auf bestimmte Entwicklungen vorzubereiten. Dazu ist aber erforderlich, sich auf unsicheres Terrain zu begeben und sich die Offenheit für unterschiedliche Zukünfte zu bewahren. Erst dann ist es sinnvoll zu bestimmen, was eine wünschbare Zukunft sein könnte, um auf dieser Basis zu entscheiden, wohin der Weg gehen soll, und welche Zukünfte möglicherweise vermieden werden sollen. Gibt es hier eine Einigung, können gezielte Maßnahmen helfen, diese auch zu erreichen. Dies kann Forschungsförderung genauso sein wie das Zusammenbringen motivierter Menschen, die eine Entwicklung voranbringen.

Es ist also wichtiger, mit den Unsicherheiten umzugehen sowie robuste und resiliente Strategien zu entwickeln als einfach nur vorherzusagen. Es ist offensichtlich auch gut, wenn einige Prognosen falsch sind, im Sinne von Nicht-Eintreffen der Annahmen, gerade weil sie verhindert werden konnten. Jüngstes Beispiel ist die Sterblichkeit von Personen in der Pandemie. Die Prognosen haben sehr steile Sterblichkeitskurven berechnet. Die Aufforderung, zu Haus zu bleiben und Kontakte möglichst zu meiden, hat viele der Prognosen (reine Extrapolationen) zu falschen Prognosen gemacht - und das war gut so. Die Trends wurden gebrochen, und es sind wesentlich weniger Menschen gestorben als anfangs berechnet und befürchtet. Sich selbst zerstörende Prophezeiungen sind später zwar schwer in Evaluationen zu belegen, haben aber eine wichtige Warnfunktion und sind damit genauso wie Prognosen Arbeitsmaterial.

Sicherlich wurden in der Covid-19 Pandemie auch Fehler bei den Interpretationen der Hochrechnungen und den daraufhin beschlossenen Maßnahmen gemacht und sicherlich sind einige politische Entscheidungen auch über das Ziel hinausgeschossen (z.B. bei der Schließung von Schulen oder Grenzen), aber die Entscheidungen unter Unsicherheit können weder lang- noch kurzfristig exakt sein, sondern sind Entscheidungen, die mit einer gewissen Unsicherheit behaftet bleiben. Mit *Foresight* kennen wir aber immerhin die Richtung und treffen Entscheidungen unter Berücksichtigung von mehr Informationen. Mit den Folgen der Entscheidungen haben wir zu leben. Ich plädiere daher für eine langfristige Vorausschau, das Durchdenken des jeweiligen Themas inklusive unterschiedlicher möglicher Folgen soweit möglich, denn oft sind die nicht intendierten Folgen fast genauso schlimm wie die Vermeidung der

offensichtlichen und bekannten Folgen. Hier ist abzuwägen, denn unvorbereitete, undurchdachte kurzfristige Entscheidungen sind selten gute Entscheidungen.

Literatur

- Apreda, R., Bonaccorsi, A., dell’Orletta, F. & Fantoni, G.** (Hrsg.). (2016). *IOP concise physics. Technology Foresight based on Functional Analysis: An introduction*. Morgan & Claypool Publishers; IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/978-1-6817-4073-7>
- Armstrong, J. S.** (Hrsg.). (2001). *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*. Springer.
- Coates, J. F.** (1985). Foresight in federal government policymaking. *Futures Re-search Quarterly*, Summer, 29–53.
- Coates, J. F., Farooque, M., Klavans, R., Lapid, K., Linstone, H. A., Pistorius, C. & Porter, A. L.** (2001). On the future of technological forecasting. *Technological Forecasting and Social Change* (67), 1–17.
- Cuhls, K.** (1998). *Technikvorausschau in Japan. Ein Rückblick auf 30 Jahre Delphi-Expertenbefragungen*. Physica Verlag.
- Cuhls, K.** (2003). From forecasting to foresight processes? New participative foresight activities in Germany. *Journal of Forecasting*, 22(2-3), 93–111. <https://doi.org/10.1002/for.848>
- Cuhls, K.** (2008). *Methoden der Technikvorausschau - eine internationale Übersicht*. Fraunhofer IRB Verlag.
- Cuhls, K.** (2012). Zukunftsforschung und Vorausschau: Verständnis von Zukunftsforschung und Vorausschau. In W. J. Koschnick (Hrsg.), *FOCUS-Jahrbuch 2012: Prognosen, Trend- und Zukunftsforschung* (S. 319–338).
- Cuhls, K.** (2015). Ziele und Rahmenbedingungen. In L. Gerhold (Hrsg.), *Standards und Gütekriterien der Zukunftsforschung* (S. 84–94). Springer.
- Cuhls, K.** (2021). Das dynamische, argumentative Delphi (DAD) – erste Projekte. *Zeitschrift für Zukunftsforschung*, 9(1). https://www.zeitschrift-zukunftsforschung.de/archive/ausgaben/2021/1/5401/06_cuhls_zfz_3.pdf
- Cuhls, K. & Jaspers, M.** (Hrsg.). (2004). *Participatory Priority Setting for Research and Innovation Policy*. IRB Verlag.
- Cuhls, K., Rosa, A., Weber, K. M., Giesecke, S., Wasserbacher, D. & Könnölä, T.** (2022). After the new normal. Scenarios for Europe in the post Covid-19 world: Foresight on Demand (FoD). Foresight. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2777/21884>
- Daimer, S., Havas, A., Cuhls, K., Yorulmaz, M. & Vrgovic, P.** (2021). Multiple futures for society, research, and innovation in the European Union: jumping to 2038. *Journal of Responsible Innovation*, 8(2), 148–174. <https://doi.org/10.1080/23299460.2021.1978692>
- Georghiou, L., Cassingena Harper, J., Keenan, M., Miles, I. & Popper, R.** (Hrsg.). (2009). *The Handbook of Technology Foresight Concepts and Practice*. Edward Elgar.
- Gigerenzer, G.** (2007). *Bauchentscheidungen: Die Intelligenz des Unbewussten und die Macht der Intuition. Gut Feelings*. C. Bertelsmann Verlag.
- Gigerenzer, G.** (2008a). Rationality for mortals: How people cope with uncertainty. *Evolution and Cognition*. Oxford University Press.
- Gigerenzer, G.** (2008b). Rationality for mortals: Risk and rules of thumb.

- Evolution and Cognition*. Oxford University Press.
- Gigerenzer, G. & Gaissmaier, W.** (2011). Heuristic decision making. *Annual Review of Psychology*, 62, 451–482. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120709-145346>
- Godet, M.** (2006). Strategic foresight. LA PROSPECTIVE Problems and Methods. www.lapropective.fr
- Grupp, H.** (1995). *Der Delphi-Report*. DVA.
- Hussein, A.** (2009). The use of triangulation in social sciences research: Can qualitative and quantitative methods be combined? *Journal of Comparative Social Work*, 1, 1–12.
- Kahneman, D. & Tversky, A.** (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 2(74), 263–291.
- Kuhlmann, S.** (1999). Improving distributed intelligence in complex innovation systems: Final report of the Advanced Science & Technology Policy Planning Network (ASTPP). ISI: Karlsruhe.
- Linstone, H. A.** (1999). *Decision Making for Technology Executives. Using Multiple Perspectives to Improve Performance*. Artech House.
- Martin, B. R.** (1995a). Foresight in science and technology. *Technology Analysis & Strategic Management*, 7(2), 139–168.
- Martin, B. R.** (1995b). *Technology Foresight 6: A Review of Recent Overseas Programmes*. London. HMSO.
- Mertens, P.** (Hrsg.). (2005). *Prognoserechnung* (6. Aufl.). Physica-Verlag.
- Miller, R.** (Hrsg.). (2018). *Transforming the future: Anticipation in the 21st century*. Routledge.
- Morus, T.** (2009). *Utopia* (H. Kothe, Übers.). Anaconda.
- Olsen, W.** (2004). Triangulation in social research: Qualitative and quantitative methods can really be mixed. *Developments in Sociology*, 20.
- Picht, G.** (1971). *Prognose, Utopie, Planung: die Situation des Menschen in der Zukunft der technischen Welt*, (3. Aufl.). Stuttgart.
- Sardar, Z.** (1993). Colonizing the future: the ‘other’ dimension of futures studies. *Futures*, 25(2), 179–187. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(93\)90163-N](https://doi.org/10.1016/0016-3287(93)90163-N)
- Schirrmeister, E., Göhring, A.-L. & Warnke, P.** (2020). Psychological biases and heuristics in the context of foresight and scenario processes. *Futures & Foresight Science* 89(6), 13. <https://doi.org/10.1002/ffo2.31>
- Warnke, P.** (2019). JERRI – Joining Efforts for Responsible Research and Innovation. Fraunhofer implementation report. Deliverable D6.1. <https://doi.org/10.24406/publica-fhg-299868>
- Warnke, P., Priebe, M. & Veit, S.** (2021). Studie zur Institutionalisierung von Strategischer Vorausschau als Prozess und Methode in der deutschen Bundesregierung. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/studie-strategische-vorausschau-2059782>
- Windschitl, P. D., Smith, A. R., Rose, J. P. & Krizan, Z.** (2010). The desirability bias in predictions: going optimistic without leaving realism. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process* (111), 33–47.

Über die Autorin

Prof. Dr. Kerstin Cuhls ist seit 1992 am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe als wissenschaftliche Projektleiterin tätig. Sie studierte Japanologie, Sinologie und Betriebswirtschaftslehre an der Universität Hamburg. 1993 war sie für den Aufbau einer wissenschaftlichen Kooperation vier Monate an das *National Institute of Science and Technology Policy* (NISTEP) in Tokyo, Japan, abgeordnet. 1997 folgte die Promotion zur Dr. phil. an der Universität Hamburg (Japanologie) über Technikvorausschau in Japan.

Von 2006 bis 2007 hatte Kerstin Cuhls die abteilungsübergreifende Querschnittsfunktion einer Foresight-/Vorausschau-Koordinatorin am Fraunhofer ISI inne. Von 2008 bis 2010 war sie Leiterin des Geschäftsfeldes „Zukunftsforschung und Vorausschau“ und wechselte 2011 bis 2012 auf die Vertretungsprofessur Japanologie an der Universität Heidelberg, Zentrum für Ostasienwissenschaften. An der Universität Heidelberg ist sie seit 2020 wieder mit einer Professur für Japanologie am CATS, Zentrum für Ostasienwissenschaften vertreten und unterrichtet dort Zeitkonzepte, Zukünfte in Ostasien, Demografischer Wandel oder Künstliche Intelligenz sowie Innovationen in Ostasien.

Kerstin Cuhls begann am Fraunhofer ISI mit Delphi-Befragungen im internationalen Vergleich, erweiterte aber den methodischen Werkzeugkasten um Szenarien, Roadmapping, Workshop-Konzepte und Horizon Scanning. Von 2007 bis 2009 war sie Projektleiterin des ersten Zyklus des nationalen BMBF-Foresight-Prozesses. In nationalen, regionalen und internationalen Studien für verschiedene Auftraggeber baute sie ein umfangreiches Repertoire an Foresight-Methoden auf, die in Projekten und Lehrveranstaltungen an der Freien Universität Berlin (Master Zukunftsforschung), der Universität Straßburg, Frankreich, sowie der Bundesakademie für Sicherheitspolitik (BAKS) unterrichtet und in Projekten angewendet werden.

Kerstin Cuhls war Mitglied des European Forum for Forward-Looking Activities (EF-FLA) der Europäischen Kommission, der High Level Expert Group RISE und der Expertengruppe „Strategic Foresight“. Sie war Mitglied der SCAR Foresight-Expertengruppe, die das 5. SCAR Foresight für die Europäische Kommission durchführte. Kerstin Cuhls ist in Beiräten verschiedener Zeitschriften (z. B. *Technological Forecasting & Social Change*, *Journal of European Futures Research*, *Futures & Foresight Science*) aktiv und war bis 2022 Mitherausgeberin der deutschen Zeitschrift für Zukunftsforschung. Ihre aktuellen Forschungsgebiete sind *Foresight* und *Zeit*, *Food Systems*, circadiane Rhythmen und geopolitische Instabilitäten.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Kerstin Cuhls
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
Breslauer Str. 48
76139 Karlsruhe
kerstin.cuhls@isi.fraunhofer.de

und

Universität Heidelberg
Zentrum für Ostasienwissenschaften (CATS)
kerstin.cuhls@isi.fraunhofer.de

Prognosen in Biologie und Umweltwissenschaften

Michael Wink

Institut für Pharmazie und Molekulare Biotechnologie, Universität Heidelberg

Zusammenfassung Wenn Naturwissenschaftler wissenschaftliche Prognosen machen, so beruhen diese meist auf begründeten und anerkannten Fakten. Sie nehmen an, dass zukünftige Entwicklungen so verlaufen wie vergangene. Dieses Vorgehen funktioniert, wenn die zukünftigen Entwicklungen linear oder geordnet verlaufen, versagen aber häufig bei sehr komplexen oder chaotischen Systemen. Die Hilfsmittel der Wissenschaft sind häufig Wahrscheinlichkeitsrechnung, Hochrechnungen oder Modellierungen, die heute auf sehr leistungsfähigen Rechnersystemen durchgeführt werden können. In diesem Review werden Beispiele von renommierten Wissenschaftlern geschildert, deren Prognosen sich bewahrheitet haben und anderen, die komplett daneben lagen, weil die Datenlage nicht eindeutig war oder weil Ergebnisse überinterpretiert wurden. Gute Vorhersagen und Hypothesen müssen überprüfbar, d. h. im Sinne von Karl Popper falsifizierbar sein. Stimmen experimentelle Prüfungen nicht mit einer Hypothese überein, so wird sie falsifiziert, verworfen und meist durch eine bessere ersetzt. An der Möglichkeit der grundsätzlichen Falsifizierbarkeit lassen sich wissenschaftlich nützliche Hypothesen und Prognosen erkennen und von manipulierten oder subjektiven Umfragen und Vorhersagen unterscheiden.

1 Einführung

Wir leben in einer Welt, die von Wandel und Ungewissheit geprägt ist (Wink & Funke, 2016); dies ist für uns Menschen beunruhigend und daher machen wir uns Sorgen darüber, was die Zukunft bringen könnte. Wir wünschen uns eine stabile Welt mit Gewissheiten. Ian Stewart (2022) fasst das Dilemma zusammen: „Ungewissheit ist nicht nur ein Zeichen menschlicher Unwissenheit; es ist der Stoff, aus dem die Welt gemacht ist“. Es ist ein menschliches Bedürfnis, Vorhersagen über zukünftige Ereignisse und Entwicklungen in unserem Leben und in unserer Umwelt zu treffen, auch wenn es keine verlässliche Anhaltspunkte gibt. So vertrauen wir dem Wetterbericht,

obwohl wir wissen, dass das Wetter schlecht vorhersagbar ist und Wetterprognosen nicht selten falsch liegen.

Wenn wir wichtige Entscheidungen treffen müssen, können wir uns von richtigen Experten oder vermeintlichen Experten (Schamanen, Hellseher, Wahrsager) beraten oder von unserem Bauchgefühl leiten lassen. Wir nehmen manchmal Zuflucht zu diversen merkwürdigen Formen des Aberglaubens (Klopfen auf Holz, Aufhängen von Hufeisen) und Wahrsagemethoden, von denen aus wissenschaftlicher Sicht keine besser ist als die andere. Zu diesen Methoden zählen unter anderen das Kartenlesen (Tarotkarten), Handlinienlesen, die Befragung des „I Ging-Das Buch der Wandlungen“ oder von Horoskopern, das Werfen von Würfeln, Münzen, Nüssen oder das Ziehen von Strohhalmen. Auch die Interpretation von Mustern fällt in diese Kategorie (Teeblätter, Kaffeesatz, Wolken, Vogelflug und vieles mehr) (Yates 2024).

In der Antike waren Orakel sehr beliebt, die von Priestern oder Priesterinnen oft im Drogenrausch erstellt wurden (Niehaus & Wink, 2020). Die Orakel waren häufig aber so vage formuliert, dass sie in unterschiedlicher Weise interpretiert werden konnten. Ein Beispiel: Der lydische König Krösus soll das Delphische Orakel befragt haben, ob er sich gegen die Perser wehren solle. Das Orakel lautete: „Wenn du den Fluss überquerst, wirst du ein großes Reich zerstören“. Krösus betrachtete das Orakel als gutes Omen und zog 547 v. Chr. in den Krieg gegen die Perser. Das Orakel hatte insofern recht, dass ein großes Reich zerstört wurde – nur leider sein eigenes. Offensichtlich waren Orakel klugerweise mehrdeutig. Ein griechischer General erhielt vom Orakel von Dodona auf die Frage nach seinem Schicksal in einer bevorstehenden Schlacht die Auskunft „*Ibis redibis numquam per bella peribis*“. Je nachdem, in welchem Zusammenhang das Wort „*numquam*“ gesetzt wird, erhält man unterschiedliche Aussagen. Kommt der General in der Schlacht um, dann lautete die Übersetzung „Du wirst gehen und niemals zurückkehren, im Krieg wirst du umkommen“. Überlebte er jedoch die Schlacht, hätte man das Orakel als „Du wirst gehen, du wirst zurückkehren, niemals im Krieg wirst du umkommen“ deuten können (Yates, 2024).

Zu den beliebten Orakeltechniken der Antike gehörte das Interpretieren von Mustern in den Eingeweiden von Opfertieren (Haruspizien oder Auspizien). Die Eingeweideschau des Auguren Spurinna im Jahre 44 v. Chr. sagte dem römischen Kaiser Caesar voraus, dass er innerhalb der nächsten 30 Tage in Gefahr wäre; bekanntlich wurde Caesar am 15. März 44 von seinen Senatoren ermordet. Dies ist eins von tausenden Orakeln, die zufällig einmal stimmten. Die unzähligen Fälle, in denen sich Priesterinnen, Auguren, Schamanen oder weise Frauen irrten, wurden schnell vergessen. Alles was nicht stimmte, wurde ignoriert und die wenigen zufälligen Treffer häufig als Beweis dafür genommen, dass Orakel funktionieren; wissenschaftlich wird dieses Phänomen als *Reporting Bias* (selektives Berichten) und *Confirmation Bias*

(Bestätigungsfehler) bezeichnet, unter dem selbst die moderne Wissenschaft zu leiden hat (Stewart 2022; Yates 2024; Funke & Kruse, 2024).

Hier ein paar weitere Beispiele für falsche Prophezeiungen in der Weltgeschichte (Yates 2024): Die Azteken befürchteten, dass die Erde durch Erdbeben bald zerstört würde. Als Gegenmaßnahme brachten sie den Göttern Menschenopfer dar. Wie wir heute wissen, ging zwar das Aztekenreich unter, aber unsere Welt existiert noch heute. Zeremonien zur Besänftigung der Götter gab es nicht nur in der Neuen Welt, sondern sind vor allem aus der europäischen Antike bekannt. Homer berichtet regelmäßig von Stieropfern, die dem Gott Zeus von den Griechen erbracht wurden, um den Gott milde zu stimmen oder um Unheil abzuwenden.

Im Buch Daniel der Bibel (um 165 v. Chr.) steht die Prophezeiung, dass den Griechen eine katastrophale Strafe genau 1290 Tage später drohte, nachdem sie einen jüdischen Tempel geschändet hatten. Als nach 1290 Tagen nichts geschah, verlängerte man die Frist – mit demselben Ergebnis; es gab keine Strafaktion. Beliebt sind apokalyptische Vorhersagen für das Ende aller Tage (Keulemans 2010): Der Bischof **Hilarius von Poitiers** (um 315–367 n. Chr.) war nicht nur ein streitbarer Kirchenlehrer, sondern sagte das Weltende für das Jahr 365 vorher. Als dies doch nicht eintraf, datierte sein Schüler (der spätere Heilige Martin von Tours) den Weltuntergang auf das Jahr 400 n. Chr.. Sein Nachfolger Gregor von Tours war vorsichtiger und verlagerte ihn auf eine Zeit zwischen 799 und 806 n. Chr., also so weit in der Zukunft, als dass ihm eine falsche Prognose noch hätte schaden können.

Vor wenigen Jahrzehnten versuchte der evangelikale Prediger **Harold Camping** mit einer Vorhersage des Jüngsten Gerichts nicht nur seine Jünger zu schockieren, sondern auch kräftig Geld zu machen. Er postulierte zunächst den 6. Sept. 1994 als den Tag des Weltuntergangs; als nichts geschah, verwies er auf den 2. Okt. 1994. Man kann sich ja verrechnen; also nannte er nun den 21. Okt. 2011 als neuen Termin. In der Zwischenzeit erhielt er umfangreiche Spenden, um seine Weltuntergangsthese bekannter zu machen. H. Camping wurde 2011 mit dem satirischen Ig-Nobelpreis für Mathematik ausgezeichnet, den man für Postulate erhalten kann, die nicht reproduziert werden können.

Die Weltgeschichte kennt nicht nur religiöse oder politische Orakel, sondern auch das Zeitalter der Technologie kennt etliche markante Fehlprognosen. Als um 1830 das Eisenbahnzeitalter in Großbritannien begann, machte sich **Dionysius Lardner**, ein Mitglied der *Royal Society* mit der Prognose lächerlich, dass „Eisenbahnreisen mit hoher Geschwindigkeit unmöglich sind, weil die Passagiere keine Luft bekämen und ersticken würden“. Als **Henry Ford**, Gründer der *Ford Motor Company*, 1903 bei der *Michigan Savings Bank* um einen Kredit anfragte, erhielt er von deren Direktor die Prognose „Das Pferd wird bleiben, das Automobil hingegen ist nur eine Neuheit – eine

Modeerscheinung“. Ähnlich falsch lag **Steve Balmer** von Microsoft 2007 mit seine Prognose über die Zukunft des iPhones „Das iPhone hat keine Chance, einen nennenswerten Marktanteil zu erreichen. Keine Chance.“ Bekanntlich wurde das iPhone ein Erfolgsmodell der Konkurrenzfirma Apple.

Wenn Astrologen, Hellseher oder Wahrsager ihre Prognosen sehr exakt und konkret stellen, setzen sie sich der großen Gefahr aus, dass sie falsch liegen und als Scharlatane entlarvt werden. Um dies zu vermeiden, formulieren gewiefte Wahrsager ihre Prognosen nur so allgemein und vage, dass immer etwas stimmen kann; man denke an die wöchentlichen Horoskop-Prognosen in fast allen Printmedien, die von vielen (auch aufgeklärten) Menschen gelesen werden. Irgendwas stimmt bei den Aussagen immer oder schmeichelt unserem Selbstgefühl, und der naive Leser wird sich darin bestätigt sehen, dass Horoskope oder die Astrologie gar nicht so schlecht sein können. Berühmt sind die 942 Vorhersagen von **Nostradamus** (1503–1566), die nie geholfen haben, ein konkretes Ereignis vorherzusagen. Nostradamus (Michel de Notredame) war ein französischer Astrologe, Arzt und Apotheker. Nur im Nachhinein wurden Treffer unter den 4000 Zeilen vager Vorhersagen gefunden (man nennt dies den *Hindsight Bias* oder Rückschaufehler), die als Nachweis der seherischen Fähigkeiten von Nostradamus gelten; dabei wird übersehen, dass die meisten Prophezeiungen nie eintraten (Yates 2024).

Bei Vorhersagen muss man zwei Arten der Ungewissheit unterscheiden; da gibt es einmal die **alektorische Unsicherheit**, d.h. um Wahrscheinlichkeiten im Würfelspiel, und um die **epistemische Ungewissheit**, bei der es um das Wissen oder Wissenschaft geht (Stewart 2022; Yates 2024). Bei einem fairen rechteckigen Würfel ist die Wahrscheinlichkeit, eine bestimmte Zahl zu würfeln genau ein Sechstel, egal wie oft man es auch probiert; ebenso wie das Lotto zeichnet sich das Würfeln durch die alektorische Unsicherheit aus. Die epistemische Ungewissheit hängt dagegen vom jeweiligen Wissensstand bzw. Grad der Unwissenheit ab; z. B. ist die Erde eine Scheibe oder eine Kugel? Im alten Ägypten, Griechenland und anderen alten Zivilisationen glaubten auch viele Philosophen, dass die Erde eine flache Scheibe ist. Es dauerte bis ins Mittelalter, bis sich die Einsicht durchsetzte, dass die Erde eine Kugel ist. Durch die Weltumseglung durch Magellan konnte die Scheibenhypothese endgültig widerlegt werden (Yates 2024).

Vorhersagen können das Klima betreffen (Perioden mit Kälte, Hitze, Trockenheit oder Überschwemmungen), oder politische Entscheidungen (Wahlen, Krieg oder Frieden). Manchmal stimmen solche Vorhersagen, häufig jedoch nicht, weil die zugrundeliegenden Phänomene sich nicht wie angenommen so wie bisher oder linear entwickeln, sondern durch komplexe und chaotische Faktorennetzwerke oder Zufälle bedingt werden.

Es liegt wohl in der Natur von Prophezeiungen, dass die Versuchung groß ist, Vorhersagen möglichst drastisch zu formulieren, in dem eine Apokalypse heraufbeschworen wird. Meist sind solche **apokalyptischen Prophezeiungen** (Keulemans 2010) mit Handlungsanweisungen verbunden. In diesem Zusammenhang darf man nicht vergessen, dass unsere Medien weitgehend über Werbung finanziert werden. Ein Internet-Medium ist für die Werbung nur dann interessant, wenn ein Portal besonders hohe Klickzahlen erreicht. Bekannterweise ist dies der Fall, wenn über alarmistische Sensationen, Katastrophen, Unfälle oder Klatsch und Tratsch berichtet wird. In Politik, Psychologie und Soziologie sind Umfragen sehr beliebt; wenn die Stichproben groß genug und repräsentativ sind, können die Prognosen recht gut sein. Man kann Umfragen leider auch missbrauchen, in dem zu kleine oder selektive Stichproben erhoben werden; wer Soziale Medien oder Werbung kritisch verfolgt, kann sich dem Eindruck nicht erwehren, dass diese Manipulationen zugenommen haben.

Wir besitzen eine wichtige Eigenschaft, Muster in unsere chaotischen Umwelt zu erkennen. Das war in der Vergangenheit wichtig, um Feinde oder Beute rechtzeitig aufzuspüren. Besonders gut ausgeprägt ist unsere Fähigkeit, sich menschliche Gesichter und Gestalten zu merken, sowie deren Handlungsabsichten zu durchschauen. Diese angeborene Fähigkeit zur Mustererkennung, kann auch zu merkwürdigen Interpretationen führen. Manch einer möchte die Zukunft in den Mustern des Kaffeesatzes, im Vogelflug oder in Wolkenformationen erkennen. Wer kennt nicht Glückspieler, die aus Lotto- und Roulettezahlen sichere Zahlenkombinationen berechnen, obwohl eigentlich jeder wissen müsste, dass es sich um aleatorische Unsicherheiten handelt? Aber auch ernsthafte Wissenschaftler können durch ihrem Instinkt für Mustererkennung fehlgeleitet werden. Viele Publikationen stellen einen Zusammenhang zwischen zwei Ereignissen her, auch wenn viele Korrelationen nicht kausal sind, sondern nur auf Mustern und Koinzidenzen in chaotischen Datenmengen beruhen (Yates 2024; Weiß 2024). Man denke an die Abnahme der Weißstörche in Mitteleuropa im 20. Jahrhundert und der gleichzeitigen Rückgang der Geburten der Menschen. Hier erkennt auch jeder Laie, dass es sich um eine zufällige Korrelation handelt und das Ursache und Wirkung nicht stimmen können; in vielen anderen Fällen sind die Zusammenhänge jedoch nicht so offensichtlich. Denken Sie an die vielen Studien, die uns in den Medien nahezu täglich über den vermeintlichen Zusammenhang spezieller Diäten mit Krankheiten oder Lebenserwartung serviert werden. Scheinkorrelationen, aber auch absichtliche Irreführung (Werbung) stehen ganz oben auf der Tagesordnung.

Trotz großer Fehleranfälligkeit solcher Prognosen benötigen wir sie im täglichen Leben. Wir möchten erfahren, wie sich das Wetter in den nächsten Tagen entwickelt, oder wo gerade Staus auf der Autobahn sind oder wo sie leicht entstehen können. Gerne würden wir wissen, wie sich Aktienkurse, die Volkswirtschaft, die Gesundheit oder die Nahrungsmittelproduktion zukünftig entwickeln werden, um rechtzeitig

Maßnahmen zu ergreifen. Wir sollten uns jedoch auch vor falschen Vorhersagen wappnen und versuchen, solche zu erkennen. Probleme bereiten uns die Phänomene wie Wahrscheinlichkeit und Nichtlinearität (Yates 2024). Die Mathematik und Wahrscheinlichkeitstheorie liefern uns erfreulicherweise Werkzeuge, um sie zu beurteilen und zu bewerten (s. Beitrag von Christel Weiß im vorliegenden Jahrbuch; Weiß 2024). Zum Glück sind wir nicht hilflos; unser Gehirn ist dahingehend optimiert worden, Fakten von Fiktionen und Wahrheit von Lüge zu unterscheiden; wir prüfen neue Information im Kontext des bekannten Wissen, manchmal auch instinktiv ohne Bezug zu den bekannten Fakten (Stewart 2022).

Karl Popper (190–1994) war ein wichtiger Philosoph und Wissenschaftstheoretiker. Es erkannte, dass es sich bei der wissenschaftlichen Forschung nicht darum geht, Wahrheiten oder Hypothesen zu bestätigen, sondern darum, falsifizierbare Hypothesen aufzustellen. Wird eine Hypothese widerlegt, so macht sie Raum für eine neue Hypothese. Dies ist die Grundlage jeder wissenschaftlichen Methode. Nur so bleibt die Wissenschaft erfolgreich. Kit Yates schreibt treffend „Wissenschaftliche Theorien sind nichts anderes als epistemische Vorhersagen über die Natur der Realität, die noch nicht widerlegt ist“. Sie gelten als besonders wertvoll, wenn Theorien konkrete Vorhersagen erlauben. In den Naturwissenschaften sind Experimente eine wichtige Methode, um Vorhersagen zu prüfen. Anders verhält sich der Glaube (Kulte, Religionen und Pseudoreligionen), der seinem Wesen nach unüberprüfbar ist; auch wenn wissenschaftliche oder empirische Fakten widersprechen, werden Gläubige am Glauben festhalten. In unserer modernen Zeit geht der Glaube an Gott und christliche Religionen zurück, stattdessen entstehen Pseudoreligionen (wie Ernährung, Klima, Weltanschauungen), in denen wir die Vokabeln der alten Religionen (sündigen, leugnen, Fegefeuer, Hölle oder ungläubig) benutzen. Die Poppersche Forderung nach der Falsifizierbarkeit von Hypothesen wird in den Diskussionen über eine gesunde Ernährung oder die zukünftige Entwicklung von Klima und Biodiversität leider häufig übersehen. Dies gilt auch für die vielen Modellierungen, denen wir täglich in den Medien und in wissenschaftlichen Aufsätzen begegnen. Viele sind nicht kaum falsifizierbar; das trifft vor allem auch für die vielen Informationen zu, die zunehmend über **Künstliche Intelligenz** (*Artificial Intelligence*, AI) generiert werden.

Auch wenn Informationen oder Vorhersagen über AI getroffen werden, können sie falsch sein – um diese zu beurteilen benötigen wir Menschen unsere **natürliche Intelligenz**. Wir können uns jedoch an einfachen Beispielen über die Fähigkeiten von AI selbst überzeugen, wenn wir moderne Navigationssysteme beim Autofahren benutzen. Wo man früher über Landkarten brütete, um den besten Weg zu finden, sind Navis in der Lage, Verkehrsdichte und Staus bei der Wahl der besten oder schnellsten Route zu berücksichtigen. Auch dies sind Prognosen, deren Qualität von der Aktualität und Präzision der Ausgangsdaten abhängt; solche Möglichkeiten hätte man vor 30 Jahren sicher noch als reine Fantasie abgetan.

Wir Menschen leben in der Illusion und Wunschvorstellung einer konstanten Welt und Umwelt. Treten Veränderungen auf, kommen wir am besten mit ihnen klar, wenn sie linear und im gleichbleibendem Tempo verlaufen. Wenn ein Input sich in bekannter Art und Weise ändert, kann man den Output relativ verlässlich vorhersagen. Leider verlaufen viele Prozesse in unserer Welt jedoch nicht linear, sondern exponentiell (z.B. Epidemien wie SARS-COV-2), reziprok oder quadratisch; viele sind sogar chaotisch, wie z.B. das Wetter und das Klima. Da helfen uns auch unser Bauchgefühl, übernatürliche Erklärungen oder instinktive Überlegungen nicht viel weiter, auch wenn sie manchmal zufällig richtige Prognosen produzieren. Koinzidenzen können uns leicht über Ursache und Wirkung täuschen. Komplexe Systeme können Unstetigkeiten, negative oder positive Rückkopplungsschleifen und zufällige Schwankungen aufweisen, die von mehreren unabhängigen Variablen beeinflusst werden. Machen wir in solchen chaotischen Systemen naive lineare Vorhersagen, so werden sie häufig daneben liegen. Dies kann die Entwicklung von Tierpopulationen, den Verlauf von Epidemien, genauso betreffen wie das Verhalten menschlicher Ansammlungen oder das Wetter (Hendry 2023; Yates 2024).

Nach diesen eher allgemeinen Erörterungen, warum Prognosen schwierig sind und häufig nicht eintreffen, wird es in den nachfolgenden Abschnitten um konkrete Beispiele aus Biologie und Umweltwissenschaften gehen.

2 Prognosen in Taxonomie und Evolutionsbiologie

Carl von Linné (1707–1778) war ein schwedischer Naturforscher und Arzt, der als erster ein konsistentes Ordnungssystem für alle Lebewesen aufstellte. Er gab jedem Organismus einen eigenen wissenschaftlichen Namen, um jede Art eindeutig zu klassifizieren. Linné erfand die **binäre Nomenklatur** und legte den Grundstein der bis heute geltenden Nomenklatur in *Species Plantarum* (1753) und *Systema Naturae* (1758). Die wissenschaftlichen Artnamen bestehen seit Linné aus einem Gattungsnamen und einem Artnamen, z.B. heißt die Nachtigall *Luscinia megarhynchos*, wobei *Luscinia* die Gattung und *megarhynchos* die Art definieren. Die Linnésche Nomenklatur war ein großer Fortschritt, da die bis dahin benutzten Trivialnamen meist nicht eindeutig waren und selbst innerhalb einer Sprache mehrere Trivialnamen für dieselbe Art existieren können.

Linné katalogisierte systematisch die im 18. Jahrhundert bekannten Pflanzen und Tiere. Durch Forschungsreisende in alle Regionen der Welt nahm die Anzahl der Arten ständig zu, so dass Linné mit jeder neuen Auflage der *Systema Naturae* neue Arten aufnehmen musste. Die 12. Auflage schrieb er zwischen 1766 und 1768. Linné wagte Prognosen über die Anzahl der zu erwartenden Tier- und Pflanzenarten. In seinem

Werk *Oeconomia naturae* schätzte Linné die Anzahl aller Pflanzenarten auf 10 000, Insektenarten auf 10 000, Amphibienarten auf 300 und Fische auf 2 000. Insgesamt kam er auf 26 500 Arten. Aktuell geht die Taxonomie von rund 400 000 Pflanzenarten (also 40 mal mehr als Linné annahm), ca. 1 Million Insektenarten, 8 600 Amphibienarten, über 20 000 Fischarten aus. Wie man sieht, muss man selbst die Prognosen von den besten Wissenschaftlern immer mit einer Prise Skepsis ansehen. Aber nicht immer ist eine Überprüfung von Prognosen so leicht, wie im Falle von Linné. Denn nach rund 270 Jahren haben wir einen ausreichend großen zeitlichen Abstand, um seine Prognosen überprüfen zu können.

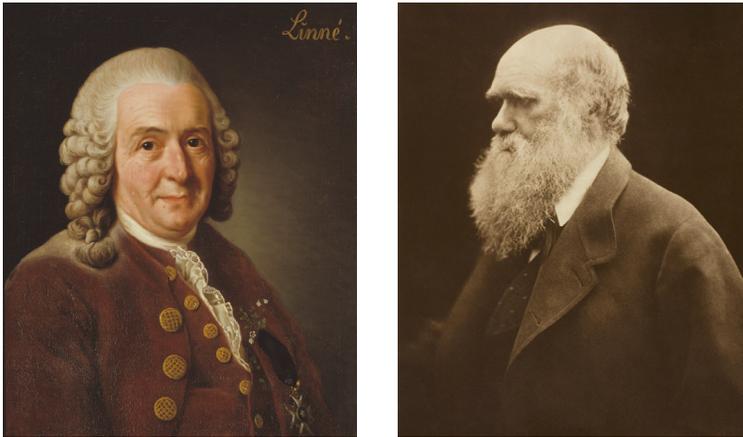


Abb. 1 Bedeutende Biologen. Carl von Linné und Charles Darwin (Quelle: Wikimedia)

Charles Darwin (1809–1882) zählt zu den großen Naturforschern, deren Theorien unser Verständnis über unsere Welt grundlegend veränderten. Darwin gilt als Begründer der **Evolutionstheorie**, über die wir die Entstehung der Arten erklären können. Darwin hatte erkannt, dass alle Arten innerhalb von Populationen eine bemerkenswerte Variabilität aufweisen. Wie wir heute wissen, entsteht die Variabilität vor allem durch die geschlechtliche Fortpflanzung, durch die das Erbgut der Eltern stark vermischt wird. Durch die „**Natürliche Selektion**“ überleben besonders diejenigen Individuen, die am besten an die jeweiligen Umweltbedingungen angepasst sind. Da gut angepasste Individuen meist mehr Nachkommen produzieren als schlechter angepasste Formen, entwickelten sich mit der Zeit besonders gut angepasste Linien. Darwin konnte dadurch klären, dass neue Arten nicht durch Schöpfung entstehen, wie man damals meist annahm, sondern aus bestehenden Arten, die im Verlauf der **Stammesgeschichte (Phylogenie)** durch die Natürliche Selektion modifiziert wurden.

Darwin publizierte die Evolutionstheorie 1859 in seinem Hauptwerk *On the Origin of Species* („Über die Entstehung der Arten“), die bis heute die Grundlage der modernen

Evolutionenbiologie darstellt. Zu Darwins Zeiten waren Genetik und DNA-Forschung noch unbekannt. Diese neuen Disziplinen haben die Evolutionstheorie erweitert, aber nicht infrage gestellt, dies wäre ein Beispiel einer Vorhersage, die Bestand hatte.

Charles Darwin schrieb am 26.9.1857 an seinen Freund T. H. Huxley: „*In regard to Classification, & all the endless disputes about the Natural System which no two authors define in same way, I believe it ought, in accordance to my heterodox notions, to be simply genealogical. But as we have no written pedigrees, you will, perhaps, say this will not help much; but I think it ultimately will, whenever heterodoxy becomes orthodoxy, for it will clear away an immense amount of rubbish about the value of characters & – will make the difference between analogy & homology, clear. The time will come I believe, though I shall not live to see it, when we shall have very fairly true genealogical trees of each great kingdom of nature.*“ Es hat rund 150 Jahre gedauert, bis diese Prognose Darwins Realität wurde, dass wir für Tiere und Pflanzen verlässliche Stammbäume, also ein Natürliches System erstellen können, welche die evolutionäre Stammesgeschichte widerspiegeln. Die neuen Stammbäume beruhen im Wesentlichen auf Sequenzanalysen der DNA, in der die evolutionäre Vergangenheit verborgen ist (Storch et al. 2013; Wink 2021). Dies sind also die „*written pedigrees*“, von den Darwin annahm, dass sie nicht existieren würden. DNA-Analysen haben auch die von Darwin benannten Probleme der „*value of characters*“ und Analogie/Homologie gelöst.

Charles Darwin war ein neugieriger Beobachter und versuchte, biologische Phänomene und Anpassungen zu verstehen. Bei seinen Untersuchungen stieß er auf eine bemerkenswerte Orchidee, die epiphytisch an der Ostküste von Madagaskar vorkommt. Diese Orchidee, die Darwin als kultivierte Pflanzen in England vorfand, weist einen bis 45 cm langen Lippensporn auf, in dessen unteren Abschnitt sich Nektar befindet. Blütenpflanzen locken bekanntlich bestäubende Insekten durch Blütenfarben und Duftstoffe an und belohnen sie mit zuckerreichem Nektar. Darwin stellte Überlegungen an, welches Insekt in der Lage sein könnte, den so tief versteckten Nektar zu erreichen. Er schrieb „*Good heavens what insect can suck it!*“. Darwin postulierte, dass es auf Madagaskar einen Schwärmer mit einem besonders langen Saugrüssel geben müsste. Einen solchen Schwärmer fanden Entomologen tatsächlich 1903 auf Madagaskar. Dieser Schwärmer kommt auch in Afrika vor, hat aber auf Madagaskar vor rund 7 Millionen Jahren eine eigene Unterart gebildet, die als *Xanthopan morgani praedicta* beschrieben wurde. Der Name der Unterart „*praedicta*“ erinnert daran, dass Darwin ihr Vorkommen über 40 Jahre vorher postuliert hatte. Aber erst 1997 konnte gefilmt werden, wie dieser Schwärmer es schafft, den Nektar aus dieser Orchidee, die im Deutschen als Sternorchidee und im Englischen als Darwin's orchid (*Angraecum sesquipedale*) bezeichnet wird, zu saugen – ein bemerkenswerter Fall von Ko-Evolution (Netz & Renner, 2017).

3 Vorhersagen in den Umweltwissenschaften

3.1 Prognosen des *Club of Rome*

Wichtige Zukunftsprognosen stammen von dem amerikanischen Biologen **Paul Ehrlich** (*1932), der an der Stanford-Universität lehrte. Obwohl er ein Entomologe war, interessierte er sich schon früh für Umweltthemen und das menschliche Bevölkerungswachstum. Sein wichtigstes Buch war die *Population Bomb* (1968) (deutsch „Die Bevölkerungsbombe“ 1971), in dem er mit Recht auf die Gefahren und negativen Auswirkungen der zunehmenden Überbevölkerung hinwies. Denn die Zunahme der menschlichen Population hat und hatte gravierende Einflüsse auf die Umwelt. Man denke an die kontinuierliche Vernichtung der tropischen Wälder, an die Zerstörung von Feuchtgebieten oder kleinflächigen Kulturlandschaften, sowie das rasante Wachstum der Städte (Entstehung der *Mega-Cities*), der modernen Landwirtschaft, von Industrieanlagen oder Verkehrswegen sowie Ressourcenverbrauch und Umweltverschmutzung.

Ehrlich machte auch diverse Prognosen, die sich zum Glück als weitgehend falsch erwiesen. So nahm er an, dass die Sterberate in den 1970er und teilweise 1980er Jahren aufgrund des exponentiellen Bevölkerungswachstums dramatisch ansteigen würde, weil gravierende Hungerkatastrophen zu erwarten wären. Es gab lokale Hungersnöte, doch keinen weltweiten Hunger oder keinen Anstieg in der Sterberate, die global von 13 pro 1000 Menschen in den 1960er Jahren auf 9 pro 1000 Menschen zwischen 2005 und 2010 abnahm. Ehrlich hatte die Erfolge der **Grünen Revolution** nicht vorhergesehen, die zu einer substantiellen Steigerung in den Erträgen der wichtigsten Nahrungspflanzen führte. Lokale Hungersnöte konnten zudem meist durch eine Nahrungsmittelversorgung aus anderen Ländern gemildert oder abgefangen werden. Ehrlich (1968) lag auch komplett falsch mit seiner Prophezeiung über die Zukunft der Britischen Inseln: „*By the year 2000, the United Kingdom will be simply a small group of impoverished islands, inhabited by some 70 million hungry people.*“

Ein Meilenstein in der Diskussion über das Bevölkerungswachstum und die daraus resultierende Verknappung aller Ressourcen (Umwelt, Nahrung, Rohstoffe) war der vom *Club of Rome* (ein informeller Zusammenschluss von über 70 Wissenschaftlern) 1972 erarbeitete Bericht, der die Umweltdiskussion bis heute stark beeinflusst. **Dennis Meadows** und Kolleginnen waren die Autoren von „*The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome’s Project on the Predicament of Mankind*“, der im selben Jahr auch in der Deutschen Ausgabe „Die Grenzen des Wachstums. Bericht des *Club of Rome* zur Lage der Menschheit“ erschien. Die Autoren untersuchten den Zustand des Bevölkerungswachstums und Ernährung, der Industrialisierung, Rohstoffreserven und Umwelterstörung und machten Vorhersagen zu deren Entwicklung in den nächsten 30 bis 100 Jahren.

Ein zentrales Anliegen war der Hinweis auf die Gefahren des exponentiellen Wachstums der meisten Parameter; denn um dessen Auswirkungen zu meistern, muss man rechtzeitig Maßnahmen ergreifen, bevor es zu spät ist.

Basis für die Vorhersagen waren Computersimulationen (Computermodell World3), die damals gerade möglich geworden waren, wobei unterschiedliche Szenarien durchmodelliert wurden. Seitdem sind Modellierungen zu einem mächtigen Instrument für Vorhersagen geworden. Man darf jedoch nicht vergessen, dass Simulationen und Modellierungen immer nur Hypothesen darstellen können und nur so gut sind wie die zugrundeliegenden Ausgangsdaten sowie den eingesetzten Algorithmen. Bei den heute in den Umweltwissenschaften, Ökologie und Epidemiologie sehr beliebten Modellierungen können bereits kleine Änderungen der Ausgangsparameter zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen führen. Bei jeder Modellierung gibt es daher mehr als eine Realisierung. Da häufig nur die Ergebnisse derjenigen Modellierung gezeigt werden, die das jeweilige Autorenteam für am wahrscheinlichsten oder erwünscht hält, leiden Modellierungen häufig, – obwohl sie nach exakten Algorithmen funktionieren, – an einem erheblichen Maß an Subjektivität und sind anfällig für Manipulationen.

Die Autoren der „Grenzen des Wachstums“ entwarfen ein Weltmodell, in dem die Weltbevölkerung und Industrialisierung exponentiell wachsen; infolgedessen würden Nahrungsreserven und andere Rohstoffe knapp werden, während die Umweltverschmutzung zunimmt. Die zentrale Aussage des Berichts lautete „Wenn die gegenwärtige Zunahme der Weltbevölkerung, der Industrialisierung, der Umweltverschmutzung, der Nahrungsmittelproduktion und der Ausbeutung von natürlichen Rohstoffen unverändert anhält, werden die absoluten Wachstumsgrenzen auf der Erde im Laufe der nächsten hundert Jahre erreicht.“ Seitdem „Die Grenzen des Wachstums“ publiziert wurden, erfolgten Fortschreibungen des *Club of Rome*. Von größerer Bedeutung war der Bericht der US-Regierung „Global 2000 – Der Bericht an den Präsidenten“, der nicht nur in großer Ausführlichkeit die ursprünglichen Themen erörterte, sondern für viele weitere Umweltthemen Analysen und Prognosen erstellte.

Der *Club of Rome* oder die Autoren von Global 2000 haben viele Umweltprobleme richtig erkannt und bewertet; ihre Aussagen sind daher auch heute noch grundsätzlich relevant. Wie zu erwarten, sind viele Prognosen des *Club of Rome* oder Global 2000 eingetroffen, viele andere haben sich entweder als zu kurzfristig erwiesen oder haben die Fortschritte der Wissenschaft, Medizin, Landwirtschaft und Technik nicht richtig antizipiert. Viele Statements wurden von den Medien unkritisch aufgegriffen und nicht selten dramatisiert. Alarmistische und apokalyptische Szenarien, die sich auf Prognosen des *Club of Rome* oder Global 2000 berufen, prägen die Umweltberichterstattung bis heute.

3.2 Umweltveränderungen und Bestandsrückgänge

Rachel L. Carson (*1907–1964) war eine amerikanische Biologin und Sachbuchautorin, die 1962 mit ihrem Hauptwerk „*The Silent Spring*“ (Der stumme Frühling) weltweit bekannt wurde. Sie schrieb dieses Buch, als sie an Brustkrebs erkrankt war, an dem sie 1964 verstarb. Dieses Buch kann als Meilenstein der Umweltbewegung angesehen werden.

Als Biologin hatte Rachel Carson den großflächigen Einsatz von **Pestiziden** in Nordamerika nach dem 2. Weltkrieg und seine negativen Auswirkungen erlebt. Bei den Pestiziden handelte es sich hauptsächlich um umweltbelastende Insektizide, so z. B. Chlorkohlenwasserstoffe wie DDT (u. a. zur Malariabekämpfung eingesetzt), Dieldrin, Aldrin und Heptachlor, die auch Böden und Wasser kontaminieren und sich letztlich in allen Lebewesen einer Nahrungskette anreichern, u. a. in Bodenlebewesen, Vögeln, Haustieren und Menschen und dort zu Schäden führen können. Rachel Carson stellte die Prognose auf, dass eine weitere intensive Ausbringung der toxischen Pestizide zu einer massiven Verschlechterung der Lebensbedingungen für Mensch und Tier und letztlich zur massiven Reduzierung der Bestände wildlebender Tiere führen würde. Der Titel des Buches war daher treffend gewählt. Diese Prognose war leider grundsätzlich richtig, auch wenn die Landwirtschaft heute weniger toxische Pestizide verwendet.

DDT und andere Chlorkohlenwasserstoffe sind für Insekten und viele andere Evertebraten direkt toxisch, weniger jedoch für Säugetiere und Vögel, die zunächst durch Nahrungsmangel betroffen sind. In den 1950er und 1960er Jahren beobachteten Ornithologen, dass bei Greifvögeln (Seeadler, Fischadler, Wanderfalke) und Seevögeln (Pelikane) (Abb. 2) in Nordamerika und Europa der Bruterfolg ausblieb. Die Ursache wurde bald entdeckt: Die Greifvögel legten zwar genauso viele Eier wie früher, jedoch waren die Eischalen so dünn, dass sie beim Bebrüten zerbrachen. Es konnte dann experimentell gezeigt werden, dass DDT für die Verdünnung der Eischalen verantwortlich ist. Diese Beobachtungen und das Buch von Carson führten letztlich zum Verbot von DDT in Nordamerika und in Europa.

Da DDT und verwandte Verbindungen lange in der Umwelt persistieren, dauert es fast ein Jahrzehnt, bis sich eine Verbesserung bei den Greifvögeln und Seevögeln einstellten. Damals war ich ein junger Vogelkundler und alle älteren Kollegen sagten mir, ich solle die wenigen Fischadler, Wanderfalken und Uhus, die es in den 1960er Jahren noch gab, nur gut ansehen, denn sie würden bald in Deutschland ausgestorben sein. Zum Glück lagen sie mit dieser Prognose daneben: Naturschützer unternahmen große Anstrengungen, um die bedrohten Großvögel zu retten. Neben Verbot der Bejagung und Horstbewachung wurden umfangreiche Nachzuchten mit pestizidfreier Nahrung durchgeführt, die danach in der Natur ausgewildert wurden. Diese Maßnahmen und der Rückgang der Chlorkohlenwasserstoffe führten erfreulicherweise dazu, dass sich die Bestände erholten. Heute kann man Adler, Milane und Wanderfalken vielerorts



Abb. 2 Vogelarten, die durch DDT vom Aussterben bedroht waren, deren Bestände sich aber wieder erholt haben. 1. Wanderfalke, 2. Uhu, 3. Fischadler, 4. Braunpelikan (Fotos: M. Wink)

nachweisen; ihre Bestände liegen derzeit häufig höher als zu Beginn des 20. Jahrhunderts, als noch keine synthetischen Pestizide eingesetzt wurden.

Da es seit dem 2. Weltkrieg überall zu einer Intensivierung der Landwirtschaft kam, wurden viele natürliche Lebensräume (Moore, Feuchtwiesen, Feuchtgebiete, Heiden, Feldhecken, Feldgehölze und Wälder) geschädigt oder zerstört, indem störende Elemente entfernt wurden. Nur so konnte die industrielle Landwirtschaft großflächig ökonomisch arbeiten. Da zunehmend Monokulturen angebaut wurden und Kulturpflanzen generell einen Pflanzenschutz benötigen (Storch et al., 2013), kam es zu einer Intensivierung des chemischen Pflanzenschutzes. Auch wenn die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln besser geworden ist, sind viele Mittel im Einsatz, die die Umwelt schädigen.

Herbizide werden ausgebracht, um die Entwicklung von „Unkräutern“ zu verhindern. Auch wenn sie für Tiere nicht toxisch sind, führen sie zu einem ökologischen Schaden, da viele „Unkräuter“ als Samenproduzenten für Körnerfresser oder als Nahrungspflanzen für Insekten essentiell sind. Fehlt die pflanzliche Nahrung in der Feldflur, dann geht es den samen- und insektenfressenden Tieren (z. B. viele Singvögel,

Rebhuhn) schlecht. Parallel wurden neue hocheffiziente **Insektizide** entwickelt (wie Neonicotinoide), die den Schadinsekten, aber auch allen anderen Insekten den Garaus machen. Es ist daher nicht überraschend, dass die Insektenbestände in Europa um 70–80 % in den letzten Jahrzehnten zurückgingen. Schon früh haben Ökologen auf diese Probleme hingewiesen und richtig prophezeit, dass es zu gravierenden Rückgängen bei den insektenfressenden Tieren der landwirtschaftlichen Nutzflächen kommen wird. Diese Prognosen haben sich leider bewahrheitet, nicht nur bei uns in Europa, sondern auch in Nordamerika und eigentlich global überall dort, wo industrielle Landwirtschaft betrieben wird.

Wie bei allen Umweltphänomenen muss man bei spezifischen Prognosen vorsichtig sein. Als nach 1968 die Bestände der Dorngrasmücke (*Curruca communis*) in Europa zusammenbrachen, konnte man besorgte Publikationen lesen: Winstanley et al. (1974) fragten „*Where have all the whitethroats gone?*“ Man nahm an, dass eine Dürre in der Sahelzone, die Intensivierung der Landwirtschaft und der Pestizideinsatz für die Rückgänge verantwortlich sein müssten. Auch renommierte deutsche Ornithologen wie Peter Berthold prophezeiten ein Aussterben der Dorngrasmücke, was zum Glück nicht eintraf. In den 1980er und 1990er Jahren erholten sich die Bestände; aktuell gehören Dorngrasmücken wieder zu den weitverbreiteten Insektenfressern in Mitteleuropa. Offenbar hatten wir weder die Ursachen des Rückgangs noch die Resilienz dieser Vogelart verstanden.

Ein weiteres Beispiel für verfrühte Prognosen und Resilienz einer Vogelart: Im Sommer 2011 kam es in Nordbaden zu einem auffälligen Sterben der Amsel (*Turdus merula*). Als Ursache konnte schnell eine Infektion mit einem Virus (Usutu-Virus; USUV) nachgewiesen werden, das Amseln und andere Vögel in kurzer Zeit dahinraffte. USUV, das von der Stechmücke *Culex pipiens* übertragen wird, stammt ursprünglich aus Afrika und wurde ab 2001 in Europa nachgewiesen. USUV breitete sich ab 2011 schnell in Deutschland aus, so dass Amseln überall selten wurden (Wink 2014). Auch in diesem Falle prophezeiten viele Biologen, dass Amseln wohl bald zu den aussterbenden Vogelarten zählen würden. Diese Vorhersage traf zum Glück nicht ein; die Amselbestände erholten sich und heute haben wir in Nordbaden mindestens so viele, wenn nicht mehr Amseln als vor der Epidemie.

3.3 Biodiversitätsrückgang und Artensterben

Unter Biodiversität verstehen wir die Anzahl aller beschriebenen Arten in einem definierten Lebensraum. Dies sind global rund 10 000 Prokaryotenarten (Bakterien, Archaeobakterien), ca. 400 000 Pflanzenarten (Sporen- und Samenpflanzen) und ca. 1,6 Millionen Tierarten (darunter mehr als 1,5 Millionen Arten Wirbellose (Evertebraten).

Nur 65 000 Vertebratenarten sind beschrieben, darunter fast 11 000 Vogelarten (Chapman 2009; Storch et al., 2013). Wie bereits früher erwähnt, glaubte Linné, schon fast alle Arten zu kennen; durch die Arbeit der Taxonomen wächst die Zahl der beschriebenen Arten langsam aber stetig. Folgt man den Medien oder den Mittelungen einschlägiger NGOs so finden wir die Angabe deutlich größerer Artenzahlen auf der Erde, die zwischen 8 und 100 Millionen schwanken können. Dabei handelt es sich aber um reine Hochrechnungen und Schätzungen; was meist nicht erwähnt wird. Zugegeben, unter den Insekten, Würmern und Bewohnern der Tiefsee dürfte es noch viele unbekannte Arten geben. Dagegen ist es eher unwahrscheinlich, dass noch sehr viele Samenpflanzen, Vögel, Säugetiere, Reptilien und Amphibien unbekannt sind; ich wage einmal die Schätzung, dass bei diesen Organismen die Zahl der unbekannt Arten in der Größenordnung von 10–20 % liegt (Storch et al., 2013). Vor allem durch DNA-Analysen werden bekannte Vertebraten in neue Arten aufgespalten, aber nur in seltenen Fällen gänzlich neue unbekannte Arten oder Unterarten erkannt und beschrieben (Storch et al., 2013; Wink 2020, 2021).

Wenn wir Prognosen darüber machen möchten, wie viele Arten schon ausgestorben sind und vom Aussterben bedroht sind, benötigen wir harte Fakten. Selbst im IPBES Bericht 2019 wird die Behauptung aufgestellt, dass 1 Million Arten akut vom Aussterben bedroht wären. Die Autoren des Berichts gehen jedoch nicht von den der Wissenschaft bekannten Arten aus, sondern machen eine Extrapolation auf eine hochgerechnete Anzahl von 8 bis 9 Millionen Arten (Sweetlove 2011). Ferner wird medial (z.B. WWF) vielfach behauptet, dass wir uns bereits im Anthropozän und im Zeitalter des sechsten Massenaussterbens der Erdgeschichte befänden und dass täglich zwischen 70 und 150 Arten aussterben würden. Wie entstehen solche Hochrechnungen und Prognosen, deren wissenschaftliche Basis dünn, wenn nicht sogar zweifelhaft ist?

Wie viele Arten sind denn nachweislich ausgestorben? Biologen kennen rund 800 Arten, die seit 1500 nachweislich verschwunden sind, darunter 135 Vogel- und 76 Säugetierarten. Zwischen 1900 und 2007 starben nur 1 Vogelart (Wandertaube) und 3 Säugetierarten aus. Das uns bekannte Artensterben fand also hauptsächlich zwischen 1500 und 1900 statt. Unter den ausgestorbenen Wirbeltierarten finden wir viele Inselendemiten mit sehr kleinen Populationen (also Arten, die nur auf einer einzigen Insel vorkommen). Die Biodiversität auf isolierten Inseln ist sehr gefährdet, da sich dort Bejagung (Dronte, Riesenalk), Lebensraumverlust und vor allem die Freisetzung von Ratten, Katzen und Schlangen katastrophal auswirken (Wink 2014, 2020), die leicht zum Erlöschen einer endemischen Art führen können.

Wie lässt sich die offensichtliche Diskrepanz zwischen den Medienberichten und den Fakten erklären? Der Ökologe Terry Erwin führte 1982 ein wichtiges Experiment mit einigen tropischen Bäumen in Panama durch, die er mit einem Insektizid begaste und damit alle Insekten abtötete. Dann sammelte er alle toten Insekten ein und

ermittelte alle Käfer-Arten, die auf einem einzelnen Baum lebten. Er stellte die Hypothese auf, dass auf jeder tropischen Baumart ca. 1200 Käferarten leben würden. Unter der Annahme von 50 000 Arten von tropischen Bäumen ergab seine Hochrechnung eine Zahl von mindestens 60 Millionen Käferarten. Da rund 30 % aller Tierarten zu den Käfern zählen, ergibt sich eine Artenzahl von mindestens 180 Millionen Arten (Wink 2020). Bekanntlich werden täglich etliche Quadratkilometer der tropischen Regenwälder in Asien, Afrika und Amerika abgeholzt oder verbrannt. Es besteht also die Möglichkeit, dass wöchentlich etliche tropische Baumarten und damit die zugehörigen Insekten für immer aussterben. Aus meiner Sicht ist diese Annahme wissenschaftlich unbewiesen und vermutlich falsch.

Mit großer Wahrscheinlichkeit erleben wir aktuell (noch?) kein Massenaussterben, vor allem nicht in Eurasien und in Nord- und Mittelamerika, auch wenn diese mediale Alarmmeldung regelmäßig Schlagzeilen macht. Evident sind jedoch gravierende Probleme für die Biodiversität: Weltweit stellen Biologen merkliche Rückgänge in der Bestandsgröße vieler Arten fest. Man hat geschätzt, dass Vogelbestände in den letzten 3–4 Jahrzehnten Rückgänge um ca. 3 Milliarden Vögel in Nordamerika und um 421 Millionen Individuen in Europa zurückgingen (Wink 2020). Wenn diese Rückgänge nur lange genug anhalten, wird es sicher auch in absehbarer Zeit zu einem realen Aussterben von früher weit verbreiteten Arten kommen. In dieser Annahme liegen die Alarmmeldungen sicher richtig. Wie schon erwähnt, ging die Biomasse an Insekten in Deutschland um 60–80 % (Hallmann et al., 2017; Habel et al., 2019; Seibold et al., 2019) in den letzten Jahrzehnten zurück, was natürlich negative Auswirkungen auf die Bestände von insektenfressenden Vögeln, Fledermäusen oder Igel hatte.

3.4 Neophyten und Neozoen

Jedes Jahr gelangen immer mehr nichtheimische Tiere, Pflanzen, aber auch Bakterien, Pilze und Viren zu uns. Mehrere Taxa wurden absichtlich nach Europa eingeführt, weil sie als Heimtiere oder als Zierpflanzen, sowie in der Land- oder Forstwirtschaft verwendet werden. Andere gebietsfremde Arten gelangen versteckt über den Boden, das Wasser, Lebensmittel oder über Flugzeuge und Schiffe (Ballastwasser) zu uns. Aufgrund des zunehmenden Welthandels und der globalen Transportwege werden solche Ereignisse in Zukunft noch häufiger vorkommen. Wie schnell diese globalen Transportnetze funktionieren, zeigt die rasche Ausbreitung von SARS-COV-2, das Virus, das die jüngste Corona-Pandemie verursacht hat. Die meisten der Neuankömmlinge können sich bei uns nicht ansiedeln und verschwinden. In mehreren Fällen sind diese Neuankömmlinge in die freie Natur entkommen und konnten sich dort etablieren. Einige von ihnen sind eine willkommene Bereicherung für die lokale Fauna und Flora.

Viele andere jedoch, insbesondere die invasiven Arten und Tiere, die als Vektoren für Krankheiten fungieren (z.B. Tigermücke), können der Umwelt, uns Menschen und der Artenvielfalt schaden (Goodenough 2010). Wie bereits oben erwähnt, hat vor allem auf Inseln die Einführung von Hunden, Katzen, Ratten, Mäusen oder Schlangen sogar zum Aussterben der lokalen endemischen Fauna geführt.



Abb. 3 Beispiele für Gefangenschaftsflüchtlinge, die sich erfolgreich in Mitteleuropa angesiedelt haben. 1. Halsbandsittich, 2. Nilgans. Beide Arten werden manchmal als invasiv und schädlich angesehen, obwohl sie unsere Biodiversität bereichern und nicht schädlich sind. (Fotos: M. Wink)

Bei den Prognosen über den Einfluss von eingeführten Arten in der Ökologie und im Naturschutz sollten wir jede gebietsfremde Art einzeln unter die Lupe nehmen und nicht pauschal und oberflächlich argumentieren (Abb. 3). Wenn eine neue Art eindeutig schädlich ist, sollten wir versuchen, sie so früh wie möglich zu beseitigen. Arten, die der einheimischen Flora und Fauna nicht schaden, sollten jedoch als interessante Ergänzungen betrachtet werden, da die einheimische Artenvielfalt in den meisten Regionen der Welt zurückgeht (Goodenough 2010; Pearce 2015). In Fachartikeln und in den Medien wird mit der Frage meist unkritisch umgegangen und postuliert, dass die Neophyten und Neozoen für die oben beschriebenen Bestandsrückgänge vieler Arten verantwortlich wären – dies dürfte in den meisten Fällen (bis auf Pathogene) keine valide Vorhersage sein.

Aus wissenschaftlicher Sicht könnte es spannend sein zu untersuchen, was diese erfolgreichen Neankömmlinge dazu befähigt, in unserer industrialisierten Welt so gut zu überleben, z. B. schnelles Wachstum, rasche Fortpflanzung, hohe

Ausbreitungsfähigkeit, phänotypische Plastizität, ökologische Kompetenz, generalistische Lebensweise oder Assoziationen mit Menschen (Goodenough 2010).

3.5 Wetter- und Klimavorhersagen

Schon in der Antike um 650 BC versuchten die Babylonier das Wetter vorherzusagen, indem sie Wolkenmuster und Wolkenbewegungen beobachteten. Der Philosoph und Naturforscher **Aristoteles** (384–322 v. Chr.) diskutierte in seinem Werk *Meteorologica*, wie Regen, Hagel, Schnee, Stürme und Gewitter entstehen könnten. Da Aristoteles ein sehr guter und gewissenhafter Beobachter war, lag er mit einigen seiner Schlussfolgerungen richtig.

Exakte Wetteraufzeichnungen gibt es seit dem 18. Jahrhundert, aber erst 1859 gab der *Meteorological Service (the Met Office)* in Großbritannien erste Wettervorhersagen für die Schifffahrt und ab 1861 für die Allgemeinheit heraus. Durch Auswertung vieler Messstationen, vor allem durch Messungen der Umweltsatelliten und rechnerbasierte Modellierungen können Meteorologen seit rund 50 Jahren immer bessere Wettervorhersagen treffen. Heute sind 4-Tages-Vorhersagen so gut und genau wie 1-Tagesvorhersagen vor 30 Jahren. Bezogen auf einen 3- oder 5-Tageszeitraum treffen die meisten Prognosen mit 80 bis 97 % Genauigkeit zu. Vorhersagen für 7 Tage haben eine Eintreffwahrscheinlichkeit von 60 bis 70 %, die von 10 Tagen jedoch nur noch von 30 bis 40 % (Alley et al. 2020; Ritchie 2024). Je präziser und lokaler die Wetterprognosen sind, desto höher ist aber auch die Fehlerrate, da das Wetter ein chaotisches System darstellt, dessen Variablen immer noch nicht alle verstanden und messbar sind.

Klimatologen machen jedoch häufig Prognosen für die Veränderung des Klimas (also der Summation der Wetterereignisse) auf einem Kontinent oder sogar der Erde, die Zeiträume von 50 und mehr Jahren betreffen. Selbst das *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* äußerte sich im Jahre 2001 noch kritisch zu den **Langfristprognosen** „*The climate system is a coupled non-linear chaotic system, and therefore the long-term prediction of future climate states is impossible*“. In den aktuellen Dokumenten des IPCC fehlt diese wichtige Aussage jedoch inzwischen. Da schon Wettervorhersagen für 10 Tage schwierig sind, stellt sich die Frage nach der Validität solcher langfristigen Prognosen, die ja zudem kaum jemand überprüfen kann (also im Sinne von Popper kaum falsifizierbar sind). Jedoch gibt es solche Klimaprognosen nicht erst seit heute, sondern schon seit vielen Jahrzehnten. In vielen Fällen können wir daher heute selbst prüfen, ob die Forscher früher mit ihren Prognosen zum Klima und zu Umweltveränderungen richtig lagen. Dazu führe ich aus einer großen Sammlung von Einzelbeispielen nachfolgend einige ausgewählte Prognosen an.

James P. Lodge vom renommierten *National Center for Atmospheric Research* in Boulder publizierte 1970 die Hypothese, dass die Luftverschmutzung durch Aerosole die Sonneneinstrahlung so stark schwächen würde, dass im ersten Drittel des 21. Jahrhunderts eine **neue Eiszeit** auftreten müsste. Diese Prognose wurden von zwei Wissenschaftlern der NASA (Rasool & Schneider, 1971) grundsätzlich mit einer Publikation in der renommierten Wissenschaftszeitschrift *Science* 1971 bekräftigt. Anfang der 1970er Jahre gab es außerordentlich kühle Frühjahre, Dürren in Afrika, Rekordregen in Pakistan, Japan und USA und Zunahmen der Areale mit Eis und Schnee um 11%. Damals wurde von den Medien die Angst vor der nächsten Eiszeit mit instabilem Wetter, Ernteaussfällen und vielen Toten verbreitet, die aber relativ bald von der Angst vor der aktuell zu beobachtbaren **Klimaerwärmung** abgelöst wurde.

Wenn immer es einen schneearmen Winter gibt, findet man in den Medien vermehrt Prognosen, dass es bald überhaupt keinen Schnee mehr geben und dass der Wintersport bald unmöglich sein würde. Als die Olympischen Winterspiele von 2014 in Sochi ausgetragen wurden, waren viele Ski-Rennen nur möglich, indem die Loipen und Abfahrthänge mit künstlichem Schnee präpariert wurden. In der „*The New York Times*“ prognostizierte Porter Fox am 7. Februar 2014, dass Schnee ein Thema der Vergangenheit wäre und dass es zukünftig kaum noch Winter gäbe, in denen Wintersport möglich wäre. Ähnlich äußerten sich auch viele andere Medien weltweit. In den Wintern 2022/23 und 2023/24 gab es in Asien, Europa und Nordamerika jedoch wieder sehr viel Schnee, sodass der Wintersport boomte und noch vielerorts bis weit in den Frühling möglich war. In derselben „*The New York Times*“ veröffentlichte David Goodman am 20. März, 2023 einen Artikel mit der Überschrift „*The ski season that just won't quit*“. So plausibel die These vom Rückgang vom Schnee auch erscheint, wenn sich das Klima global erwärmt, so können Prognosen jedoch leicht daneben liegen, da Trends nicht linear sind und Klima nicht gleich Wetter ist.

Al Gore (*1948), ein amerikanischer Politiker, Umwelt-Aktivist und Friedensnobelpreisträger (2007) hat bereits viele Prognosen zum Klimawandel und seinen Auswirkungen abgegeben, die aber meist nicht eingetreten sind. So postulierte er im Jahre 2005, dass die Schneebedeckung des Gipfel des Kilimanjaro in Ostafrika bis 2015 komplett verschwinden würde. Dies ist zum Glück nicht eingetroffen; bis heute weist der Kilimanjaro Schneehöhen von über 2 Metern auf. In *Forbes* erschien am 15.01.2018 ein Artikel von Jeff McMahon über die Zukunft des arktischen Eises. Er zitiert darin James Anderson, einen Professor für Atmosphärenchemie der Harvard Universität, der an der Entdeckung des Ozonlochs beteiligt war: „*The chance that there will be any permanent ice left in the Arctic after 2022 is essentially zero, with 75 to 80 percent of permanent ice having melted already in the last 35 years.*“ Schon 2007 berichtete die Welt am 13.12.2007, dass internationale Klimaforscher der NASA z.B. Jay Zwally postulierten, dass die Arktis bereits im Sommer 2012 eisfrei sein sollte.

Ähnlich lautende Alarmmeldungen erschienen und erscheinen regelmäßig in allen Medien, sowohl in *Social Media* als auch in seriösen Zeitschriften. Aktuell 6 bzw. 17 Jahre später ist das Eis der Arktis nicht verschwunden, sondern seine Stärke liegt im Mittel der Jahre 1995–2024.

Aus der Erdgeschichte ist belegt, dass Warmzeiten mit ausgiebigen Niederschlägen und Eiszeiten mit geringen Niederschlägen einhergingen. Die Sahara war nicht immer eine sehr trockene Wüste wie heute; vor rund 130 000 bis 115 000 Jahren, dann vor 50 000 bis 45 000 Jahren und zuletzt nach der letzten Eiszeit gab es mehrere Tausend Jahre, in denen die Sahara ergrünt war und Flüsse sowie stehende Gewässer aufwies (Claussen et al. 2017). Damals lebten dort Krokodile, Elefanten und Giraffen. Wenn sich das Klima erwärmt und die Temperatur in den Meeren steigt, dann sollte man schon rein physikalisch erwarten, dass durch die Sonneneinstrahlung das Ozeanwasser erwärmt wird und größere Wassermengen verdunsten. Demnach wären die vermehrten Niederschläge, die lokal in den letzten Jahren auch in der Sahara auftraten, durch die beobachtete Klimaerwärmung durchaus rational erklärbar.

Ob die in Deutschland aufgetretenen Starkregenereignisse und Hochwasser der letzten Jahre ein Zeichen des „menschengemachten Klimawandels“ sind (wie in vielen Medien regelmäßig behauptet), ist jedoch nicht ganz so eindeutig zu beantworten. Denn Hochwasser gab es auch schon in früheren Jahrhunderten. Schaut man die Hochwassermarken der meisten Flüsse genauer an, so ergeben sich in den letzten Jahrzehnten kaum Auffälligkeiten. In allen Jahrhunderten gab es immer wieder Hochwasser so z. B. am Neckar bei Heidelberg (fünf Mal im 18. Jahrhundert, sechs Mal im 19. Jahrhundert; und über zehn Mal im 20. und 21. Jahrhundert). Daher ist es naheliegender, dass Starkregen und Überschwemmungen lokale Wetterphänomene darstellen und nicht notwendigerweise auf einen Klimawandel hinweisen. Die Schäden der rezenten Hochwasser (Ahr 2021, Süddeutschland 2024) traten jedoch besonders lokal auf, da in den letzten Jahrzehnten wider besseres Wissen Gebäude auch in potentiellen Hochwasserzonen errichtet wurden. Da Fließgewässer immer stärker begradigt wurden, fließen Niederschläge zudem schneller ab, da sie sich nicht mehr ins Erdreich einsickern können. Durch gezielte Anlage von Rückhaltebecken und Deichen sowie Renaturierung von Fließgewässern könnte man potentielle Schäden sicher einschränken.

Ausbleibende Niederschläge können Trockenheit auslösen, die für die Landwirtschaft und Menschen sehr negative Folgen haben können. Auch Waldbrände sind in trockenen Jahren häufiger als in nasskalten Jahren. Wenn mehrere Jahre der Trockenheit aufeinanderfolgen, melden sich die Alarmisten und prognostizieren Jahrzehnte oder sogar Jahrhunderte Trockenheit. Kalifornien wurde vor einem Jahrzehnt vermehrt von sehr trockenen Jahren heimgesucht. *LifeScience* und viele Umweltexperten postulierten schon seit 20 Jahren, dass die Mega-Dürre (*mega-drought*) in Kalifornien vermutlich ein Jahrhundert anhalten könnte. Überraschenderweise gab es in den

letzten beiden Jahren aber wieder sehr viel Regen und Schnee in Kalifornien, was der Mega-Dürre-Hypothese widersprechen würde.

Ein weiteres Thema der medialen Alarmmeldungen betrifft den steigenden **Meeresspiegel**. Der Meeresspiegel steigt tatsächlich: Am Ende der letzten Eiszeit vor rund 12 000 Jahren gab es einen dramatischen Anstieg um 120 Meter. Damals wurden große Areale der Erde geflutet. In Europa wurde England zu einer Insel; vorher war England mit dem europäischen Festland verbunden. Im Bereich des heutigen Nordsee lag das Doggerland, auf dem Menschen siedelten. Nach dieser ersten dramatischen Phase stieg der Meeresspiegel nur noch sehr langsam. Aktuell geht das IPCC von 1,7 mm pro Jahr aus. Sollte jedoch das Festlandeis von Grönland und Antarktis abschmelzen, würde es zu einem starken Anstieg kommen. Dieses Szenario haben sich viele Apokalyptiker z. B. Al Gore, zu eigen gemacht, und prognostiziert, dass weite Bereiche der Welt bald überflutet sein würden. Auch die UN spielte und spielt in der Liga der Alarmisten mit. So machte sie 1989 die Vorhersage, dass bald ganze Nationen von der Erde verschwinden würden, wenn der Klimawandel nicht bis 2000 rückgängig gemacht würde. Zum Glück haben sich diese Prophezeiungen bislang nicht bewahrheitet. 1988 sagten Experten voraus, dass der zu erwartende Anstieg des Meeresspiegels innerhalb der nächsten 30 Jahre zu einer Vernichtung der Malediven im Indischen Ozean führen würde. Die Malediven bestehen aus 26 ringförmigen Atollen, die aus mehr als 1.000 Koralleninseln gebildet werden. Heute, also 36 Jahre später, sind die Malediven immer noch nicht untergegangen, die Größe der Inseln nahm sogar zu. Soweit zu den Alarmmeldungen.

Wie man an diesen Beispielen erkennen kann, sind Prognosen und Modellierungen in den Umweltwissenschaften nicht nur schwierig, sondern manchmal unabsichtlich und manchmal wohl auch absichtlich falsch. G.E. Box hat diese missliche Lage mit den Worten „*All models are wrong, but some are useful*“ treffend zusammengefasst (Hendry 2023).

4 Ausblick

Wir Menschen erliegen leicht der Illusion, dass unser Leben und unsere Umwelt stabil sind, obwohl wir wissen, dass dies häufig nicht zutrifft, denn Zufall, Kommen und Gehen sind offensichtlich wichtiger als Stabilität. Zu dieser Erkenntnis kamen schon renommierte Philosophen (Heraklit, Epikur, Lukrez) in der Antike (Wink & Funke, 2016). Diese immanente Unsicherheit und Ungewissheit sind der Nährboden für Weissagungen, Prognosen, Aberglauben und Modellierungen. Seit die Erde vor rund 4,55 Milliarden Jahren entstand, haben sich die Erde und alle Lebewesen, also auch wir Menschen, kontinuierlich verändert und weiterentwickelt. Auf der Erde sind die

Lage und Größe der Kontinente oder das Klima nicht stabil, sondern im steten Wandel begriffen. Insbesondere in den letzten zwei Millionen Jahren, als wir Menschen und unsere Vorfahren evolvierten, trat ein zyklischer Wechsel von Warm- und Kaltzeiten auf, auf den wir Menschen keinen Einfluss hatten.

Wie bereits erörtert, steht die Menschheit vor großen Herausforderungen. Da wir Menschen in der Vergangenheit trotz großer Gefahren und Bedrohungen überlebt haben, dürfen wir als Optimisten hoffen, dass wir auch zukünftige Probleme und Herausforderungen dank technologischer Innovationen meistern können (Ridley 2010, 2015). Bei all unseren Prognosen, Plänen, Überlegungen und Maßnahmen dürfen wir jedoch niemals vergessen, dass wir eine sich verändernde und nicht statische Welt akzeptieren müssen. Wir müssen also lernen, mit der Ungewissheit zu leben und versuchen, die Zukunft verlässlich zu antizipieren. Wie in diesem Jahrbuch erörtert, sind Prognosen auf zukünftige Ereignisse schwierig, wenn sie nicht-lineare, komplexe oder chaotische Systeme betreffen. Wir müssen uns von Aberglauben und Esoterik befreien und versuchen, die Zukunft rational vorherzusagen. Die Wissenschaften und Wahrscheinlichkeitstheorie können uns dabei helfen – auf unser Bauchgefühl ist jedoch weniger Verlass.

Dank: Von Dr. Monika Niehaus erhielt ich hilfreiche Literaturhinweise.

Literatur

- Alley, R. B., Emanuel, K. A., & Zhang, F.** (2019). Advances in weather prediction. *Science*, 363, 342–344.
- Broberg, G.** (2023). *The Man Who Organized Nature. The Life of Linnaeus*. Princeton University Press, Princeton & Oxford.
- Carson, R.** (1962). *Silent Spring*. Penguin Books, Bristol
- Chapman, A.D.** (2009). Number of living species in Australia and the world. *Australian Biological Resources Study* pp 1–80
- Claussen, M., Dallmeyer, A. & Bader, J.** (2017) *Theory and modeling of the African humid period and the green Sahara*. Oxford Research Encyclopedia of Climate Science.
- Ehrlich, P.** (1971). *Die Bevölkerungsbombe*. Hanser, München
- Funke, J. & Kruse, L.** (2024). Warum Prognosen einerseits wichtig sind und warum sie andererseits nicht wirklich helfen. In: Wink, M. & Nünning, V. (Hgb.), *Prognosen in der Wissenschaft*. Heidelberger Jahrbücher Online Band 9.
- Goodenough, A.** (2010) Are the ecological impacts of alien species misrepresented? A review of the “native good, alien bad” philosophy. *Community Ecology* 11, 13–21
- Habel JC, Trusch R, Schmitt T, Ochse M. & Ulrich W.** (2019). Long-term large-scale decline in relative abundances of butterfly and burnet moth species across south-western Germany. *Scientific Report* <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51424-1>
- Hallmann, C.A. et al.** (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total

- flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE* 12, e0185809
- Hendry, A.P.** (2023) Predictions in ecology and evolution. *BioScience* 2023, 0, 1–15: <https://doi.org/10.1093/biosci/biado83>
- Kaiser, R.** (1980). *Global 2000. Der Bericht an den Präsidenten. Zweitausendeins, Frankfurt.*
- Keulemans, M.** (2010). *Exit Mundi. Die besten Weltuntergänge.* Dtv
- Linné, C. von** (1735–1768). *Systema Naturae.*
- Linné, C. von** (1749). *Oeconomia Naturae.*
- Linné, C. von** (1753). *Species Plantarum.*
- Meadows, D.** (1972). *Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit.* Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart
- Netz, C. & S. Renner** (2017). Long-spurred Angraecum orchids and long-tongued sphingid moths on Madagascar: A time-frame for Darwin's predicted *Xanthopan/Angraecum* coevolution. *Biological Journal of the Linnean Society* 122, 2017, https://www.deutschestextarchiv.de/book/show/burckhardt_renaissance_1860
- Niehaus, M. & Wink, M.** (2020) *Wie man Männer in Schweine verwandelt und wie man sich vor solch üblen Tricks schützt.* Hirzel-Verlag, Stuttgart.
- Pearce, F.** (2015). *Die neuen Wilden. Wie es mit fremden Tieren und Pflanzen gelingt, die Natur zu retten.* Oekom-Verlag
- Popper, K. R.** (1935) *Logik der Forschung* Springer, Wien.
- Rasool, S. I. & Schneider, S. H.** (1971). Atmospheric carbon dioxide and aerosols: Effects of large increases on global climate. *Science* 173 (3992): 138–141
- Ridley, M.** (2010). *The Rational Optimist. How Prosperity Evolves.* Fourth Estate, London
- Ridley, M.** (2015). *The Evolution of Everything – How New Ideas Emerge.* HarperCollins Publishers, New York
- Ritchie, H.** (2024). Weather forecasts have become much more accurate; we now need to make them available to everyone. Published online at [OurWorldInData.org](https://ourworldindata.org). Retrieved from: <https://ourworldindata.org/weather-forecasts>
- Seibold, S. et al.** (2019) Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature* 574, 671–674
- Stewart, J.** (2022). *Wetter, Viren und Wahrscheinlichkeit. Wie wir die Ungewissheiten des Lebens berechenbar machen.* Rowohlt, Hamburg.
- Storch, V., Welsch, U. & Wink, M.** (2013). *Evolutionsbiologie.* 3. Auflage; Springer, Heidelberg.
- Sweetlove L.** (2011). Number of species on Earth tagged at 8.7 million. *Nature* <https://doi.org/10.1038/news.2011.498>
- Weiß, C.** (2024) Statistische Prognosemethoden – Top oder Flop? In: Wink, M. & Nünning, V. (Hgb.), *Prognosen in der Wissenschaft.* Heidelberger Jahrbücher Online Band 9.
- Wink, M.** (2014). *Ornithologie für Einsteiger.* Springer-Spektrum, Heidelberg
- Wink, M.** (2020). Biodiversität in Gefahr. In: L. Jäkel, U. Kiehne, S. Frieß, *Biologische Vielfalt erleben, wertschätzen, nachhaltig nutzen, durch Bildung stärken.* Shaker-Verlag, Düren, 23–50
- Wink, M.** (2021). DNA analyses have revolutionized studies on the taxonomy and evolution in birds. *IntechOpen*, <https://www.doi.org/10.5772/intechopen.82911>
- Wink, M. & Funke, J.** (Hrsg.). (2016). *Stabilität im Wandel,* Heidelberger Jahrbücher Online Band 1. Heidelberg University Publishing. <https://doi.org/10.17885/hdjbo.2016.0>
- Winstanley, D., Spencer, R. & Williamson, K.** (1974). Where have all the Whitethroats gone? (1974). *Bird Study*, 21, 1–14. <https://doi.org/10.1080/00063657409476397>
- Yates K.** (2024). *Wie man vorhersieht, womit keiner rechnet. Richtige Prognosen treffen und unnütze vermeiden.* Piper Verlag, München

Über den Autor

Michael Wink (geb. 1951 in Esch-Bad Münstereifel) ist Ordinarius für Pharmazeutische Biologie an der Universität Heidelberg, wo er seit 1989 die Abteilung Biologie am Institut für Pharmazie und Molekulare Biotechnologie leitete. Seit seiner Emeritierung arbeitet er seit dem 01.10.2019 dort als Seniorprofessor. Nach dem Studium der Biologie an der Universität Bonn erfolgten 1980 die Promotion und 1984 die Habilitation an der TU Braunschweig. Gefördert durch ein Heisenberg-Stipendium der DFG konnte er von 1985 bis 1988 am MPI für Züchtungsforschung in Köln und am Genzentrum der LMU München forschen. 1988 wurde er auf eine Professur an die Universität Mainz und 1989 an die Universität Heidelberg berufen. Seine Arbeitsgebiete reichen von Phytochemie, Arznei- und Giftpflanzen, Ornithologie und Naturschutz bis zur Systematik, Phylogenie und Evolutionsbiologie. Er ist Autor/Co-Autor von mehr als 40 Büchern und über 1000 Originalarbeiten. Er ist aktuell Gastprofessor an Universitäten in China und Mexiko, außerdem Mitglied diverser Wissenschaftlicher Beiräte, Ko-Herausgeber des Heidelberger Jahrbuchs, Editor-in-Chief (*Diversity*) und Academic Editor einiger Zeitschriften (*Journal of Ornithology*, *PeerJ*, *Frontiers*) und Empfänger mehrerer Auszeichnungen.

Korrespondenzanschrift

Prof. Dr. Michael Wink,  <https://orcid.org/0000-0002-7875-4510>
Institut für Pharmazie und Molekulare Biotechnologie,
Universität Heidelberg, D-69120 Heidelberg
wink@uni-heidelberg.de
www.winks-biology.com

Prognosen zum Insektenschwund und zum Veganismus im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit

Claudia Erbar & Peter Leins

Centre for Organismal Studies (COS) Heidelberg, Universität Heidelberg

Zusammenfassung Zahlreiche vergleichende Beobachtungen belegen zweifelsfrei, dass in vielen Gebieten auf unserem Globus ein signifikanter Schwund von Insekten und anderen Gliederfüßern (Arthropoden) sowohl auf der Ebene der Artenzahl als auch der Populationsgröße zu verzeichnen ist. Damit verbunden sind die bekannten katastrophalen Prognosen, sollte der Insekten/Arthropoden-Schwund weiter anhalten oder sich sogar beschleunigen. Neben der Bedeutung der Insekten im schwierig zu überschauenden Netz eines Ökosystems, wird in der vorliegenden Studie vor allem auf die möglichen Ursachen eingegangen und schließlich die Frage aufgeworfen, was die Gesellschaft, die Politik und jeder Einzelne von uns zur Schadensminderung bzw. -vermeidung tun kann. Zu den Verursachern des Insektensterbens gehören vielfach Chemie-Konzerne, die beispielsweise durch teilweise auch für den Menschen gefährliche Zusatzstoffe u. a. das Getreide-Saatgut „versauen“. Als Reaktion setzt man mehr und mehr auf den Biologischen Landbau. Das ist sicherlich von großem Nutzen und könnte in Zukunft all unsere Nahrungsmittel gesünder auf den Markt bringen. Für „über das Ziel hinaus geschossen“ halten die beiden Autoren zwar einen konsequenten Veganismus, aber die Auswirkungen einiger sich aus ihm ergebende Prognosen, soweit sie auf soliden Fakten basieren, zeichnen sich schon heute ab. Zu den positiven Auswirkungen der Prognosen zählen die Einschränkung der Massentierhaltung und damit für die „Omnivoren“ eine Qualitätssteigerung bei der Fleischgewinnung. Die sich ergebenden gesundheitlichen Probleme sowie die Vernachlässigung des nicht zu unterschätzenden Kulturgutes „Speisen“ zählen beim „reinen“ Veganismus zu den negativen Prognosen.

1 „Wenn die Biene einmal von der Erde verschwindet, hat der Mensch nur noch vier Jahre zu leben.“

In der medialen Berichterstattung zu dem fast ungebremst stattfindenden Insektenrückgang taucht gerne dieses Albert Einstein zugeschriebene Zitat auf. Es wurde Mitte der 1960er Jahre von Imkern in zwei französischen und einer irischen Zeitschrift „erfunden“ (Abb. 1a), um ihrem Anliegen mehr Nachdruck zu verleihen. Seitdem kursieren die erfundenen Zitate (in verschiedenen Sprachen und Formulierungen) in unzähligen Artikeln (oftmals ergänzt um: „Keine Bienen mehr, keine Bestäubung mehr, keine Pflanzen mehr, keine Tiere mehr, keine Menschen mehr.“ – siehe z. B. BMELV 2011). In den 1960er Jahren war der Physiker Einstein als Koryphäe in der Öffentlichkeit bekannter als der Vater der Blütenökologie, Christian Konrad Sprengel, und auch als Charles Darwin, die in ihren grundlegenden Werken (Abb. 1b) auf die Bedeutung der Insekten für die Bestäubung eingegangen waren.

<p>"Einstein a calculé que si toutes les abeilles du monde étaient exterminées il ne faudrait pas plus de quatre ans à l'homme pour disparaître du globe." Pierre Pascaud, "La Vie des Bêtes et l'Ami des Bêtes" (May 1965)</p> <p>"Et Einstein, le grand Einstein, a calculé que si toutes les abeilles du monde étaient exterminées, il ne faudrait pas plus de quatre ans à l'homme pour disparaître du globe." Alin Caillas, "Abeilles et Fleurs" (June 1965)</p> <p>"Professor Einstein, the learned scientist, once calculated that if all bees disappeared off the earth, four years later all humans would also have disappeared." "The Irish Beekeeper" (1966)</p>	<p>"Der Gewinn an Honig und Wachs ist nicht der Hauptzweck der Bienezucht, sondern nur eine Nebensache, ein bloßes Accidens. Der Hauptzweck ist die Befruchtung der Blumen und die Förderung reicher Ernten." "Der Staat muss ein stehendes Heer von Bienen haben." "Zu den Insekten, welche die Saftblumen besuchen, gehören Fliegen, Schnaken, kleine Käfer, die äußerst kleinen Blasenfüße, Schmetterlinge, Wespen, vornehmlich aber Bienen, von denen die größten Arten Hummeln genannt werden, vor allen andern aber die Honigbienen." Christian Konrad Sprengel, Die Nützlichkeit der Bienen und die Nothwendigkeit der Bienezucht (1811)</p> <p>"Hence I have very little doubt, that if the whole genus of humble-bees became extinct or very rare in England, the heartsease and red clover would become very rare, or wholly disappear." Charles Darwin, On the Origin of Species (1859)</p>
<p>a</p> <p>"So important are insects and other land-dwelling arthropods that if all were to disappear, humanity probably could not last more than a few months. Most of the amphibians, reptiles, birds, and mammals would crash to extinction about the same time. Next would go the bulk of the flowering plants and with them the physical structure of most forests and other terrestrial habitats of the world. The land surface would literally rot." Edward O. Wilson, "The Diversity of Life" (1992)</p> <p>So wichtig sind Insekten und andere landbewohnende Arthropoden, dass die Menschheit, wenn alle verschwinden würden, nicht länger als ein paar Monate überleben könnte. Die meisten Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere würden etwa zur gleichen Zeit aussterben. Als nächstes würde der Großteil der Blütenpflanzen und mit ihnen die physische Struktur der meisten Wälder und anderer terrestrischer Lebensräume der Welt verschwinden. Die Landoberfläche würde buchstäblich verrotten.</p> <p>c</p>	<p>b</p>

Abbildung 1: Zitate zum Insektenschwund. 1a. Albert Einstein zugeschriebene Zitate (<https://quoteinvestigator.com/2013/08/27/einstein-bees/>), 1b. Zitate von Christian Konrad Sprengel (1811) und Charles Darwin (1859), 1c. Zitat von Edward O. Wilson (1992).

Sprengel leitete von seinen blütenökologischen Beobachtungen (1793) in seinem zweiten Buch (1811) die Notwendigkeit der Bienenzucht für die Absicherung der menschlichen Nahrungsgrundlage ab (obwohl er auch andere Insekten als Bestäuber angab). Charles Darwin, der in seinem bahnbrechenden Werk (1859) den Grundstein gelegt hat für unser heutiges Verständnis zur Evolution der Organismen, äußerte in diesem Werk auch, er habe kaum Zweifel daran, dass, wenn die gesamte Gattung der Hummeln aussterben oder sehr selten werden würde, dann würden auch das Wilde Stiefmütterchen und der Wiesen-Klee sehr selten werden oder ganz verschwinden (Abb. 1b). 133 Jahre später beschrieb der renommierte Entomologe und Biodiversitätsforscher Edward O. Wilson (1992) ein apokalyptisches Szenario, in dem die Menschheit in nur wenigen Monaten dem Untergang geweiht wäre, aber auch Wirbeltiere und Blütenpflanzen, wenn nicht nur die Bienen, sondern alle Insekten bzw. Arthropoden (d. h. Gliederfüßer, zu denen neben Insekten auch Krebstiere, Tausendfüßer und Spinnentiere gehören) aussterben würden (Abb. 1c).

Insektensterben kann man in einem größeren Zusammenhang sehen, nämlich im Zusammenhang mit dem Artensterben ganz allgemein und damit der Abnahme der Biodiversität. Aber Insektensterben ist, vor allem was die Masse betrifft, leichter zu beobachten und kann als Indikator dienen.

Was ist Biodiversität? Der Begriff wird seit den 1980/90er Jahren in umweltpolitischen Diskussionen benutzt (Wilson machte ihn 1986 zum Titel eines Buches). Eine Definition finden wir in Artikel 2 der Konvention zum Schutz der biologischen Vielfalt (verabschiedet auf der UN-Konferenz 1992 in Rio de Janeiro; CBD: *Convention on Biological Diversity*): „Die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter unter anderem Land-, Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören; dies umfasst die Vielfalt innerhalb der Arten und zwischen den Arten und die Vielfalt der Ökosysteme.“ Und damit ist klar: Biodiversität ist mehr als nur Artenvielfalt! Es geht um drei Ebenen von Diversität: 1. **Ökosystem-Diversität** (Vielfalt an Lebensräumen), 2. **Arten-Diversität** (Anzahl der Arten), 3. **Individuen-Diversität** (Vielfalt der Gene innerhalb einer Art (genetische Variabilität).

Wie viele Arten gibt es überhaupt auf der Erde? Über alle Organismengruppen hinweg gibt es nur grobe Schätzungen; die Schätzwerte bewegen sich zwischen 5 Millionen und 50 Millionen, wobei heute Werte zwischen 11 und 14 Millionen als wahrscheinlich angesehen werden (Mutke & Barthlott 2008, Chapman 2009). Der weitaus größte Teil der auf unserer Erde lebenden Arten ist also noch unentdeckt. Bekannt, d. h. wissenschaftlich beschrieben, sind knapp 2 Millionen Arten; 50 % davon sind Insekten (Abb. 2).

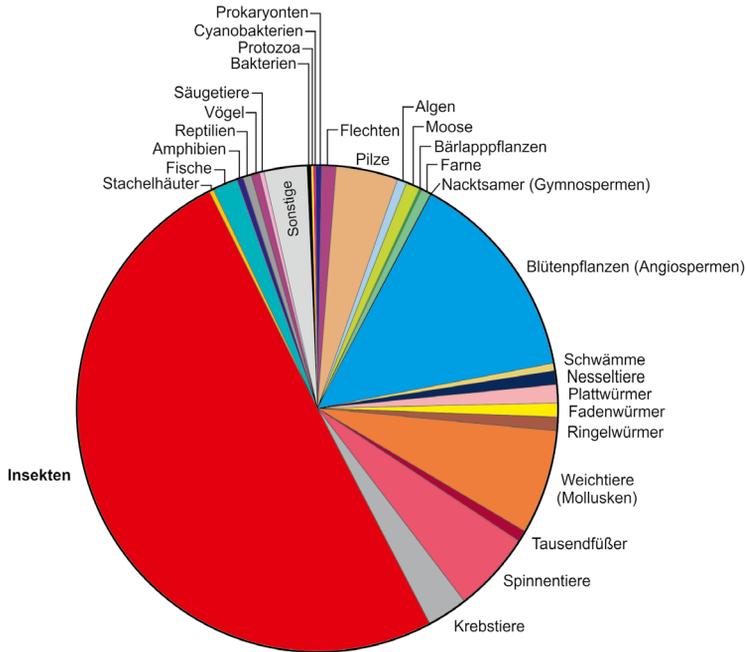


Abbildung 2: Kreisdiagramm zur rezenten Artenvielfalt. Der Artenreichtum der einzelnen Gruppen ist sehr unterschiedlich. Die Sektorengöße bezieht sich auf die Anzahl der beschriebenen Arten. Die Insekten sind nicht nur die artenreichste Klasse der Tiere, sondern der Lebewesen überhaupt. Eigene Abbildung nach Zahlen von Chapman (2009).

Apokalyptische Prognosen nicht nur zum Insektensterben, sondern auch zu dessen Konsequenzen gibt es also schon länger. Woran liegt es dann, dass die Prognosen zum Insektensterben nicht ernst genommen werden? Im Alltag werden viele Insekten meist als lästig empfunden. Aus menschlicher Sicht werden die Insekten gerne in „Nützlinge“ und „Schädlinge“ unterteilt. Als Bestäuber von Blüten werden sie in der Regel positiv wahrgenommen. Mehr als 80 % aller Blütenpflanzen werden von Insekten bestäubt (Buchmann & Nabhan 1996), auch die meisten unserer Nutzpflanzen-Arten (Corbet et al. 1991, Aizen et al. 2009); aber alle Süßgräser (Getreide, Reis, Mais) sind windbestäubt und daher nicht auf Insekten angewiesen. Aber Insekten sind auch für den Stoffumsatz in allen terrestrischen Ökosystemen (mit-) verantwortlich. Sie können regelrecht als Regulatoren der Nährstoff- und Energieflüsse bezeichnet werden. So sind sie (mit-) verantwortlich für den Abbau von Blättern und totem Holz; auch Kadaver und Kot werden von spezialisierten Insekten wie Schmeiß- und Fleischfliegen und Aaskäfern besiedelt und verwertet. Ohne die Arbeit dieser Insekten hätten wir keine Freude an einem Waldspaziergang, weil alles voll mit Tierkadavern wäre. Fehlen die Insekten/Arthropoden, dann sind auch Nahrungsketten in Gefahr. 60 % der heimischen Vögel

ernähren sich hauptsächlich von Insekten/Arthropoden. Außerdem stellen Insekten die Hauptnahrung für Fledermäuse, Spinnen und viele Amphibien und Reptilien. Werden Blüten nicht mehr bestäubt, dann gibt es keine Früchte und Samen mehr, die die Nahrungsgrundlage für viele Tiere bilden. Dann fehlen neue Pflanzen als Lebensraum für Tiere. Im Unterwuchs des Buchenwaldes spielen Ameisen als Ausbreiter von Samen und Früchten eine große Rolle (mehr als 30 % der Pflanzen im Unterwuchs werden von Ameisen ausgebreitet).

Einige Insekten kann man regelrecht als Nutztiere bezeichnen, allen voran die Honigbiene. Honigbienen werden vom Menschen seit Jahrtausenden als „Haustiere“ gehalten und längst auch züchterisch bearbeitet. Die Haltung der Honigbiene durch den Menschen (heute das drittwichtigste Nutztier) ist in etwa so alt wie die Kultivierung von Olivenbäumen (in Olivenhainen) für die Gewinnung von Öl (seit etwa 6000–7000 Jahren im Ost-Mediterranraum). Zu nennen wären auch Schlupfwespen zur biologischen Schädlingsbekämpfung oder die Raupen des Seidenspinners zur Seidengewinnung; in letzter Zeit vermehrt in den Fokus gekommen sind die Speiseinsekten, von denen schon etwa 500 Arten weltweit für die menschliche Ernährung genutzt werden (derzeit gibt es als alternative Proteinquelle in der EU vier zugelassene Insekten für den Lebensmittelbereich). Auch nicht zu vergessen sind die Schildläuse zur Produktion von Farbstoffen (Karmin aus der Cochenilleschildlaus) und Lacken (Schellack aus der Lackschildlaus). Als negativ werden natürlich die Schädlinge unter den Insekten wahrgenommen, etwa als Parasiten am Menschen oder an seinen Haustieren, als Überträger von Krankheiten (z. B. Anopheles-Mücke: Malaria, Tsetse-Fliege: Schlafkrankheit) oder als „Ungeziefer“ an Nutz- und Zierpflanzen.

Durch die Corona-Pandemie und weitere weltweite Krisen ist der Insektenschwund im Bewusstsein der Menschen etwas in den Hintergrund getreten, er findet aber weiter mehr oder weniger ungebremst statt und wird das Leben auf unserer Erde beeinflussen. Haben wir genauere Zahlen zum Insektenschwund?

1.1 Zahlen zum Insektenschwund

Lassen Sie uns mit den Zahlen aus einer Veröffentlichung beginnen (Sanchez-Bayo & Wyckhuys 2019), zu der die Autoren mehr als 70 Studien auswerteten. Ihre Hauptaussage ist: Fast die Hälfte der Insektenpopulationen weltweit ist im steten Schwinden begriffen. Die Gesamtzahl der Insekten nimmt um 2,5 Prozent pro Jahr ab. Die genannten Autoren schlussfolgern, dass, falls die Verluste nicht aufgehalten werden können, dies nicht nur katastrophale Folgen für die Ökosysteme weltweit, sondern auch für das Überleben der Menschheit haben werde. Aus den vorgelegten Zahlen lässt sich die, etwas provokante, Frage ableiten: Sind alle Insekten in 100 Jahren ausgestorben?

Damit politische Entscheidungsträger (und auch eine interessierte Öffentlichkeit) sich leichter mit der Datenlage vertraut machen können, wurde 2012 der Weltbiodiversitätsrat IPBES (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*)¹ als ein zwischenstaatliches Gremium gegründet, mit der Aufgabe der wissenschaftlichen Beratung der Politik in den Bereichen biologische Vielfalt und Ökosystemleistungen. Kernergebnisse des ersten thematischen Berichts (IPBES 2016) mit dem Schwerpunkt Bestäuber, Bestäubung und Nahrungsmittelproduktion waren beispielsweise, dass einerseits die Produktion vieler hochwertiger pflanzlicher Lebensmittel, insbesondere Obst und Gemüse, von der Blütenbestäubung abhängt, andererseits aber seit einigen Jahren in vielen Regionen der Welt ein dramatischer Rückgang der Blütenbestäuber zu verzeichnen ist. Im ersten globalen Bericht (IPBES 2019), der Biodiversität und Ökosystemleistungen zum Inhalt hatte, wurden auf globaler Ebene die in den vergangenen fünfzig Jahren eingetretenen Veränderungen der Biodiversität bewertet. Kernaussagen waren beispielsweise: „Die biologische Vielfalt und die Leistungen von Ökosystemen² wie Nahrung, sauberes Wasser und Medizin sind für das Überleben der Menschheit essenziell.“ Rund eine Million Tier- und Pflanzenarten gelten als vom Aussterben bedroht. Für mehr als 500.000 Arten wird der Begriff „*dead species walking*“ geprägt für Arten, die noch nicht ausgestorben sind, aber deren stark veränderten und/oder verkleinerten Lebensräume langfristig keine Chance zum Überleben bieten, so dass sich diese Arten am Rande des Aussterbens befinden. Schon ausgestorben sind seit dem 16. Jahrhundert mindestens 680 Wirbeltierarten. Laut IPBES-Bericht (2019) bestehe aber Unsicherheit bei den Insekten, es lasse sich der Anteil der bedrohten Arten schlecht „abschätzen“. Aber ist es an dieser Stelle wichtig, die Artenzahl zu kennen? Ist die Artenzahl von Bedeutung? Oder geht es nicht vielmehr um die Gesamtheit der Insekten? (siehe weiter unten).

Aber interessant ist, dass es letztlich dann doch um die Ökonomie geht. Wenn es an den eigenen Geldbeutel geht, dann horchen alle auf. Der IPBES-Bericht (2019) greift nämlich Zahlen auf, die schon im Jahr zuvor durch die Presse gingen. Man hat (für das

- 1 Der Sitz des Sekretariats ist in Bonn; Deutschland ist der größte Geldgeber; aktuell sind fast 140 Staaten Mitglied von IPBES. „Der Weltbiodiversitätsrat sammelt weltweit wissenschaftliche Daten, analysiert diese und zeigt politische Handlungsmöglichkeiten zum Schutz der biologischen Vielfalt auf. Der Rat selbst führt keine eigenen Forschungsarbeiten durch. Seine Kernaufgabe ist die Erstellung von Berichten über den aktuellen Zustand und Wissensstand zur biologischen Vielfalt und der Leistungen, die Ökosysteme für die Menschen erbringen.“ (siehe <https://www.bmu.de/WS4356>).
- 2 Der Begriff der Ökosystemleistung (es wird auch von Ökosystemdienstleistung gesprochen) bezeichnet die „Nutzenstiftungen“ oder Vorteile („*benefits*“), die Menschen von Ökosystemen beziehen (*Millennium Ecosystem Assessment 2003*); er ist ein Schlüsselbegriff an der Schnittstelle von natur- und sozialwissenschaftlicher Umweltforschung.

Jahr 2015) errechnet, dass der Verlust von bestäubenden Tieren³ die Nahrungsmittelproduktion im Wert von 235 bis 577 Milliarden US-Dollar pro Jahr bedroht (die große Spanne ergibt sich aus Datenlücken vor allem in den Entwicklungsländern). Auch für die EU und Deutschland⁴ ist der Geld-Wert der bestäubungsabhängigen Produktion (Bestäubung von Kulturpflanzen durch Insekten) hochgerechnet worden: für die EU jährlich 14,6 Milliarden EUR (entspricht einem Anteil von 12 % des durchschnittlichen Jahresgesamtgewinns aus der Ernte von Kulturpflanzen), für Deutschland 1,13 Milliarden Euro (Leonhardt et al. 2013).

Als Datengrundlage für den Insektenschwund in Deutschland wird immer wieder die sog. „Krefelder Studie“ (Sorg et al. 2013) herangezogen. Ehrenamtliche Entomologen haben zwischen 1989 und 2015 an über 60 Standorten Insekten mit automatischen Fallen gesammelt und ausgewertet: Es ist ein Verlust an Biomasse bei Fluginsekten von mehr als 75 Prozent zu verzeichnen. Eine wissenschaftliche Auswertung der Erhebungen zur Entwicklung der Insektenbestände hat die Ergebnisse bestätigt (Hallmann et al. 2017). Die drastischen Biomasseverluste bei Fluginsekten gehen einher mit den bekannten Rückgängen von Artengruppen wie Wildbienen, Tag-Schmetterlingen und Nachtfaltern; sie betreffen nicht nur seltene und gefährdete Arten, sondern alle Insekten. Eine weitere Studie (Seibold et al. 2019) zeigte, dass der Insektenrückgang noch weitreichender ist als vermutet. Standardisiert wurden 150 Grünlandflächen und 140 Waldflächen in 3 Regionen Deutschlands (Thüringen, Brandenburg, Schwäbische Alb) untersucht. Auf vielen Flächen fanden sich nach zehn Jahren etwa ein Drittel weniger Insektenarten als zuvor. Der Rückgang wurde sowohl im Wald als auch im Grünland beobachtet. Die Biomasse der Insekten ist seit 2008 in den untersuchten Wäldern um 40 %, im Grünland um 60 % zurückgegangen. Der größte Schwund war auf von Ackerland umgebenen Grünlandflächen zu verzeichnen (Seibold et al. 2019).

Es ist schwierig, verbindliche Aussagen zum globalen Insektenschwund zu treffen, da die Datenlage regional sehr unterschiedlich ist. Die Autoren der oben zitierten Studie (Sanchez-Bayo & Wyckhuys 2019) rechnen den weltweiten Rückgang hoch, aber sie legen auch dar, dass die meisten Studien aus Europa und den USA stammen. Für Australien und China gibt es nur Studien zur Honigbiene. Aus den Daten für Deutschland (Hallmann et al. 2017) errechnen die Autoren einen durchschnittlichen Verlust an

- 3 Achtung: Der Original-Bericht spricht von „*animal pollination*“, also Tierbestäubung, die nicht gleichzusetzen ist mit Insektenbestäubung, obwohl letztere den größten Anteil stellt. In den Medien wurde dann einfach von „Bestäuberinsekten“ gesprochen/geschrieben, oder sogar nur von „Bienen“.
- 4 Der ökonomische Nutzen ist vermutlich aber noch weit höher als angenommen. Nach neuen Schätzungen beträgt der volkswirtschaftliche Nutzen erzielt durch die Bestäubung durch Tiere im Mittel in Deutschland 3,8 Milliarden Euro pro Jahr, weltweit 1 Billion US-Dollar (Lippert et al. 2021).

Insektenbiomasse von 2,8 % pro Jahr. Ähnliche Werte wurden auch in Regenwäldern auf Puerto Rico gefunden: Biomasseverluste von 61 % bis 98 % für am Boden und in den Baumkronen lebende Arthropoden über einen Zeitraum von 36 Jahren (Lister & Garcia 2018). Hier zeigten sich in denselben Gebieten parallele Rückgänge bei Vögeln, Fröschen und Eidechsen als Folge von Nahrungsknappheit durch fehlende Arthropoden. Eine Länder übergreifende Studie bestätigt zwar den Trend des Insektenschwunds, aber es gibt regional große Unterschiede. Außerdem gibt es auch einen positiven Trend: Vor allem im Süßwasser lebende Insekten wie Libellen und Köcherfliegen haben sich etwas erholt (teilweise Zunahme der Abundanz um 1,08 % pro Jahr). Zurückgeführt wird dies auf verschärfte Wasserschutzmaßnahmen (van Klink et al. 2020).

Besorgniserregend aber bleibt, dass die deutsche Langzeitstudie einen stetigen Abwärtstrend über fast drei Jahrzehnte aufzeigt. Es reicht also nicht, die fehlenden Daten aus anderen Ländern alleine zu ermitteln und über die Komplexität der Nahrungsketten weiter zu forschen, sondern parallel muss dem stattfindenden Insektenschwund zeitnah entgegengearbeitet werden. Um den Nutzen von Maßnahmen zu erfassen, ist dann natürlich auch ein fortwährendes Monitoring erforderlich.

1.2 Gründe für den Insektenschwund

Aus vielen Beiträgen zu diesem Thema kristallisieren sich einige Haupttreiber für den Insektenschwund heraus (siehe z. B. IPBES 2016, 2019, Sanchez-Bayo & Wyckhuys 2019), die sicherlich unterschiedlich stark zum Insektensterben beitragen (Abb. 3).

1.2.1 Intensive Landwirtschaft

Dass die intensiven Formen der Landbewirtschaftung wie monotone Agrarlandschaften, der hohe Düngereinsatz und der Einsatz von Pestiziden (Substanzen, die unerwünschte Organismen in der Landwirtschaft beseitigen) negative Folgen für die Insekten haben, ist unbestritten. Monokulturen bieten oft keine Nahrungsangebote und auch keine Nistangebote für Insekten. Aber auch im naturnahen und im städtischen Bereich werden Fehler gemacht. Zu häufiges Mähen oder Mulchmähen sind ein großes Problem. Rasen, Grünstreifen, Wiesen und Parkanlagen werden ständig beschnitten, die Blühpflanzen zu früh abgemäht. In diesen ausgeräumten Landschaften finden Insekten oft nicht mehr genügend Nahrung. Auch der hohe Düngereinsatz macht Probleme: Je mehr Dünger eingesetzt wird, desto weniger Wildkräuter kommen auf. Dies gilt auch

für die Biodüngung durch Gülle. Auch sie verändert die Nährstoffzusammensetzung im Boden und dadurch ändert sich die Pflanzenzusammensetzung.

In besonderem Maße beeinflussen Herbizide die Qualität der Lebensräume. Großflächig und häufig eingesetzte Breitbandherbizide wie Glyphosat vernichten die Ackerwildkrautvegetation und damit die Nahrungsgrundlage für viele Insekten. Glyphosat, das wohl meistverkaufte Pestizid, vernichtet alle Pflanzen, die nicht gentechnisch so verändert wurden, dass diese den Einsatz überstehen.⁵ Glyphosat (aus der Gruppe der Phosphonate) galt als ein insektenschonendes Unkrautvernichtungsmittel: Es greift ein Enzym an, das es nur in Pflanzen und Bakterien gibt, weshalb es Tiere nicht schädigen könne – so die Argumentation der Hersteller. Aber im Bienendarm gibt es Darmbakterien, und die Darmflora der Bienen wird durch Glyphosat angegriffen: Die Zahl der Bakterien geht unter der Einwirkung von Glyphosat zurück, und die Bienen werden dadurch anfälliger für tödliche Infektionen (Motta et al. 2018).

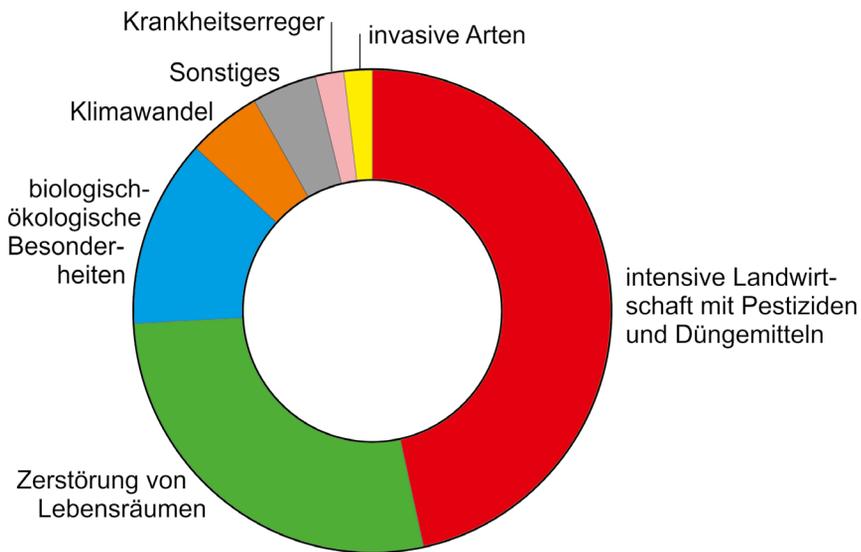


Abbildung 3: Kreisdiagramm der wesentlichen Faktoren, die zum Insektenschwund beitragen (eigene vereinfachte Darstellung basierend auf den Daten von Sanchez-Bayo & Wyckhuys 2019).

- 5 Die EU-Kommission hat die Zulassung von Glyphosat letztes Jahr um weitere zehn Jahre verlängert (es ist damit bis Dezember 2033 zugelassen, obwohl laut WHO wahrscheinlich krebserregend beim Menschen; diese Aussage wird wissenschaftlich aber kontrovers diskutiert).

1.2.2 Bedeutung der Insektizide, besonders der Neonicotinoide

Neonicotinoide („neue Nicotin-artige Insektizide“) sind eine Gruppe von hochwirksamen, synthetisch hergestellten Insektiziden zur Kontrolle von bohrenden Schädlingen wie Blattläusen, Mottenschildläusen, Zwergzikaden, Spitzkopfizikade und Fransenflüglern und beißenden Schädlingen wie Käfer und die Raupen von Kleinschmetterlingen. In den 1990er Jahren erstmalig eingesetzt, sind die Neonicotinoide heute die am weitesten verbreitete Insektizid-Klasse der Erde. In mehr als 120 Ländern zugelassen, lag der weltweite Umsatz 2018 bei 56,5 Milliarden Euro – Tendenz steigend (Insektenatlas 2020).⁶

Obwohl in der EU inzwischen vier Neonicotinoide (Clothianidin, Imidacloprid, Thiamethoxam, Thiacloprid) für den Einsatz im Freiland verboten sind (sie dürfen künftig nur noch in dauerhaften Gewächshäusern verwendet werden; seit 2023 hat der Europäische Gerichtshof auch Notfallzulassungen untersagt), gibt es keine Entwarnung, da die chemische Industrie nicht schläft. Mittlerweile gibt es andere Neonicotinoide (z.B. Acetamiprid), die ohne Einschränkung eingesetzt werden dürfen. Es sind auch neue Stoffgruppen entwickelt und zugelassen worden, die ebenfalls als bienengefährlich gelten. Nun ist die Wissenschaft wieder gefordert, die Schädlichkeit eindeutig zu belegen, um Verbote einzuleiten (Cyantraniliprol: Chandrakmara et al 2022, Flupyradifuron: Boff & Ayasse 2023, Sulfoxaflor: Capela et al 2022).

Neonicotinoide wirken in der Pflanze systemisch. Was bedeutet das? Von einer Pflanze aufgenommen, werden sie in alle Teile der Pflanze verteilt. Sie finden sich dann in den Wurzeln, Blättern, Blüten sowie in den Pollenkörnern und im Nektar und schließlich auch im Wasser, das Pflanzen über ihre Blätter durch Guttation abgeben (Abb. 4a). Alle Tiere, die Blätter der behandelten Pflanze fressen, deren Guttationswasser und Nektar trinken oder Pollenkörner sammeln (dadurch kommen Neonicotinoide auch in den Honig!), kommen mit dem Gift in Kontakt und haben es später in ihrem Körper. So kann zum Beispiel eine Rapsblüte, die gar nicht direkt mit dem Gift behandelt wurde, zur Gefahr für Bestäuber werden (Abb. 4 b–c), wenn der Rapsamen vor der Aussaat mit Neonicotinoiden gebeizt⁷ wurde. Hinzu kommt noch ein anderer Aspekt. Es werden der Pflanze bei der Beize eigentlich viel zu viel von den Neonicotinoiden mitgegeben. Da diese wasserlöslich sind, gelangen üblicherweise 95% der Neonicotinoide direkt in den Boden und in das Grundwasser. Studien zu

6 Weltweit werden in Asien pro Hektar die meisten Pestizide ausgebracht, insbesondere in China (das Dreifachen des globalen Durchschnitts). Auf Asien folgt Amerika (USA, Brasilien, Argentinien). In Afrika sind es nur etwa zwei Prozent der weltweiten Menge (Insektenatlas 2020).

7 Beim Beizen werden schon die Samen mit den Neonicotinoiden überzogen. Neben Getreide-, Mais- und Rapssaatgut werden auch Kartoffelknollen und das Saatgut einiger Gemüsearten (Möhren, Zwiebeln) gebeizt.

Halbwertszeiten von Neonicotinoiden im Boden haben gezeigt, dass sie bis zu vier Jahren, stark abhängig von Wirkstoff und Bodentyp, im Boden verbleiben können (Goulson 2013). Es hat sich auch gezeigt, dass sich die Neonicotinoide im Boden anreichern können und noch Jahre nach einem letztmaligen Ausbringen in den Pollenkörnern auch von Wildpflanzen präsent sind (Zioga et al. 2023).

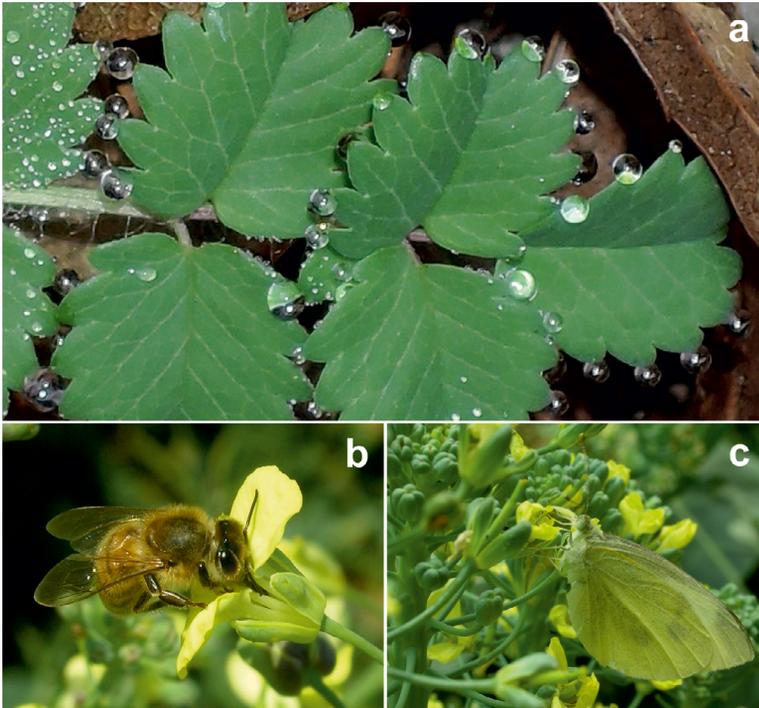


Abbildung 4: Flüssige Pflanzenausscheidungen, die von Tieren aufgenommen werden, können mit Neonicotinoiden kontaminiert sein. – a, Guttationstropfen an den Fiederblättchen des Kleinen Wiesenknopfs (*Sanguisorba minor*, Rosaceae; näheres zu Guttation siehe Erbar & Leins 2022). – b–c, Honigbiene (*Apis mellifera*, b) und Kleiner Kohlweißling (*Pieris rapae*, c) beim Nektarsaufen an Brokkoli-Blüten (*Brassica oleracea* convar. *botrytis* var. *italica*).

Bildquellen: Eigene Aufnahmen.

Neonicotinoide sind Nervengifte, die an den nikotinischen Acetylcholin-Rezeptor (nAChR)⁸ binden und so die Weiterleitung von Nervenreizen stören (Abb. 5).

8 nAChR sind Rezeptoren in der Membran von Nervenzellen und Muskelfasern, die den Neurotransmitter Acetylcholin (Ach) binden. Die Aktivierung kann aber auch durch Nikotin und ähnliche, sog. nikotinerge Substanzen erfolgen.

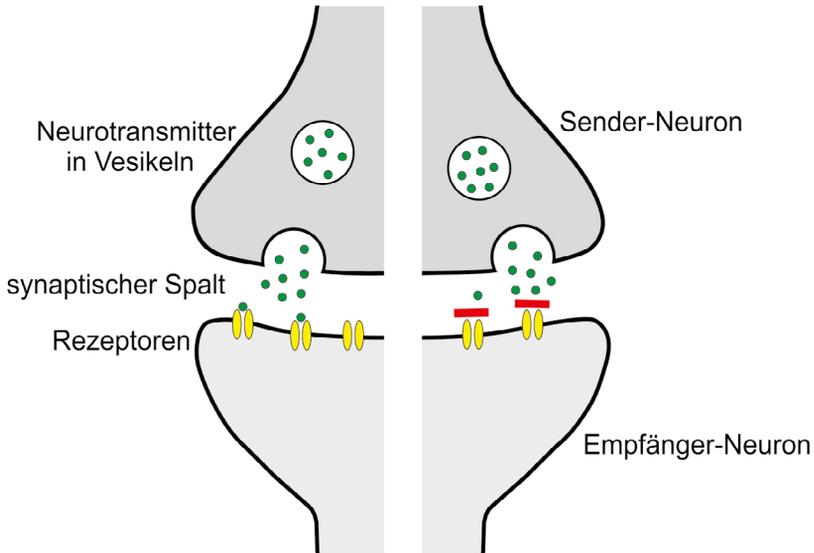


Abbildung 5: Schematische Darstellung einer Synapse. Synapsen sind die Kontaktstellen zwischen den Nervenzellen (auf Erregungsleitung und -übertragung spezialisierte Zellen), den Neuronen. Eine Synapse besteht aus dem Ende eines Sender-Neurons und dem synaptischen Spalt, der das Sender- von einem Empfänger-Neuron trennt. In den Synapsen werden die Signale in Form von Botenstoffen (Neurotransmitter) auf andere Nervenzellen übertragen. Dabei werden die aus dem Sender-Neuron eintreffenden elektrischen Impulse in chemische Signale umgewandelt: Die Signalmoleküle, die in kleinen Membranschlüsseln Vesikeln gespeichert sind, werden in den synaptischen Spalt ausgeschüttet. Auf der anderen Seite des synaptischen Spaltes treffen die Botenstoffe auf jeweils passende Andockstellen in der Membran des Empfänger-Neurons, die die elektrischen Eigenschaften dieser Membran verändern (linke Seite der Schema-Zeichnung). Ein häufiger Transmitter ist das Acetylcholin. Neonicotinoide blockieren irreversibel die Acetylcholin-Rezeptoren in der Membran des Empfänger-Neurons (im rechten Schema-Teil als rote Balken dargestellt) und unterbrechen damit die Signalübertragung zwischen den Nervenzellen. Bildquelle: Eigene Zeichnung.

Sehr gut bekannt sind mittlerweile die Folgen der Neonicotinoid-Aufnahme im Insektenhirn (Menzel et al. 2012, Degen et al. 2015, 2016, Menzel & Tison 2019). Die blockierende Wirkung hält lange an, weil sie nicht vom Enzym Acetylcholinesterase abgebaut werden, sondern über langsamer arbeitende andere Enzyme. Die komplexen Verhaltenssteuerungen finden im Insektengehirn über nikotinsche Acetylcholin-Rezeptoren in den sog. Pilzkörpern statt. Bei höheren Dosen sind die Neonicotinoide sogar tödlich (~ vier Milliardenstel Gramm pro Biene; 1 Teelöffel mit 5 g Imidacloprid reicht, um 1,25 Milliarden Bienen zu töten; siehe z.B. Pestizidatlas 2022). Niedrige, ja sogar sehr niedrige Dosen stören die Gehirnprozesse wie Wahrnehmen, Lernen, Erinnern,

Orientieren, Navigieren und Kommunizieren. Der Neurobiologe Randolph Menzel (2018) spricht von „Insekten-Alzheimer“. Die Störungen sind vielfältig: Honigbienen unternehmen weniger Sammelflüge, brauchen länger um in den Bienenstock zurückzufinden oder kehren gar nicht mehr heim, die Tanzkommunikation wird gestört (z.B. Menzel & Tison 2019). Es gibt immer mehr Hinweise darauf, dass viele wildlebende Insekten sogar noch empfindlicher reagieren als Honigbienen (Hayward et al. 2019). Wir dürfen nämlich nicht außer Acht lassen, dass Biene nicht mit Honigbiene gleichzusetzen ist. In Deutschland gibt es aktuell etwas mehr als 560 Wildbienen-Arten, weit mehr als die Hälfte gilt als gefährdet (Scheuchl et al. 2023). Viele sind als Bestäuber effizienter als die Honigbiene. Bei Hummeln wurden Störungen des Paarungsverhaltens und der Fortpflanzungsfähigkeit nachgewiesen (Baron et al. 2017, Wintermantel et al. 2018). Sie werden sogar abhängig von Neonicotinoiden, vergleichbar mit der Nicotin-Abhängigkeit von Rauchern: Im Wahlversuch wählen sie den mit Neonicotinoid versetzten Nektar (Arce et al. 2018). Außerdem lassen Neonicotinoide die Hummeln zu langsam mit den Flügeln schwirren (Whitethorn et al. 2017). Dies beeinträchtigt etwa die Vibrations-Bestäubung von Tomatenblüten.⁹ Vögel sind nicht nur durch fehlende Insekten-Nahrung betroffen, sondern Neonicotinoide sind auch direkt für den Rückgang von Singvögeln verantwortlich (Eng et al. 2019). Auch Spatzenfedern sind mit Neonicotinoiden belastet (Humann-Guilleminot et al. 2019). Und die Liste der Schädigungen könnte noch verlängert werden.

Umstritten war lange, ob Neonicotinoide auch für Wirbeltiere und den Menschen giftig sind. Immer wieder wurde angegeben, dass sie auf die Nervenzellen von Insekten weit stärker wirken sollen als auf die Nerven von Wirbeltieren (z. B. Tomizawa et al. 2000, Casida 2018). Einige Untersuchungen zeigten dann auf, dass Säugetiere auch Schädigungen aufwiesen (z. B. Abou-Donia et al. 2008, Burke et al. 2018, Berheim et al. 2019, Thompson et al. 2020). Nun hat sich in Zellkulturtests gezeigt, dass auch menschliche Nervenzellen auf die Neonicotinoide reagieren (Imidacloprid und vor allem dessen Abbauprodukte binden an nikotinische Acetylcholinrezeptoren; Loser et al. 2021a, b). Für negative Effekte reichen die Konzentrationen, wie sie durch Verzehr von behandeltem Obst und Gemüse im Körper entstehen können. Zwar ist das Neonicotinoid selbst inzwischen in der EU verboten, aber importierte Nahrungsmittel (für Äpfel, Tomaten, Auberginen und Kartoffeln nachgewiesen) können jedoch weiterhin belastet sein (Loser et al. 2021b).

9 In Tomaten-Blüten stehen Poren-Antheren (Staubbeutel) eng zusammen und bilden einen herabhängenden Streukegel; aus diesen werden Pollen effektiv nur bei einer bestimmten Schwingung freigesetzt. (Wild-) Bienen und Hummeln (aber nicht die Honigbiene) können mit der Flugmuskulatur Vibrationen erzeugen und diese Schwingungen mit ihren Beinen auf die Staubbeutel übertragen.

Dabei stehen Alternativen zur Verfügung. Als Ersatz für das chemische Beizen von Getreide-Saatgut mit Neonicotinoiden kommt z.B. die sichere und nachhaltige Elektronenbehandlung in Frage (z.B. Fraunhofer Institut 2022). Zur Reduzierung von Schädlingen werden bei der biologischen Schädlingsbekämpfung lebende Organismen eingesetzt, was aber auch nicht immer unproblematisch ist. Das Einbringen einer fremden Art in ein Ökosystem kann zu dessen Störung beitragen, wie der Asiatische Marienkäfer (*Harmonia axyridi*) eindrucksvoll belegt. Als dafür eingebrachtes „biologisches Insektizid“ verspeist er zwar mehr Blattläuse am Tag als der heimische Siebenpunkt-Marienkäfer (*Coccinella septempunctata*), ist aber zur invasiven Art geworden (siehe weiter unten zur Problematik unter 1.2.5), die den heimischen Verwandten verdrängt. Das am meisten eingesetzte Biospritzmittel überhaupt ist ein Boden-Bakterium (*Bacillus thuringiensis*). Seine Sporen produzieren ein Protein, das im Darm bestimmter „Schädlingsraupen“ (z.B. des Kohl-Weißlings) als tödliches Gift wirkt. Einige Stämme dieses Bakteriums aber können sog. „Darmgifte“ produzieren, die beim Menschen starke Durchfälle verursachen (Donner 2014). Auch bei der biologischen Schädlingsbekämpfung muss mit Augenmaß vorgegangen werden.

1.2.3 Zerstörung und Fragmentierung von Lebensräumen

Neben der Intensivierung der Landwirtschaft mit Pestiziden und Düngemitteln ist die Vergrößerung von Flächen für Siedlungen, Industrie und Verkehr ein entscheidender Grund (Abb. 3) für die Zerstörung von Lebensräumen für Insekten und Pflanzen. Hecken und artenreiche Wiesen, Bäume und Sträucher, Ackerränder und Brachen gehen verloren.¹⁰ Neben der Nahrungsgrundlage fehlen dann Versteck- und Nistmöglichkeiten (nicht nur für die Bienen). Manche Solitärbiene benötigen etwa löchriges Totholz oder unbewachsene, sandige Stellen am Boden für ihre Nester. Viele Spezialisten sind auf eine oder wenige bestimmte Pflanzenarten als Nahrungsquelle angewiesen.

Zu der Zerstörung von Lebensräumen und dem Flächenverbrauch kommt noch ein weiteres, verstärkendes Problem hinzu, nämlich die Fragmentierung von Lebensräumen. Fragmentierung von Lebensräumen bedeutet Landschaftszerschneidung etwa durch eine Autobahn oder eine Agrarwüste oder im Wald durch eine Windkraftanlage

¹⁰ In Deutschland betrug von 2014 bis 2017 der tägliche Flächenverbrauch für Siedlungs- und Verkehrszwecke 58 Hektar (entspricht rund 81 Fußballfeldern). Das Ziel für 2020 waren 30 Hektar (42 Fußballfelder pro Tag). Aber es waren 55 Hektar, die 2021 verbraucht wurden (Statistisches Bundesamt 2023). Auf unter 30 Hektar pro Tag soll der Flächenverbrauch bis 2030 reduziert werden, spätestens bis 2050 soll der Übergang zur Flächenkreislaufwirtschaft, d.h. das Netto-Null-Ziel, erreicht werden (Die Bundesregierung 2017: Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie).

(die zudem auch viele Fluginsekten direkt tötet). Solche Schneisen wirken für viele Tier- und Pflanzenarten als „Barrieren“ und verkleinern, zerteilen und isolieren deren Lebensräume. Diese „Barrieren“ behindern den genetischen Austausch zwischen getrennten Populationen einer Art. Letztlich verkleinert sich der Genpool, d.h. eine genetische Verarmung tritt ein. Das führt dann wiederum zu einer sinkenden Anpassungsfähigkeit und gefährdet letztlich die Biodiversität.

Auch durch Lichtschneisen werden Insekten in ihrer Ausbreitung gebremst und dadurch wird der genetische Austausch zwischen Insektenpopulationen ebenfalls eingeschränkt (Grubisic et al. 2018). Durch die Lichtverschmutzung sind natürlich hauptsächlich nachtaktive Insekten betroffen, die auf das natürliche nächtliche Licht von Mond und Sternen angewiesen sind zur Orientierung, Nahrungssuche, Vermeidung von Räubern und bei der Suche nach Fortpflanzungspartnern. Eine künstlich erhellte Nacht stört das natürliche Verhalten. Fluginsekten werden von künstlichen Lichtquellen angezogen, regelrecht im Licht gefangen gehalten und sterben dann an Erschöpfung oder als leichte Beute von Fressfeinden (z. B. Grubisic et al. 2018).

1.2.4 Klimawandel

Klimawandel und Verlust an biologischer Diversität sind schwerwiegende Folgen unserer Eingriffe in die Natur. Auf das große Thema Klimawandel möchten wir nur mit einigen wenigen Beispielen aus dem Bereich der Blütenökologie eingehen.

Die Erwärmung führt unter anderem dazu, dass viele Pflanzen früher blühen als noch vor wenigen Jahrzehnten (Abb. 6). Die Auswertung über einen längeren Zeitraum zeigt, dass der phänologische Frühling in Deutschland im Jahr 2012 fast zehn Tage früher einsetzte als im Jahr 1951. Seit Ende der 1980er Jahre häufen sich besonders frühe Eintrittstermine. Da im Gegenzug der Winter später einsetzt, verlängerte sich die Vegetationsperiode im Zeitraum von 1951 bis 2012 um 15 Tage (Holz et al. 2011). Eine verlängerte Vegetationsperiode kann verschiedene Auswirkungen auf die Pflanzen- und Tierwelt haben, die wir in ihrer Komplexität aber noch nicht verstehen. Die phänologischen Verschiebungen könnten das zeitliche Zusammenspiel zwischen Organismen beeinflussen, beispielsweise Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und ihren Bestäubern oder Räuber-Beute-Beziehungen. Durch die frühere Blühzeit vieler Pflanzen passen die Rhythmen von Insekten und Pflanzen eventuell nicht mehr zueinander.

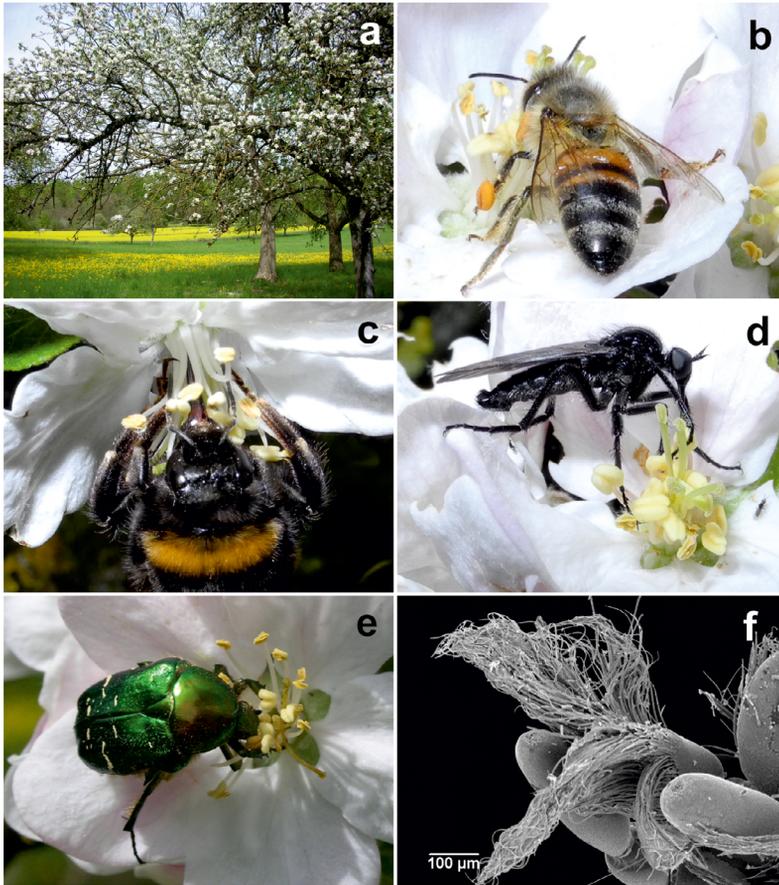


Abbildung 6: Der Beginn der Blüte des Kultur-Apfels (*Malus domestica*) markiert den Beginn des Vollfrühlings. – a, Apfelblüte auf einer Streuobstwiese im Kraichgau. – b–e, Bestäuber der Apfelblüten. – b, Honigbiene (*Apis mellifera*), die aber gerne von reichlich blühenden Raps-Feldern (a) abgelenkt wird. – c, Wildbienen und Hummeln (im Bild die Dunkle Erd-Hummel *Bombus terrestris*) sind aber weitere effiziente Bestäuber von Apfelblüten. Speziell die Hummeln fliegen auch bei wesentlich ungünstigeren und kälteren Witterungsbedingungen aus als Bienen. – d, Die auf Wiesen lebende Schwarze Tanzfliege (*Empis ciliata*) ernährt sich von Pollen und Nektar und kommt vielfach als Bestäuber in Frage. – e–f, Goldglänzender Rosenkäfer (*Cetonia aurata*). – e, Der Rosenkäfer kann mit seinen beißend-kauenden Mundwerkzeugen auch Blüten beschädigen und scheint mit seiner glatten Außenseite weniger für einen Pollentransport geeignet (obwohl klebrige Pollenkörner auch an glatten Oberflächen haften können). – f, Die rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Teils der Mundwerkzeuge zeigt, dass der Rosenkäfer an Fortsätzen des Unterkiefers (Galeae) einen regelrechten Pollenbesen besitzt. Da die Haare von einer Flüssigkeit überzogen sind, kann der Rosenkäfer mit seinem „feuchten Wischmopp“ nicht nur effektiv Pollenkörner aus den Staubbeutel für den Eigenbedarf herauskehren, sondern auch – zufällig – auf die Narben der Fruchtblätter abstreifen.

Bildquellen: Eigene Aufnahmen.

Die Insekten finden dann nicht mehr die gewohnte Nahrung. Zusätzlichen Stress für die Insekten bringen milde Winter und lange Trockenperioden im Frühjahr und Sommer. In den Trockenphasen ist auch das Nahrungsangebot geringer. Klimaveränderungen lösen aber auch immer Zu- und Abwanderungen von Arten aus.



Abbildung 7: Graue Fleischfliege (*Sarcophaga carnaria*). – a–c, Auf dem Borstgras (*Nardus stricta*) nimmt sie mit ihrem Tupfrüssel Pollenkörner von den Narben (a–b) und den Halmen (c) auf. – d, Auf der Wald-Engelwurz (*Angelica sylvestris*, Apiaceae) erreicht die Fliege leicht den offen präsentierten Nektar. N = Narbe, Pfeile weisen auf den Tupfrüssel. Bildquellen: Eigene Aufnahmen.

In dem in Südtirol sehr heißen und trockenen Sommer 2022 konnten wir auf der Schwemmalm (oberhalb der Ortschaft Kuppelwies im Ultental) eine aufregende Beobachtung machen. Die sonst prächtig bunten Bergwiesen (auf etwa 2200 mNN) hatten sich Ende Juli regelrecht in ein Grau-Grün verwandelt. Es trotzten lediglich einige robuste Gräser (beispielsweise das Borstgras *Nardus stricta*) den trockenen Verhältnissen. In die unscheinbar blühenden Gräser „flüchteten“ immer wieder zahlreiche Fliegen (z.B. Fleischfliegen der Gattung *Sarcophaga*), die mit ihren leckenden Mundwerkzeugen die Pollenkörner auf den feuchten Narben (durch den Wind dorthin verfrachtet) aufnehmen (Abb. 7a, b). Auch an den Halmen und Spelzen im Bereich der Blütenstände befindet sich reichlich Pollen, der den Fliegen geboten wird (Abb. 7c).

Man kann von einer „Notversorgung in Krisenzeiten“ sprechen. Für die Gräser allerdings wird sich ein solches Zusammentreffen eher nachteilig aus. In normalen Zeiten finden wir Fleischfliegen, oft in großer Zahl, auf Blüten bzw. Blütenständen mit frei zugänglichen Nektarien (z.B. von Doldenblütlern, Apiaceae, Abb. 7d).

Nicht unerwähnt soll bleiben, dass seit der Entstehung der Erde vor ca. 4,6 Milliarden Jahren das Klima sich immer wieder änderte. Vor rund zweieinhalb Millionen Jahren begann eine Abkühlung der Erde und seitdem wechselten sich Warm- und Kaltzeiten in Zyklen ab. Klimaveränderungen verursachten immer Aussterben von Arten, lösten aber auch Tier- und Pflanzenwanderungen aus und führten zu Angepasstheiten an neue Umweltbedingungen und damit zur Entstehung neuer Arten. Aber der menschliche Anteil am momentanen Klimawandel beschleunigt die natürlichen Vorgänge und stellt für die Organismen einen zusätzlichen Stressfaktor dar.

1.2.5 Invasive Arten

Neben Landnutzungswandel, Lebensraumzerstörung durch Umweltverschmutzung und Klimaänderung gilt die Ausbreitung invasiver Arten global als eine Bedrohung heimischer Arten (Abb. 3). Laut IPBES-Berichten (2019, 2023) gibt es weltweit mehr als 37000 gebietsfremde Arten, mehr als 3500 davon gelten als invasiv. Eine eingeschleppte Art gilt nur dann als invasiv, wenn sie sich im neuen Gebiet fest etabliert hat und einheimische Arten und Ökosysteme bedroht.

Als gebietsfremde Arten (Neobiota), Pflanzen (Neophyten)¹¹ und Tiere (Neozoa), bezeichnet man Arten, die nach 1492 (das Datum wurde als Zäsur gewählt, da die Entdeckung Amerikas durch Columbus den globalen Handel einleitete) in Deutschland bzw. Europa, beabsichtigt oder unabsichtlich, eingeführt wurden und sich aufgrund geeigneter Umweltbedingungen in der freien Natur ansiedeln und ausbreiten konnten.

Nicht alle neu eingebürgerten Pflanzen sind problematisch. Die meisten Neophyten leben in friedlicher Koexistenz mit den heimischen Pflanzen und vergrößern sogar die Artenvielfalt. Ein Problem aber sind die sog. invasiven Neophyten. Sie sind so konkurrenzstark (oft stärker als in ihrem Herkunftsgebiet), dass sie heimische Pflanzen verdrängen. Man kann grob sagen, dass etwa 10 % der in Deutschland etablierten Neophyten invasiv sind.¹² Beispiele sind der Japanische Staudenknöterich (*Reynoutria*

11 Gebietsfremde Pflanzen aus früheren Zeiten, die etwa mit dem Beginn des Ackerbaus in der Jungsteinzeit (z. B. Klatsch-Mohn, Kornblume, Kornrade) oder durch den Handel der Römer (z. B. Esskastanie) zu uns kamen, werden als Archäophyten („Alt-Pflanzen“) bezeichnet.

12 In Deutschland kommen 3546 Blütenpflanzen-Arten vor; hinzu kommen etwa 400 etablierte Neophyten (Buttler et al. 2018).

japonica, Polygonaceae) und das Drüsige Springkraut (*Impatiens glandulifera*, Balsaminaceae), die jeweils großflächige, stark durchwurzelte, dichte Bestände bilden. Das Drüsige Springkraut findet an feuchten, nährstoffreichen Standorten optimale Bedingungen und verdrängt dann heimische Arten wie das Echte Mädesüß (*Filipendula ulmaria*, Rosaceae) und den Gewöhnlichen Blutweiderich (*Lythrum salicaria*, Lythraceae).

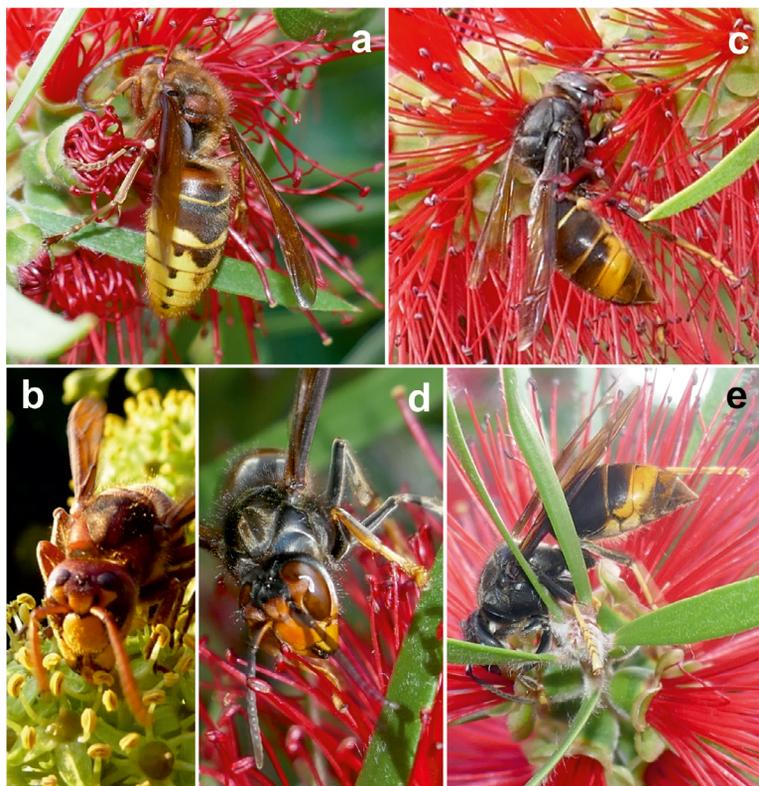


Abbildung 8: Europäische Hornisse (*Vespa crabro*) und Asiatische Hornisse (*Vespa velutina*) im Vergleich. – a–b, Die etwas größere Europäische Hornisse hat einen rötlich-braunen Vorderkörper, auf dem Hinterleib eine schwarze Zeichnung auf gelben Grund (wie bei vielen Wespenarten) und ein gelbes Kopfschild (Clypeus). – c–e, Die Asiatische Hornisse hat einen schwarzen Vorderkörper, einen dunklen Hinterleib mit gelben bis orangefarbenen Banden, ein orangefarbenes Kopfschild (d) und schwarze Beine mit gelben Füßen (Tarsen). Daher wird sie auch Gelbbeinige Hornisse genannt. – a, c–e, Beide Hornissen-Arten waren gleichzeitig im Botanischen Garten Heidelberg (8.10.2023) auf den Blütenständen des aus Australien stammenden Schmalblättrigen Zylinderputzers (*Melaleuca linearis*, Myrtaceae) auf Nektarsuche. – b, Die Europäische Hornisse auf den Blütenständen des Efeus (*Hedera helix*, Araliaceae), auf dem wir im Herbst 2023 auch die Asiatische Hornisse im Handschuhshheimer Feld beobachten konnten. Bildquellen: Eigene Aufnahmen.

Es wird befürchtet, dass von dem Klimawandel wärmeliebende, südliche (mediterrane) Arten sowie frostempfindliche (atlantische) Arten profitieren (Sittaro et al. 2023). Als Gartenpflanze neigt derzeit der Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*, Rosaceae) in stadtnahen Wäldern zu verwildern. Als immergrüne Pflanze behindert er dann die lichtbedürftigen Frühjahrsblüher. Auch heimische Pflanzenarten wie die Große Brennnessel (*Urtica dioica*) können durch veränderte Standortbedingungen (gestört, nitratreich) eine ähnlich starke Verdrängungswirkung auf andere heimische Arten haben wie invasive Neophyten.

Als tierisches Beispiel wählen wir die in den letzten Jahren besonders in den Fokus geratene Asiatische Hornisse (*Vespula velutina*; Abb. 8c–e), die weniger mit unserer heimischen Europäischen Hornisse (*Vespula crabro*; Abb. 8 a–b) in Konkurrenz tritt, aber als opportunistischer Jäger eine Vielzahl anderer Insekten erbeutet (die Arbeiterinnen ernähren sich hauptsächlich von kohlenhydratreichen Quellen wie Nektar, reifen Früchten und Baumsäften, während die Larven mit proteinreicher Nahrung gepflegt werden). Beim aktuellen Insektenschwund wird sie als weiterer Stressfaktor bewertet, besonders für die Honigbiene, da diese die bevorzugte Proteinquelle darstellt. Häufig werden jagende Hornissen in Lauerstellung vor Bienenstöcken beobachtet, wo sie gezielt an- und abfliegende Honigbienen abfangen (Villemant et al. 2011, Monceau et al. 2014).

1.3 Maßnahmen gegen den Insektenschwund

1.3.1 Forderungen an die Politik

Wissenschaftler, speziell Entomologen, haben mit ihren Forschungen das Insektensterben mit Zahlen dokumentiert und auch die Gründe teilweise schon wissenschaftlich erforscht. Im Rahmen eines Internationalen Insektenschutz-Symposiums 2018 in Stuttgart haben die Vortragenden einen Neun-Punkte-Plan gegen das Insektensterben aufgestellt („1. Einschränkung des Pestizideinsatzes in der Landwirtschaft, 2. Extensivierung der Landwirtschaft, 3. Erhöhung der Artenvielfalt des Grünlands, 4. Pflege von Naturschutzgebieten, 5. Mehr Natur im öffentlichen Raum, 6. Gegen Lichtverschmutzung angehen, 7. Forschungs- und Bildungsoffensive, 8. Förderung von Wildbestäubern, 9. Öffentlichkeitsarbeit“) und geben in den Abschnitten, kurz formuliert, der Politik sehr dezidiert Vorgaben, was zu tun ist, um gegen das Insektensterben anzugehen (Krogmann et al. 2018).

Einen Punkt nur möchten wir herausgreifen und mit Zahlen untermauern. Unter Punkt 2a schreiben die Autoren: „Die EU-Agrarsubventionierungen sind dahingehend zu ändern, dass Direktzahlungen an ökologische Leistungen gekoppelt werden.“ Wenn

es um die Förderung der Landwirtschaft durch die EU geht, so reden wir von Zuschüssen von jährlich 60 Milliarden Euro. Von diesem Geld für die europäische Landwirtschaft wird kaum etwas „für gesunde Lebensmittel, den Schutz von Umwelt, Klima und Biodiversität oder den Erhalt von kleinen und mittleren Betrieben verwendet. Im Gegenteil, von 80 Prozent der Gelder profitieren nur 20 Prozent der Betriebe.“ (<https://www.boell.de/de/agraratlas>; siehe auch Agrar-Atlas 2019). Diese Fördergelder könnten besser für den Umbau zu einer nachhaltigen Landwirtschaft Verwendung finden.

Natürlich ignoriert die Politik die Problematik des Insektensterbens nicht. In der derzeit gültigen Pflanzenschutzanwendungsverordnung von 2021, beispielsweise, ist ein vollständiges nationales Anwendungsverbot von Glyphosat ab dem 1. Januar 2024 festgeschrieben. Aber durch die erneute Wirkstoffgenehmigung (um 10 Jahre) durch die EU-Kommission, die auch durch die deutsche Enthaltung bei der Abstimmung erst möglich wurde, ist dieses nationale Verbot nun europarechtswidrig. Es sind jetzt wohl nur noch kleinere Teilverbote möglich. Fazit: Die Politik reagiert auch hier zu langsam.

1.3.2 Was wir selbst gegen das Insektensterben tun können

Es gibt vom Bundesumweltministerium (BMUV), dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) und diversen Umweltverbänden Broschüren, Flyer und Plakate zum Thema „Insektenförderung“. Jeder kann sich leicht informieren. Es gibt auch eine Reihe von Initiativen, die man mit einer Unterschrift oder Spende unterstützen kann (z.B. das Volksbegehren „Rettet die Bienen“ oder die europaweite Initiative „*Save bees and farmers*/Bienen und Bauern retten“), durch die aber letztlich doch wieder Forderungen an die Politiker gestellt werden.

Aber ist nicht ein wichtiger Baustein in dem gesellschaftlichen Gesamtkomplex auch das eigene direkte Handeln? Sollten die Prognosen (und Fakten) nicht zu einer tatsächlichen sinnvollen Aktion führen? Da wir glauben, dass weder mit strengen Verboten und Geboten noch mit zu drastischen Änderungen eine breite Bevölkerung mitgenommen und zum Handeln überzeugt werden kann, haben wir seit Herbst 2019 in Vorlesungen und öffentlichen Vorträgen unsere „Sieben Goldenen Regeln“ vorgestellt und in gedruckter Form ausgeteilt (Abb. 9). Die Regeln erklären sich eigentlich von selbst. Da wir in den Diskussionen zu dem Thema einerseits viel guten Willen wahrnehmen, aber andererseits auch erfahren, dass aus Nichtwissen oft falsch gehandelt wird, wollen wir einen Aspekt etwas genauer beleuchten, nämlich die insektenfreundlichen Balkone, Terrassen und Gärten. Dass die immer noch „geliebten“ Schottergärten nicht nur insekten- und biodiversitätsfeindlich sind, sondern auch für das Stadtklima nicht förderlich sind, sollte mittlerweile Allgemeinwissen sein, aber diese „ökologischen Wüsten“ sind dennoch immer noch weit verbreitet.



Was wir selbst gegen das Insektensterben tun können

Sieben Goldene Regeln

- Einstellung zu den Insekten differenzieren: Insekten auch als Nützlinge und nicht nur als Schädlinge begreifen. Nicht nach Insekten schlagen! Wespen können dabei durch Stechen Allergikern erheblichen Schaden zufügen.
- Balkone, Terrassen und Gärten insektenfreundlich gestalten. Weg mit den unökologischen (und hässlichen) gefüllten (pollen- und nektarlosen) Blüten. Mehr heimische Blütenpflanzen (vor allem Sträucher!). Monotone Rasenflächen oder mit Kies versiegelte Gärten als Problem einer ökologischen Verarmung unserer Städte und Gemeinden sehen.
- Den Bestäubern unterschiedlich gestaltete Blüten anbieten: Pollen und Nektar offen oder versteckt präsentiert (teller- und becherförmige Blüten für Käfer, Fliegen und Wespen, kurzröhrige Blüten und Lippenblumen für Bienen, tief schmalröhrige Blüten für Schmetterlinge).
- Mehr Natur in der Stadt fordern: strukturreiche Flächen (Hecken) und Biotopverbund zwischen Nutzflächen sowie geeignete Insektenbrutplätze (Fachleute fragen).
- Sich wehren gegen unsinnige "Kahlschläge" auf öffentlichen (städtischen) Grünanlagen! Sich wehren gegen insuffiziente Argumentationen seitens der Verantwortlichen!
- Vermehrt regionale und saisonale Produkte aus ökologischem oder zumindest integriertem Landbau in der Küche verwenden! Möglichst industriell hergestellte verzehrfertige Lebensmittel ("Convenience-Produkte") vermeiden. Selber kochen mit "sauberen" Ausgangsprodukten kann zudem zur Entschleunigung beitragen (Esskultur!).
- Stärkung von Bildung und wissenschaftlicher Aufklärung auf den Gebieten der biologischen Vielfalt (Arten- und Ökosystemkenntnis), der ökologischen Zusammenhänge und der Organismischen Evolution in Elternhaus, Kindergärten, Schulen und Universitäten! Schule schwänzen ist kontraproduktiv! Vorschlag: freitags den Unterricht auf Umwelt-relevante Themen ausrichten.

Abbildung 9: Insektenvielfalt – eine Auswahl. Was wir selbst gegen den Insektenschwund tun können. Erbar & Leins 2019.

Aber wer sich für eine insektenfreundliche Gestaltung entscheidet, sollte folgendes bedenken: Um die Bestäubervielfalt zu fördern, sollte man entsprechend den Erfordernissen der Insekten und ihren Fähigkeiten zur Aufnahme von Pollenkörnern und Nektar heimische Gewächse anbieten, die sich in Form, Farbe und Düften unterscheiden (man kann sich dabei gut an den verschiedenen Insektenblumen-Syndromen orientieren: Abb. 11 und 12 in Erbar & Leins 2023; siehe auch Leins & Erbar 2008). Natürlich gibt es auch nicht-heimische Blüten, die unseren Insekten Nahrung geben wie z.B. verschiedene Salbei-Arten oder der Lavendel. Und wenn man auf exotische Pflanzen nicht verzichten möchte, kann man ja kompensieren, indem parallel Nahrung liefernde Blüten angeboten werden.

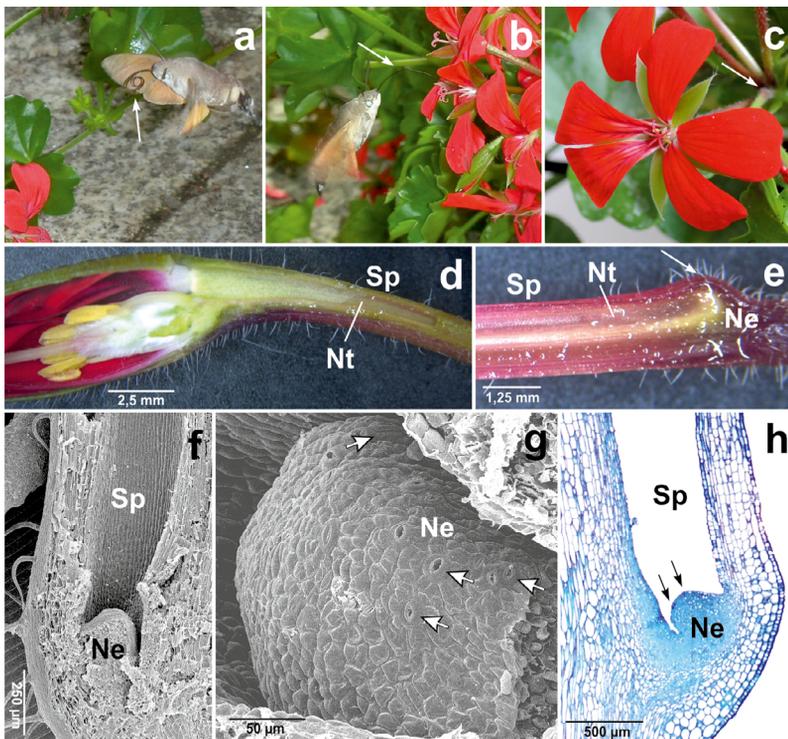


Abbildung 10: *Pelargonium peltatum*-Kulturvarietäten. – a–b, Taubenschwänzchen (*Macroglossum stellatarum*) vor (a) und bei (b) der Nektaraufnahme (Pfeile weisen auf den langen Saugrüssel; in a eingerollt). – c, Einzelne Blüte: Pfeil weist auf das untere Ende des Achsensterns (der als Besonderheit mit dem Blütenstiel vereinigt ist); siehe auch Pfeil in e. – d–e, Blüte längs aufpräpariert: Nektar im Sporn sichtbar. – f–h, Nektarium im unteren Spornende im rasterelektronenmikroskopischen (f–g) und histologischen Bild (h): Pfeile weisen auf Saftspalten, durch die der Nektar herausfließt. Ne= Nektarium, Nt = Nektar, Sp = Sporn. Bildquellen: a–e, eigene Aufnahmen; f–h, Präparate stammen aus der Bachelor-Arbeit von Vera Joedecke (2014), die von der Erstautorin betreut wurde.

Keinen Kompromiss machen wir bei den „gefüllten Blüten“, die aus der Sicht von Blütenökologen zum Abgewöhnen sind. In „gefüllten Blüten“ sind die Elemente der Blütenhülle über die natürliche Zahl hinaus züchterisch vermehrt, meist auf Kosten der Staubgefäße. In „gefüllten Köpfchen“ der Köpfchenblütler (Asteraceae) treten an die Stelle der zwittrigen Röhrenblüten weibliche (oder sterile) Zungenblüten. Bei den „gefüllten Blumen“ handelt es sich in der Natur um eine Sackgasse, da keine Samenbildung erfolgt. Daher verschwinden diese Formen schnell wieder, es sei denn, der Mensch züchtet diese Sorten aus Gründen des „Zierwertes“. Heutzutage sollten diese Sorten aber ganz aus den Gärten und Parks verbannt werden, da sie wenig oder gar keinen Pollen hervorbringen und damit für die Insekten keine Nahrung bieten (siehe Erbar & Leins 2019). Also entscheiden wir uns für ungefüllte Pelargonien – aber Vorsicht! Bei den meisten Sorten der ungefüllten Pelargonien-Hybriden sind die Staubgefäße steril und zudem ist der Nektar weggezüchtet worden. Aber es gibt zum Glück immer noch genetisch gesunde Formen, auf denen häufig das Taubenschwänzchen zu beobachten ist (Abb. 10).

2 Veganismus

Wie kommen wir vom Thema Insektensterben zum Thema Ernährungsweise? Eigentlich ganz einfach. Eine der wichtigsten Ursachen des Insektensterbens liefern uns ethisch entkernte Chemiekonzerne (siehe weiter vorne unter 1.2.2), die immer noch „giftige“ Insektizide (hauptsächlich Neonicotinoide) oder Herbizide zum Versprühen und Beizen von Saatgut vertreiben. Es ist daher ratsam, wo nötig, auf Bio-Produkte umzusteigen. Und schon sind wir beim Thema gesunde Ernährung im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit (ein Slogan des ökonomischen Umgangs mit den Ressourcen). Weit „über das Ziel hinausgeschossen“ halten wir die vegane Ernährungsweise, wenn wir unterschiedliche Parameter in Betracht ziehen.

Eine vegane Ernährungsweise, die auf sämtliche Produkte tierischen Ursprungs verzichtet, wird schon seit einigen Jahren propagiert und scheint sich heutzutage sogar zu einer Art „Religion“ zu entwickeln. Wir wollen in dieser Studie uns einige Gedanken zur Nachhaltigkeit des veganen Lebensstils im Zusammenhang mit der Problematik der vom Menschen verursachten rasanten Beschleunigung der Klimaveränderung machen. Spätestens jetzt wird klar, dass wir in einem höchst komplexen Netz von (z. T. widersprüchlichen) Faktoren gefangen sind. Oft sind wir auf Statistiken angewiesen, um Prognosen zu wagen.

Wie solide ist die Aussage: **Die vegane Welt kann die CO₂-Emissionen um 68 % senken?**

Die Zahl bezieht sich auf eine Studie (Eisen & Brown 2022), die auf einem Gedankenexperiment sowie Computersimulationen und Klima-Modellierungen beruht. Die Autoren gehen davon aus, dass alle Menschen innerhalb der nächsten 15 Jahre auf eine 100 % ig pflanzenbasierte Nahrung umstellen, dass die vorhandenen Nutzpflanzen tierische Proteine und Fette völlig ersetzen können (man beachte, dass der Zweitautor jener Studie Biochemiker und Gründer einer Firma ist, die pflanzliche Fleisch- und Milch-Ersatzprodukte entwickelt) und dass auf den etwas mehr als 30 % der Erdoberfläche, die durch die Tierhaltung frei würden (Summe aus Weideland + Ackerland für Futtermittel; siehe Abb. 11) sich eine natürliche Vegetation einstellt, die dann erhebliche Mengen an CO₂ speichert. Die Autoren räumen selber ein, dass ihre Studie keine Machbarkeitsstudie ist. Es ist also letztlich ein Gedankenexperiment, dass die Menschheit dazu bringen soll, in der Beendigung der Tierhaltung ein großes Potential zu sehen, um die Werte der Treibhausgase erheblich zu reduzieren und so sollte, so die Autoren, die Abschaffung der Tierhaltung an erster Stelle der Strategien zur Vermeidung eines katastrophalen Klimawandels stehen.

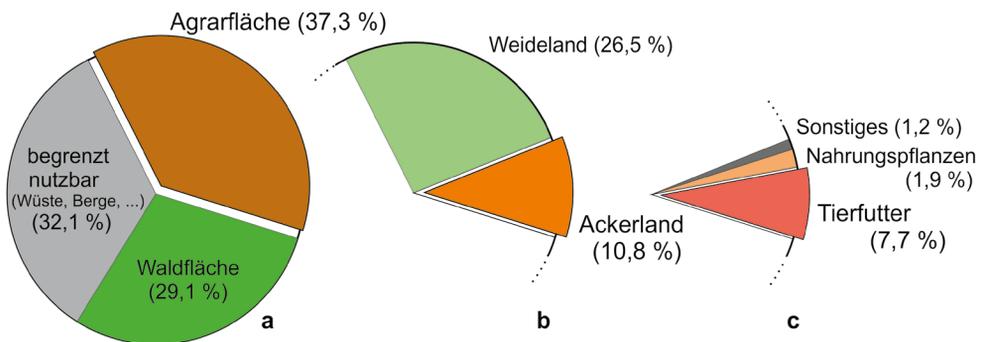


Abbildung 11: Globale Flächennutzung für Nahrung (nach Daten des Umweltbundesamtes 2013). – a, An der Gesamtfläche der Erde (13,4 Milliarden Hektar) nimmt die Agrarfläche 37,3% ein. – b, Von dieser Fläche entfällt der größere Teil auf Weideland (71%); auf die Gesamtfläche der Erde bezogen nimmt das Ackerland (29% an der Agrarfläche) 10,8% ein. – c, Von der Ackerlandfläche entfallen 18% auf die Nahrungsmittelproduktion (= 1,9% der Erdoberfläche), 71,3 % auf die Produktion von Futtermitteln (= 7,7% der Erdoberfläche); der Rest (=Sonstiges; 10,7%) beinhaltet die stoffliche Nutzung (z.B. Baumwolle) und Bioenergiepflanzen (1,2% der Erdoberfläche).

Aber erfüllt die hinsichtlich der Durchführung (und auch Annahmen) unrealistische Prognose ihren Zweck? Regt sie zum Nachdenken und Handeln an oder schreckt sie eher ab? Mit dem Wissen, dass die Tierhaltung unbestritten schädliche Auswirkungen hat und andererseits eine weltweite rein vegane Ernährung unrealistisch ist, wollen wir die Prognose nutzen, um die Aufteilung der Treibhaus-Emissionen näher zu beleuchten (um eventuell auch andere Stellschrauben auszumachen) und die Frage nach der Nachhaltigkeit der Ernährungsformen zu stellen.

2.1 Zahlen und Hintergründe zu den Treibhausgas-Emissionen

Global gesehen sind durch die unterschiedliche Lebensweise und Ernährung in den einzelnen Erdteilen/Ländern die Treibhausgas-Emissionen nicht einheitlich. Deshalb wollen wir uns neben der weltweiten Aufteilung der Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2022 auch die Aufteilung in Deutschland ansehen.

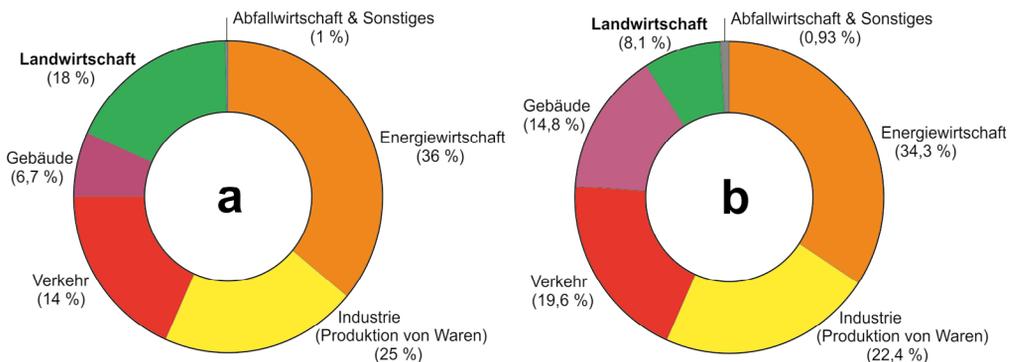


Abbildung 12: Treibhausgas-Emissionen (Definition der Sektoren entsprechend dem Klimaschutzgesetz). – a, Aufteilung der weltweiten Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2022 (insgesamt rund 57,4 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalente). Diagramm erstellt nach Zahlen von UNEP (2023). – b, Aufteilung der Treibhausgas-Emissionen (insgesamt rund 750 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente) in Deutschland im Jahr 2022 (Diagramm erstellt nach Zahlen des Umweltbundesamtes 2024a).

Global gesehen ist die Landwirtschaft (im Jahr 2022) mit 18 % der drittgrößte Verursacher von Treibhausgas-Emissionen (Abb. 12a), in Deutschland sind die Emissionen mit 8 %

am Gesamtausstoß geringer (Abb. 12b). Der größte Anteil kommt jeweils aus energetischer Nutzung (36 % bzw. 34,27 %) und industriellen Prozessen (25 % bzw. 22,4 %).¹³

Treibhausgase/Treibhauseffekt/CO₂-Äquivalente. Neben den Hauptbestandteilen Sauerstoff und Stickstoff enthält die Atmosphäre auch die sog. Treibhausgase Wasserdampf (H₂O), Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (Distickstoffoxid, N₂O). Diese Gase haben die physikalische Eigenschaft, die von der Erdoberfläche abgegebene langwellige Wärmestrahlung aufzunehmen und wieder abzugeben. Ein Teil dieser Strahlung wird zur Erdoberfläche zurückgestrahlt und bewirkt dort eine Temperaturerhöhung, indem die Abkühlung durch Wärmeabstrahlung vermindert wird. Dieser natürliche Treibhauseffekt ermöglicht das heutige Leben auf der Erde. Denn durch das natürliche Vorkommen der Treibhausgase Wasserdampf und Kohlendioxid ergibt sich eine Temperaturdifferenz von 33°C. Ohne Treibhausgase würde die Durchschnittstemperatur auf der Erde bei etwa -18°C liegen: die Erde und das Leben auf ihr hätten sich nicht in den heutigen Zustand entwickeln können (Roedel & Wagner 2011; siehe auch <https://www.myclimate.org/de-ch/informieren/faq/faq-detail/was-ist-der-treibhauseffekt>). Der Ausstoß von Treibhausgasen durch den Menschen seit Beginn der Industrialisierung verstärkt diesen natürlichen Effekt. Wasserdampf ist das wichtigste natürliche Treibhausgas. Sein Beitrag zum natürlichen Treibhauseffekt ist zwei- bis dreimal größer als der von CO₂; Wasserdampf hat aber nur eine sehr kurze atmosphärische Verweilzeit von ca. 10 Tagen. Für den direkten Einfluss auf den Klimawandel sind vermutlich die Gase CO₂ (dient als Referenzwert), Methan, Lachgas und die fluorierten Gase (Fluorkohlenwasserstoff HFC, Perfluorkohlenwasserstoff PFC, Schwefelhexafluorid SF₆, Stickstofftrifluorid NF₃) verantwortlich. Die Treibhausgase haben eine unterschiedliche Wärmeabsorptions-Wirkung und auch Abbaugeschwindigkeit. Methan ist 25 mal schädlicher als CO₂, Lachgas sogar um den Faktor 298; die fluorierten Gase liegen zwischen 17 und 22800. Um die Vergleichbarkeit der einzelnen Treibhausgase zu gewährleisten, wurden daher CO₂-Äquivalente errechnet und diese werden in den Zusammenstellungen berücksichtigt.

13 Aber nicht nur durch unseren Konsum, sondern auch durch unseren eigenen Stoffwechsel (der mit der Nahrung aufgenommene, chemisch gebundene Kohlenstoff wird als CO₂ ausgeatmet) setzen wir – je nach Aktivität, Körpergewicht und Alter – zwischen 168 und 2.040 kg CO₂ pro Jahr frei (<https://www.cozonline.de/service/klima-orakel/beitrag/wieviel-co2-atmet-der-mensch-aus-8518/>).

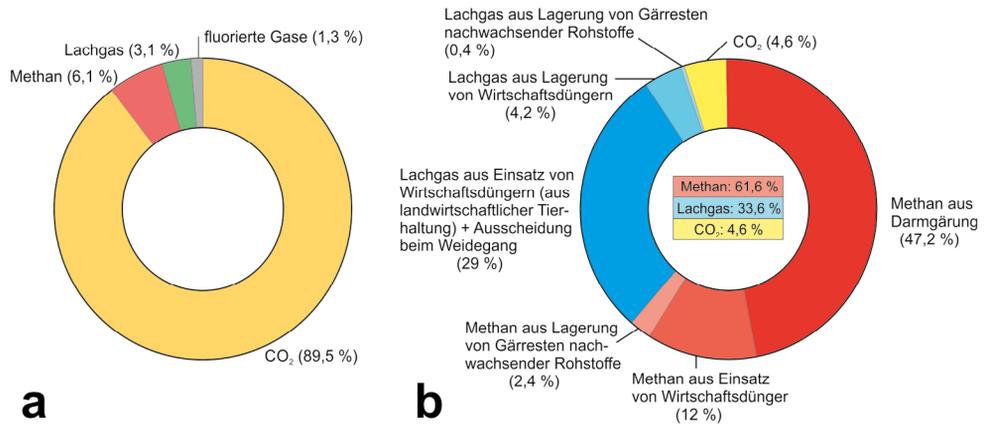


Abbildung 13: Treibhausgas-Emissionen. – a, Anteil der einzelnen Treibhausgase an der Gesamt-Emission (insgesamt rund 750 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente) in Deutschland im Jahr 2022 (nach Zahlen des Umweltbundesamtes 2024b). – b, Anteil der Treibhausgase an den Emissionen der Landwirtschaft im Jahr 2022 (nach Zahlen des Umweltbundesamtes 2023).

In Deutschland dominiert Kohlendioxid (CO₂) mit 89,5 % die Treibhausgas-Emissionen (Abb. 13a). CO₂ ist ein elementarer Bestandteil des globalen Kohlenstoffzyklus. Er ist bei Lebewesen (auch bei den Pflanzen) ein Produkt der Zellatmung. Pflanzen (inklusive Algen) entziehen der Atmosphäre CO₂, da sie bei der Photosynthese mit Hilfe des Sonnenlichts aus CO₂ und Wasser Zucker bilden können, die zum Aufbau der Biomasse genutzt werden. Für Pflanzen wirkt CO₂ als „Dünger“. Durch menschliche Aktivitäten wie die Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl, Gas) und Abholzen von Wäldern besonders durch Brandrodung steigt der Anteil von CO₂ in der Erdatmosphäre kontinuierlich.¹⁴ Die übrigen Emissionen verteilen sich in Deutschland hauptsächlich auf Methan mit 6,1 % und Lachgas mit 3,1 % (Abb. 13a), wobei diese hauptsächlich aus der Landwirtschaft stammen. Methan, der Hauptbestandteil von Erdgas, entsteht durch biologische Prozesse bei der Fäulnis oder Gärung und auch bei Verdauungsprozessen. Bei der Zersetzung von als natürlichem Dünger ausgebrachtem Mist und Gülle wird Methan freigesetzt. Wiederkäuer wie Rinder, Schafe und Ziegen können in ihrem Magensystem faserreiches Futter wie Gras und Heu mit einem hohen Anteil an Cellulose aufschließen (für uns ist dieses Kohlenhydrat nur ein Ballaststoff). Als Nebeneffekt dieses besonderen Verdauungsvorgangs, der Darmgärung, wird dabei als Nebenprodukt Methan frei, das beim Wiederkäuen „ausgerülpt“ (und auch „ausgepupst“ wird).

¹⁴ Die globale Konzentration von Kohlendioxid in der Luft ist seit Beginn der Industrialisierung im späten 18. Jahrhundert um gut 50 % gestiegen, von 280 ppm auf 419 ppm im Jahr 2022 (CenCO₂PIP 2023).

Methan entweicht auch aus undichten Erdgas-Bohrlöchern und -leitungen sowie aus Mülldeponien und natürlicherweise aus auftauenden Permafrostböden und feuchten Böden besonders der Tropen (so auch aus Reisfeldern). Auch Lachgas-Emissionen entstehen durch Verbrennungsprozesse, vor allem aber aus landwirtschaftlich genutzten Böden als Folge der (mineralischen und organischen) Stickstoffdüngung. Bei fluorierten Gasen (1,3 %; Abb. 13a) handelt es sich um nicht natürlich vorkommende Gase, die in verschiedenen industriellen Anwendungen zum Einsatz kommen.

Sehen wir uns die Emissionen nur im Landwirtschaftssektor an (Abb. 13b), so zeigt sich, dass die Methan-Emissionen mit 61,9 % den Hauptteil ausmachen und hier wiederum die Gase aus den Verdauungsprozessen dominieren. Lachgas-Emissionen haben einen Anteil von 33,6 % und entstehen hauptsächlich beim Ausbringen von mineralischen und organischen Düngern auf landwirtschaftliche Flächen. Wenn bei zu viel Stickstoffdünger-Einsatz der Stickstoff von den Nutzpflanzen nicht vollständig aufgenommen werden kann, wird er in Form von Lachgas in die Atmosphäre freigesetzt. Methan- und Lachgas-Emissionen entstehen nicht nur bei der Tierhaltung, sondern auch bei der Nahrungspflanzen-Produktion. Der Reisanbau beispielsweise verursacht zehn Prozent des weltweit emittierten Methans. Von allen Nutzpflanzen hat Reis die schlechteste Klimabilanz: Der CO₂-Fußabdruck von Reis ist fast dreimal größer als der von Weizen und sogar deutlich größer als der von Milch (Poore & Nemecek 2018). Reisfelder werden in der Regel temporär mit Wasser geflutet, um „Unkraut“ zu unterdrücken. Dabei entsteht durch den Sauerstoffentzug und mikrobielle Prozesse im Boden Methan.

Wenn auch die Viehhaltung unbestritten einen großen Anteil an der Emission klimaschädlicher Gase hat, so entstehen diese jedoch auch beim Anbau von Nahrungspflanzen für den menschlichen Gebrauch. Schon die reine Nutzung von Böden als Acker- oder Grünland und erst recht die Umwandlung und die Art und Weise der Bewirtschaftung kann Auswirkungen auf das Klima haben. Klimawirksame Veränderungen im Kohlenstoffhaushalt der Atmosphäre resultieren auch aus Eingriffen in die Wälder (Bewirtschaftung, Rodung, Aufforstung). Hinzu kommt der nicht zu vernachlässigende Sektor der Lieferketten (Abb. 14).

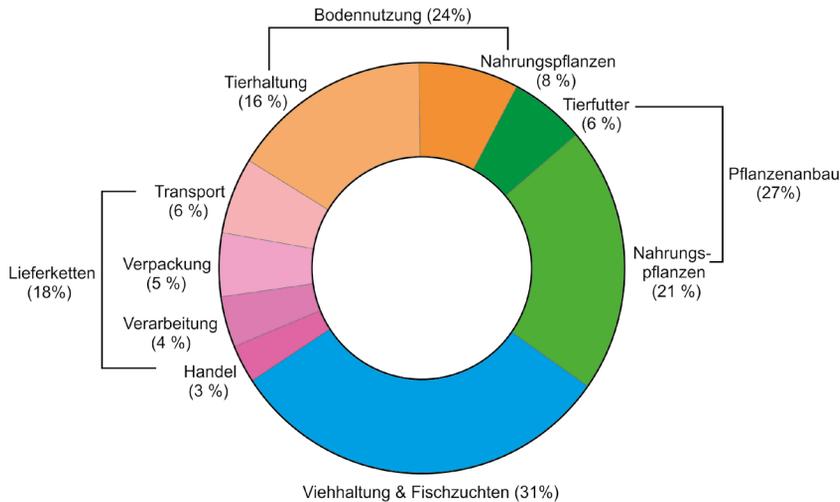


Abbildung 14: Verteilung der durch unsere Ernährung verursachten globalen Treibhausgas-Emissionen (entspricht 26% der Gesamt-Emission bezogen auf 52,3 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalente). Eigene Abbildung nach Zahlen von Poore & Nemecek (2018) und Ritchie (2019).

2.2 Nachhaltigkeit der Ernährungsweisen

Der wohl wichtigste Effekt einer vegetarischen oder veganen Ernährung ist die Reduzierung von Treibhausgas-Emissionen durch den Verzicht auf Fleisch. Konsumaktivitäten allgemein und insbesondere die Ernährungssysteme gehören heute zu den Themen der Nachhaltigkeitsdiskussion. Veganismus wird meist als die nachhaltigste Ernährungsform bezeichnet. Aber stimmt das?

Bei der „Nachhaltigen Ernährung“ (Abb. 15) kommt zu den drei Dimensionen für ökologische, soziale und wirtschaftliche Ziele als vierte Dimension die „Gesundheit“ dazu (Koerber & Kretschmer 1999; später – Koerber et al. 2012 – wurde die „Kultur“ als fünfte Dimension dazu genommen). Sie beleuchtet vor allem die ernährungsphysiologischen Aspekte der Ernährung. Wie beim Dreisäulenmodell sind diese Aspekte nicht isoliert, sondern gemeinsam zu betrachten. Trotzdem versuchen wir, das komplexe Netz in einzelnen Teilen zu beleuchten. Wiederum hilft uns Hintergrundwissen bei unseren Entscheidungen.

Was ist Nachhaltigkeit? Der Begriff „Nachhaltigkeit“ wurde historisch nachweisbar erstmals im Kontext der Forstwirtschaft gebraucht (Carlowitz

1713). Hinter dem Konzept einer nachhaltigen Entwicklung („Eine nachhaltige Entwicklung befriedigt die Bedürfnisse der Gegenwart, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“; siehe, z. B. UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro 1992) steht die „Erkenntnis, dass wirtschaftliche Effizienz, soziale Gerechtigkeit und die Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen gleichwertige überlebenswichtige Interessen sind, die sich gegenseitig ergänzen.“ Im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion werden diese drei Dimensionen „Ökologische Nachhaltigkeit“ (schonender Umgang mit der Umwelt, Regeneration muss gegeben sein), „Ökonomische Nachhaltigkeit“ (Wirtschaftsweisen so anlegen, dass sie dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bieten, Schutz wirtschaftlicher Ressourcen vor Ausbeutung) und „Soziale Nachhaltigkeit“ (Lebensgrundlage der Mitglieder einer Gemeinschaft wird generationenübergreifend sichergestellt, Konflikte werden friedlich gelöst) zum sog. Dreisäulenmodell zusammengefasst. Kurz gesagt: eine Umwelt- und Sozialverträglichkeit bei wirtschaftlichem Erfolg realisieren.

2.2.1 Gesundheitlicher Aspekt

Die Ernährungsform, wie sie heutzutage vor allem in den westlichen Ländern immer noch üblich ist, kann nicht als gesund bezeichnet werden: Der (teilweise sehr) hohe Verzehr von Fleisch kann zu sog. „Zivilisationskrankheiten“ wie Übergewicht, Diabetes und Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen (z. B. Westhoek et al. 2014, Springmann et al. 2016). Eine nachhaltige Ernährung gilt als gesund, wenn die Lebensmittelauswahl eine optimale Nährstoffversorgung gewährleistet und der Prävention ernährungsbedingter Erkrankungen dient (z. B. Breidenassel et al. 2022). Bei einer eingeschränkten Lebensmittelauswahl wie beim Veganismus kann es zu Nährstoffdefiziten kommen, vor allem bei der Versorgung mit Proteinen, Omega-3-Fettsäuren, den Vitaminen B₂, B₁₂ und D; auch Mineralstoffe, vor allem Calcium, Eisen, Jod, Selen und Zink, können aufgrund der geringeren Nährstoffdichte und schlechteren Verfügbarkeit in veganen Lebensmitteln häufig nicht in ausreichender Menge über diese aufgenommen werden (z. B. Richter et al. 2016, Dörr 2021). Es gibt Hinweise, dass sich eine vegane Ernährung negativ auf die Knochengesundheit auswirken kann (Tong et al. 2020, Menzel et al. 2021) und keine ausreichenden Mengen an Cholin (wichtiger Nährstoff bei der Zellentwicklung und die Produktion des Neurotransmitters Acetylcholin) liefern kann (Zeisel 2013, Wallace et al. 2018). Ob aber eine längerfristige vegane Ernährung Einfluss auf die Gehirnleistung hat, ist noch nicht ausreichend untersucht (Medawar et al. 2019). Ein

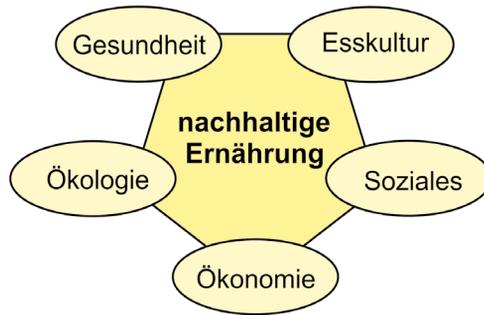


Abbildung 15: Die fünf Dimensionen einer nachhaltigen Ernährung. Eigene Darstellung.

adäquater Vitamin B₁₂-Spiegel ist aber für eine optimale physiologische und neurologische Funktion des Gehirns unerlässlich (Kennedy 2016).¹⁵

Vegane Ernährung ist, auch bei Supplementierung von Vitaminen und Mineralstoffen, nicht in jedem Fall gesund, wenn nämlich im Supermarkt zu Convenience-Produkten und Fleischersatzprodukten gegriffen wird. Verglichen mit Vegetariern und Omnivoren haben Veganer den höchsten Anteil am Verzehr hoch verarbeiteter Produkte: Rund 53 % der Veganer kaufen industriell verarbeitete Lebensmittel (Gallagher et al. 2021, Gehring et al. 2021, Haider et al. 2023). Vegane Fleischersatzprodukte sind Lebensmittel, die als Analogprodukte im Aussehen, der Farbe, der Form, dem Geschmack und in der Textur tierischem Muskelfleisch ähneln, jedoch aus pflanzlichen Produkten hergestellt werden. Diese Fleischersatzprodukte sind aber „ultraverarbeitet“ (nicht anders als die Fertiggerichte für Omnivore!) und weisen im Vergleich zu unverarbeitetem Fleisch tendenziell hohe Mengen an Natrium auf und enthalten Zusatzstoffe wie Geschmacksverstärker, Aromen, Farbstoffe und Bindemittel, die als Stabilisatoren, Geliermittel, Verdickungsmittel und Emulgatoren wirken (Bohrer 2019, Santo et al. 2020). Alternativprodukte wie Burger, Schinken und Nuggets enthalten 20 bis 30 Zusatzstoffe (Bohrer 2019)! Für den CO₂-Fußabdruck¹⁶ dieser chemisch hergestellten Stoffe gibt es unseres Wissens keine (publizierten) Untersuchungen und auch der gesundheitliche Aspekt ist nur wenig untersucht. Bei der Hochtemperaturverarbeitung von eiweißhaltigen Lebensmitteln können toxische und krebserregende Stoffe entstehen, wie beispielsweise heterozyklische aromatische Amine (Barzegar et al. 2019, Sha & Xiong 2020). Pflanzliche Fleischersatzprodukte weisen im Vergleich zu tierischen

15 Für Menschen über 65 konnte gezeigt werden, dass ein Vitamin-B₁₂-Mangel zu einer Einschränkung der kognitiven Fähigkeiten und sogar zu einer Schrumpfung des Gehirns (und zu Demenz) führt (Vogiatzoglou et al. 2008, Tangney et al. 2011).

16 Der CO₂-Fußabdruck ist ein Maß für die Emissionen aller Treibhausgase, die entlang der Produktionskette eines Erzeugnisses entstehen.

Fleischprodukten eine eingeschränktere Varianz von essenziellen Aminosäuren auf (Meade et al. 2005). Darüber hinaus ist die Verdaulichkeit von pflanzlichen Proteinen im Vergleich zu tierischen schlechter. Sojaprotein ist das am häufigsten verwendete Protein in Fleischersatzprodukten. Verarbeitete Sojaproteine sind vergleichbar mit Lebensmitteln tierischen Ursprungs, weisen aber eine niedrigere Konzentration von essenziellen Aminosäuren auf (insbesondere Methionin und Lysin). Zu den verwendeten Lipidquellen gehören Rapsöl, Kokosnussöl, Sonnenblumenöl, Maisöl, Sesamöl, Kakaobutter und Palmöl (letzteres mit all seinen negativen ökologischen Auswirkungen). Insgesamt gilt bei Fertigprodukten immer noch: zu viel Zucker, Salz, Fett und gesättigte Fettsäuren (Gréa et al. 2022).

Eine Gruppe der Veganer wird gerne etwas abfällig als „Puddingveganer“ bezeichnet. Sie verzichten zwar auf tierische Produkte, ändern aber ansonsten ihre oft ungünstigen Ernährungsgewohnheiten nicht. Fertigprodukte und Süßigkeiten stehen eher auf dem Speiseplan als Vollkornprodukte und Gemüse, so dass gesundheitliche Probleme auftreten können (Haider et al. 2023).

2.2.2 Ökonomischer Aspekt

In den letzten Jahren hat sich ein völlig neues Segment in der Lebensmittelbranche etabliert, welches heute das Bild eines jeden Supermarktes prägt: das Segment der veganen Lebensmittelsubstitute – gefühlt wird dieser Bereich im Supermarkt jeden Monat größer. Der europäische Markt für vegane Fleisch- und Milchalternativen hat einen Wert von 1,7 Milliarden Euro (Haider et al. 2023).

Mit der Zunahme des Umweltbewusstseins verändert sich die Lebensmittelindustrie in der Weise, dass sie bei der Vermarktung von Produktmarken mit Nachhaltigkeit wirbt. Nahezu jedes größere Unternehmen führt in seinem Unternehmensleitbild die Nachhaltigkeit als Strategie auf. Aber aufgepasst: Das sog. „*Greenwashing*“ führt oft zu einer Irreführung der Verbraucher in Bezug auf die Umweltpolitiken eines Unternehmens. Dabei geht es nicht nur um irreführende Behauptungen, sondern hinzu kann eine irreführende Bildsprache kommen durch etwa grüne Verpackungen und naturbezogene Bilder. Entgegen der Attribute „Bio“/„aus biologischem Anbau“ und „Öko“/„aus ökologischen Anbau“ sind Formulierungen wie „umweltfreundlich“ und „nachhaltig“ nicht gesetzlich durch die EG-Öko-Verordnung geschützt und können daher frei verwendet werden. Außerdem vermarkten große Lebensmittelkonzerne über die „Gesundheitsschiene“ überbeuerte Produkte an gesundheitsbewusste, wohlhabendere Verbraucher (Sexton et al. 2022) – vegane Convenience-Produkte werden gelegentlich auch von solchen Verbrauchern gekauft, die „nur“ ihren Fleischkonsum reduzieren möchten.

2.2.3 Ökologischer Aspekt

Über die negativen Aspekte von Tierhaltung und intensiver Landwirtschaft ist in den vorigen Kapiteln schon berichtet worden. Aber auch hier gibt es nicht nur ein Schwarz-Weiß (z. B. Rubach 2020): Pflanzliche Nahrung ist nicht per se nachhaltig. Karotten und Weißkohl weisen den niedrigsten CO₂-Abdruck auf (Reinhardt et al. 2020). Heimische Äpfel, Erdbeeren und Pfirsiche zählen als Frischware zum klimafreundlichen Obst. Als importierte Äpfel aus Neuseeland, Winter-Erdbeeren oder Dosen-Pfirsiche haben sie dagegen eine schlechte Klimabilanz. Auch importierte Avocados und mit dem Flugzeug transportierte Ananas und Maracuja weisen einen hohen CO₂-Abdruck auf. Auch „Bio“ ist nicht unbedingt gleichzusetzen mit „nachhaltig“. So kann ein Bio-Lebensmittel einen weiten Transportweg hinter sich haben und dadurch eine große Menge an Treibhausgasen verursachen. Auch Bio-Lebensmittel aus nicht-saisonalen Anbau können viel Energie verbrauchen, wenn sie in geheizten Treibhäusern angebaut werden.

2.2.4 Sozialer Aspekt

Vegane Ernährung könnte das Problem des Welthungers lösen – eine weitere Prognose, die man oft in den Medien hört/liest. Die Produktion tierischer Lebensmittel verbraucht ca. 83 % der weltweiten landwirtschaftlichen Nutzfläche, liefert aber nur 37 % unserer Proteine und 18 % unserer Kalorien (Poore & Nemecek 2018). Würden die Menschen die pflanzlichen Produkte selber konsumieren, statt sie an Tiere zu verfüttern, wäre genug Nahrung für alle da. Klingt auf den ersten Blick gut. Wäre da nicht das Problem der Cellulose-Verwertung! Der Mensch besitzt nämlich keine Verdauungsenzyme für den Abbau von Cellulose; sie dienen uns als Ballaststoffe, liefern uns aber keine Energie. Einige Mikroorganismen jedoch – dazu gehören die im Pansen der Wiederkäuer vorhandenen – sind durch ihre Enzyme in der Lage, Cellulose abzubauen. Die mikrobiellen Prozesse im speziellen Verdauungssystem der Wiederkäuer (gekennzeichnet durch vier Mägen: Pansen, Netzmagen, Blättermagen, Labmagen) ermöglichen es Rindern und anderen Wiederkäuern, ganze Pflanzen mit einem hohem Cellulose-Anteil aufzuschließen. Das klimaschädliche Methan (s. o.) ist übrigens kein direktes Produkt der Cellulose-Vergärung, sondern entsteht durch eine anaerobe Carbonat-Atmung von methanbildenden Bakterien (Archaeobakterien). Durch die Fütterung von Zusätzen wie Tanninen, Seetangen, ätherischen Ölen oder Hefen können die Methan bildenden Mikroorganismen im Pansen gehemmt und die Methan-Emissionen im Darm verringert werden (Beauchemin et al. 2022).

Zur sozialen Dimension gehört natürlich auch die Chancengerechtigkeit. Ist eine pflanzenbasierte Ernährung für einkommensschwache Familien realisierbar? Das

Ergebnis möchten vielleicht nicht alle hören: Eine frisch zubereitete omnivore oder eine frisch zubereitete pflanzliche Ernährung sind (bei gleicher Kalorienzufuhr) ungefähr gleich teuer, aber weniger kostspielig als der Konsum von stark verarbeiteten tierischen Produkten. Die vegane Ernährung allerdings war um 23 % teurer als die günstigen Ernährungsvarianten (Kabisch et al. 2021). Geht man von realen Rezepten aus (verglichen wurden 311 Rezepte aus sechs verschiedenen deutschen omnivoren, vegetarischen und veganen Kochbüchern), so ergibt sich hinsichtlich der Preise¹⁷, dass die ovo-lacto-vegetarischen Rezepte am günstigsten ausfallen. Aufgrund der Kosten für Fleisch- und Milchersatzprodukte sind vegane Rezepte im Durchschnitt etwa 45 % teurer als vegetarische Rezepte (Kolbe 2020).

2.2.5 Esskultureller Aspekt

„Kultur“ wurde als fünfte Dimension der nachhaltigen Ernährung erst vor etwas mehr als 10 Jahren dazu genommen (zunächst nur als Erwähnung: Koerber et al. 2012, dann als „losgelöstes Oval“ im Blasensystem der vier Dimensionen: Abb. 1 in Koerber 2014). Wir verstehen die Esskultur als wichtige fünfte Dimension einer nachhaltigen Ernährung (Abb. 15). Koerber et al. (2012) betonen, dass in einem sozio-kulturellen Kontext – global gesehen – verschiedene Norm- und Wertesysteme zu recht diversen Esskulturen geführt haben. Essgewohnheiten und Essmöglichkeiten haben sich in neuerer Zeit verändert. „Fast Food“ (aber auch „Slow-Food“ als Gegenbewegung) und „Erlebnis-Gastronomie“ sind Schlagworte zu diesem Thema. Auch die Beziehung zum Essen hat sich gewandelt: Fremdversorgung steht im Vordergrund (Koerber 2014). Das Wissen um die Herkunft der Lebensmittel (was essen wir eigentlich? wo stammen die Zutaten her?) und die Zubereitungsweisen geht verloren. Auch das Umfeld, in dem Nahrung aufgenommen wird, hat sicherlich einen Einfluss. Essen in angenehmer Atmosphäre am gedeckten Tisch und in Ruhe und mit angenehmen Gesprächen oder aber Essen auf der Hand im hektischen Gehen in der Fußgängerzone oder im Stehen wartend an der Bushaltestelle – was ist wohl gesünder? Und unter Betrachtung des Ressourcenverbrauchs (Herstellung, Verpackung etc.) nachhaltiger? „Fast Food“ und auch hochverarbeitete Fertiggerichte führen nicht nur zu einer Vereinheitlichung des

17 In dieser Studie (Kolbe 2020) wurden auch die Treibhausgasemissionen untersucht. Bei gleichem Kalorienkonsum weisen vegane Rezepte im Durchschnitt im Vergleich zu vegetarischen Rezepten eine Reduktion der Emissionen um 10% auf, im Vergleich zu fleischreichen Rezepten um 65%. Insgesamt sind die Treibhausgas-Emissionen von veganen Rezepten nur geringfügig niedriger als die von vegetarischen Rezepten, da in veganen Rezepten im Vergleich zu ovo-lacto-Rezepten häufiger exotische Zutaten auftauchen, die zu einem Anstieg der CO₂-Emissionen führen.

Geschmacks, sondern weisen auch einen hohen Energieaufwand auf für Herstellung, Verpackung und Transport.

2.2.6 Flexible Flexitarier

Welcher Ernährungsstil ist denn nun der nachhaltigste? In einer Studie zu diesem Thema wurden in einer Simulation (basierend auf Daten aus den USA) zehn Ernährungsweisen¹⁸ miteinander verglichen: Vom konventionellen, sehr Fleisch lastigen Lebensstil über vegetarische Mischformen bis hin zu Veganismus wurden verschiedene Szenarien durchgespielt (Peters et al. 2016). In der Kalkulation wurde ausgerechnet, wie viel landwirtschaftliche Fläche die verschiedenen Ernährungsstile benötigen. Dabei wurden die Landflächen nicht gleichwertig behandelt, sondern sie wurden gewichtet (hinsichtlich Weideland und Anbauflächen für verschiedene Ansprüche von Kulturpflanzen). Wenig überraschend, dass der gegenwärtige Ernährungsstil der Amerikaner am wenigsten nachhaltig ist. Aber der Gegenentwurf, die vegane Ernährung, schnitt in Sachen Nachhaltigkeit nicht am besten ab. Er landete auf Platz 5. Deutlich nachhaltiger waren im Test die lacto- und ovo-lacto-vegetarische Ernährung sowie eine Mischernährung mit nur geringen Mengen Fleisch (20% omnivor, 80% ovo-lacto-vegetarisch). Sogar eine weitere Mischernährung (40% omnivor, 60% ovo-lacto-vegetarisch) lag noch vor der veganen Ernährungsform (Peters et al. 2016).

Warum schneidet eine vegane Ernährung hinsichtlich der Nachhaltigkeit schlechter ab? Bei einem veganen Ernährungsstil bleiben einige landwirtschaftlichen Flächen ungenutzt. Denn für den Anbau verschiedener Pflanzen werden unterschiedliche Arten von Nutzflächen benötigt. Beispielsweise sind die Böden von Weideland oftmals nicht für den Anbau von Nutzpflanzen geeignet. Ein geringer Fleischanteil in der Nahrung widerspricht also nicht der Nachhaltigkeit. Das betrifft aber nicht nur den Flächenverbrauch. So erzeugen auch vegane Lebensmittel große Mengen an nicht-essbarer Biomasse. Beim Getreide etwa ist nicht einmal die Hälfte der geernteten Biomasse als Lebensmittel geeignet (Körner versus Stroh). Als primäre Futtergrundlage macht die Biomasse aus Grünland, nicht-essbaren Zwischenkulturen und Ernterückständen knapp die Hälfte des global gehandelten Mischfutters aus (Windisch & Flachowsky 2020). Übrigens: Außerdem trifft die Aussage, dass Vieh nur 18% der Kalorien liefert (Poore & Nemecek 2018, siehe zu Anfang des Kapitels 2.2.4), die Sache nicht im Kern, denn

18 1. momentane Haupt-Ernährungsweise, 2. wie 1 aber zucker- und fettreduziert, 3. 100% omnivor, 4. 80% omnivor, 20% ovo-lacto-vegetarisch, 5. 60% omnivor, 40% o-l-v, 6. 40% omnivor, 60% o-l-v, 7. 20% omnivor, 80% o-l-v, 8. ovo-lacto-vegetarisch, 9. lacto-vegetarisch, 10. vegan.

Vieh wird nicht gehalten, um Kalorien zu liefern, sondern um Cellulose reiche, für uns nicht verwertbare Pflanzen in hochwertiges Eiweiß mit essentiellen Aminosäuren umzuwandeln, die wir aus Pflanzen nur bedingt gewinnen können.¹⁹ Probleme entstehen eigentlich erst bei intensiver Tierhaltung. Eine Reduktion des Fleischkonsums führt zu einer Reduktion des Viehbestands. Dadurch müsste dann eigentlich kein Viehfutter mehr importiert werden, was auch das Problem der Waldrodung in Südamerika für den Soja-Anbau löst! Wenn nur regional generiertes Tierfutter verwendet würde, dann wäre auch das Problem der Massentierhaltung gelöst. Auch der agrarwissenschaftliche Beirat der Bundesregierung zitiert in seinem Gutachten (WBAE 2020), „dass die Unterschiede zwischen einer veganen und einer flexitarischen Diät (letztere mit ungefähr einem Viertel des heutigen Konsumniveaus tierischer Lebensmittel) im Hinblick auf wichtige Umweltindikatoren (Treibhausgas-Emissionen, Anbaufläche, Süßwasser, Stickstoff, Phosphor) gering sind“ (siehe dazu Springmann et al. 2016).

Ein gewisser Fleischverbrauch ist also aus bioökonomischen als auch gesundheitlichen Gründen erwünscht und bei moderater Viehhaltung ist dies auch ökologisch vertretbar. Wenn Massentierhaltung ausgeschlossen wird, ist dies natürlich mit höheren Preisen verbunden. Die höheren Kosten durch die Qualitätssteigerung von Fleisch und dessen Produkte kann von einem flexiblen Flexitarier dahingehend kompensiert werden, die Fleischportionen bei entsprechenden Gerichten zu minimieren, was ihm natürlich ganz im Sinne einer gesunden Ernährung entgegenkommt: Wenig Fleisch an reichlich Gemüse und Salaten! Noch genießbare Lebensmittel wegzuwerfen, ist mit dem Prinzip der Nachhaltigkeit auch nicht vereinbar! Wir brauchen aber mehr, nämlich den flexiblen Flexitarier. Denn: Nicht jede Frucht, jedes Gemüse oder Getreide ist nachhaltig, nur weil es kein tierisches Produkt ist. Da Nachhaltigkeit im Kontext der Ernährung viele Facetten hat, sollten die Herkünfte der Nahrung auch möglichst regional und saisonal sein!

Fleischkonsum unter evolutionärem Blickwinkel. Evolutionsbiologisch betrachtet ist der Mensch ein Allesesser (wenn auch in den Medien in letzter Zeit anderes behauptet wird). Er verträgt grundsätzlich Fleisch, Milch, Eier, Honig, Fisch, viele Pflanzen (unterirdische Teile, Blätter, Früchte, Samen): Gebiss und Magen-Darm-Trakt zeigen entsprechende Anpasstheiten. Schnittspuren an fossilen Tierknochen (Domínguez-Rodrigo et al. 2005) zeigen, dass der frühe Mensch (*Homo habilis*, *H. erectus*) seit etwa

19 Auf die Wasserproblematik wird in dieser Arbeit nicht näher eingegangen. Die Lebensmittel-Produktion sowohl pflanzlichen als auch tierischen Ursprungs benötigt Wasser. Wieviel Wasser eingesetzt wird, um welches Wasser es sich handelt (Trink-, Regen- oder Brauchwasser) und welche ökologischen Folgen sich ergeben, hängt auch davon ab, in welcher Region der Erde die Lebensmittel produziert werden.

2,5 Millionen Jahren tierische Nahrung zu sich nimmt und mit einfachen Werkzeugen bearbeitet (Zink & Liebermann 2016). Auffallend ist, dass in den letzten 2 Millionen Jahren die Gehirnmasse in der Gattung *Homo* zugenommen hat (im Gegenzug wurde der Darm kleiner). In der Zeit zwischen 1,9 Millionen und 200.000 Jahren vor heute hat sich die Größe des Gehirns der Vorfahren des heutigen Menschen verdreifacht. Es wird angenommen, da Fleisch eine hohe Nährstoffdichte mit vielen Proteinen und vor allem Fetten aufweist, dass es dieser Nährstoff-Überschuss war, der eine gute Voraussetzung für das Wachstum des Gehirns war (z. B. Aiello & Wheeler 1995, Reichholf 2001, Pobiner 2016). Zeitlich passen die Aufnahme tierischer Nahrung und die Gehirnvergrößerung gut zusammen.

Der Mensch war in seiner Evolution nie ein reiner Fleischfresser, sondern Fleisch diente nur als zusätzliche Nahrung. Aber eine so deutliche Gehirnvergrößerung konnte mit Sicherheit nicht stattfinden, bevor eine energiereichere Ernährung seine Versorgung gewährleistete. Unser heutiges Gehirn, obwohl es nur wenige Prozent der Körpermasse ausmacht, verbraucht bei Erwachsenen etwa 20% der benötigten Gesamtenergie.

Bei Regionalität ist der Zusatz „möglichst“ wichtig. Als Beispiele sollen nur die „Nüsse“²⁰ aufgeführt werden. Laut „*Planetary Health Diet*“, dem weltweiten Referenzrahmen für eine gesunde und umweltgerechte Ernährungsweise, sollen wir 50 g Nüsse pro Tag verzehren (Willett et al. 2019). Das sind 18 kg pro Jahr (aktuell verzehren wir 4 g pro Tag, d. h. 1,5 kg pro Jahr, Breidenassel et al. 2022). Der Selbstversorgungsgrad in Deutschland liegt für Nüsse aber bei unter 5% (WWF 2022). Durch den Import ist die Ökobilanz also nicht immer günstig!

In Regionen mit einem Jahreszeitenklima spielt auch die Saisonalität eine Rolle. Die pflanzlichen Lebensmittel sind nicht das ganze Jahr über verfügbar und daher ändert sich der Speiseplan mit den Jahreszeiten. Eine spannende Herausforderung für den flexiblen Flexitarier!

Entsprechend den „Sieben Goldenen Regeln: Was wir selbst gegen das Insektensterben tun können“ (Abb. 9) haben wir auch „Regeln“ für den Flexitarier aufgestellt

20 Was in den Ernährungsplänen als „Nuss“ bezeichnet wird, ist seltener auch botanisch gesehen eine Nuss (zu den Definitionen siehe Leins & Erbar 2008, 2010). Gegessen werden immer nur die ernährungsrelevanten Samen. Die Haselnuss ist auch botanisch eine Nuss; Cashew, Mandel, Pistazien und Walnüsse sind Steinfrüchte; die Macadamia hat eine Balgfrucht (die sehr harte und dicke Samenschale ist hier eine Besonderheit). Pinienkerne sind Samen, die offen in den holzigen Zapfen dieses Nacktsamers sitzen.

(Abb. 16), die das nachhaltige Leben etwas einfacher machen sollen, da es uns fast unmöglich erscheint, für alle Lebensmittel dauernd den CO₂-Fußabdruck zu ermitteln.

Unsere beiden Hauptthemen – Insektenschwund/Biodiversitätsverlust und nachhaltige Ernährung – werden z. T. von ähnlichen Faktoren beeinflusst (von nicht ungefähr gibt es Überschneidungen in den „Regeln“ (Abb. 9 + Abb. 16). Lebensmittelproduktion, -verarbeitung, -verpackung, -transport, -verwendung und -abfall haben soziale, ökonomische und gesundheitliche Effekte, aber eben auch bedeutende Umweltauswirkungen, die u.a. auch die Biodiversität betreffen. Aber nicht nur jedes Lebensmittel, sondern unser gesamter Konsum hinterlässt einen ökologischen Fußabdruck. Die gute Nachricht: Wir brauchen nicht auf andere Akteure (Politiker, Landwirte, Händler ...) warten – wir als Verbraucher haben mit jedem Einkauf die Wahl!

3 Abschließende Bemerkungen

Unsere Prognosen den Insektenschwund betreffend sind durch zahlreiche Beobachtungen, wissenschaftliche Studien sowie exakte Analysen ökologischer Vernetzungen so gut fundiert, dass diese Anlass bieten, viel schneller zu handeln als dies momentan seitens der Politik geschieht. Die Gründe hierfür liegen natürlich in den unterschiedlichsten individuellen Interessen. Auf der einen Seite sind es kurzfristige egoistische Ziele ethisch entkernter Konzerne, auf der anderen Seite ist die Fürsorge für die zukünftige Entwicklung unserer Menschheit im Fokus. Wir dürfen aber diejenigen mit einer ungenügenden Ausbildung nicht vergessen: Gleichgültigkeit ist bei jenen an der Tagesordnung. Es wird daher schwierig sein voranzukommen.

Noch schwieriger wird es wohl mit dem Umgang des Veganismus sein. Für viele strenge Veganer ist Veganismus zu einem „Lifestyle“, ja zu einer Art Religion geworden. Nun haben, das ist ja wirklich nichts Neues, Religionen im Allgemeinen ein hohes Konfliktpotential (siehe Erbar & Leins 2023). Der Veganismus bezieht sich vielfach rein emotional auf das unversehrte Leben der Tiere und den Zugriff auf das, was sie für ihre Jungen produzieren (die „schönen Augen der Tiere“, das „Kindchenschema“ sind, nach eigenen Umfragen, vielfach die Beweggründe).

Verfechter einer derartigen Einstellung mögen vielleicht die ständigen kriegerischen Auseinandersetzungen unter den „Völkern“ ignorieren. Aber genau die Vermeidung von Morden in einem Krieg sollte unser aller Anliegen sein. Ist ein Mensch weniger wert als die seit alters her für eine gesunde Nahrung (flexible Flexitarier!) „dienenden“ Tiere? Im Augenblick sehen wir noch keine große Gefahr. Sollte aber der Veganismus überhandnehmen und sich Reglementierungen breit machen, ergibt sich die Frage, ob dann die Leistungsfähigkeit unseres Denkvermögens ausreichen wird (Vogiatzoglou et al. 2008, Tangney et al. 2011, Kennedy 2016, Medawar et al. 2019), die



Was wir bei einer nachhaltigen und genussvollen Ernährung beachten können

Sieben Goldene Regeln

- Ausgewogen ernähren, aber mit weniger Fleisch und mehr Gemüse, Salat und Obst: tierische Produkte ergänzen die pflanzliche Vielfalt! Nicht jeden Tag Fleisch essen; manchmal werden aus vegetarischen Gerichten sogar zufällig vegane!
- Wenn immer möglich Lebensmittel aus ökologischem oder zumindest integriertem Landbau kaufen (Erhaltung der Biodiversität und Bodenfruchtbarkeit): bei Fleisch und Fisch auf Herkunft und Haltung achten.
- Bei ökologisch und bei konventionell angebauten pflanzlichen Lebensmitteln, wenn immer es geht, auf Regionalität und Saisonalität achten. Aus ökologischen Gründen kann konventionell-regional-saisonal besser sein als ökologisch-importiert (Verpackung und Transportwege beachten).
- Vermeiden von stark verarbeiteten Lebensmitteln (viele Zusatzstoffe!). Regelmäßiger Konsum von Fertiggerichten verdirbt den Geschmackssinn. Convenience-Produkte (im Sinne von teilfertigen Lebensmittelzubereitungen) kann man – nach einem Blick auf die Zutatenliste und die Herkunft – mit frischen Zutaten aufwerten.
- Billig und schnell sollte beim Essen nicht die Hauptmotivation sein. Aber leckeres Essen muss nicht teuer sein, wenn es regional und saisonal aus Grundzutaten gekocht wird. Aus frischen Ausgangsprodukten selber kochen! Zur Geschmacksvielfalt mit Kräutern und Gewürzen experimentieren!
- Ess-Kultur zelebrieren: Bewusst die Lebensmittel auswählen, die verarbeitet werden, kreativ werden und selbst Gerichte ausprobieren, Zeit haben für die gemeinsame Mahlzeit. Nahrungsaufnahme sollte nicht als nebensächlich betrachtet werden, sondern als fester (genussvoller) Bestandteil des Tages.
- Wertschätzung für Lebensmittel: Weggeschmissen wird nichts! Ressourcenschonend einkaufen und aus den Resten einer Mahlzeit neue Speisen kreieren. Eine Pasta-Soße, eine Frittata, ein Auflauf oder eine Suppe geht oft noch aus den Resten!

Abbildung 16: Vielfalt heimischer Nahrungsmittel – eine Auswahl. Hinweise für eine nachhaltige und genussvolle Ernährung. Erbar & Leins 2024.

existentiellen Welt-Probleme zufriedenstellend zu lösen. Unverantwortlich finden wir, wenn die eigenen Kinder (die ja nicht gefragt werden können), vegan ernährt werden. Um Datenlücken zu schließen, sind umfangreiche Langzeitstudien erforderlich. So hat die gerade begonnene COPLANT-Studie (2023) zum Ziel, die gesundheitliche Wertigkeit, aber auch die ökologischen, sozialen und ökonomischen, und damit nachhaltigen, Auswirkungen pflanzenbasierter Ernährungsweisen zu beleuchten.

Im Zusammenhang mit der Nachhaltigkeit konnten wir unter Abwägung vieler (bisher bekannter) Parameter zeigen, dass die flexitarische Ernährungsweise ganz vorne steht. Ihre Befolgung würde die große Diversität an Nahrungsmittel retten: Was ist ein Tofu im Vergleich zu den hunderten von Käsesorten auf unserem Planeten. Speisen und deren Zubereitungsarten gehören unseres Erachtens zur Kultur, die wir den Wissenschaften, Künsten und literarischem Schrifttum ebenbürtig zur Seite stellen wollen.

Als Fazit ergibt sich – schon heute angedeutet – für den Flexitarier durch den Veganismus (sofern dieser auf Reglementierungen verzichtet) nach dem Prinzip „der Zweck heiligt die Mittel“ eine positive Prognose: Es wird sich mehr und mehr eine Massentierhaltung vermindern und dadurch die Qualität sämtlicher tierischer Produkte sich steigern. Die negativen Prognosen betreffen nur den rein veganen Lebensstil. Es sind gesundheitliche Probleme und die Stärkung einer Nahrungsmittelindustrie, die jetzt auch mit ihren (überwiegend chemischen und damit nicht gesunden) veganen Fertiggerichten ihren (Wachstums-) Markt gefunden haben.

Literatur

- Abou-Donia, M.B., Goldstein, L.B., Bullman, S., Tu, T., Khan, W.A., Dechkovskaia, A.M. & Abdel-Rahman, A.A. 2008: Imidacloprid induces neurobehavioral deficits and increases expression of glial fibrillary acidic protein in the motor cortex and hippocampus in offspring rats following in utero exposure. – *J. Toxicol. Environ. Health A* 71: 119–130.
- Agrar-Atlas** 2019: *Daten und Fakten zur EU-Landwirtschaft*. 2. Aufl. – Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung.
- Aiello, L.C. & Wheeler, P. 1995: The expensive-tissue hypothesis: the brain and the digestive system in human and primate evolution. – *Curr. Anthropol.* 36: 199–221.
- Aizen, M.A., Garibaldi, L.A., Cunningham, S.A. & Klein, A.M. 2009: How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. – *Ann. Bot.* 103: 15791–1588.
- Arce, A.N., Ramos Rodrigues, A., Yu, J., Colgan, T.J., Wurm, Y. & Gill, R.J. 2018: Foraging bumblebees acquire a preference for neonicotinoid-treated food with prolonged exposure. – *Proc. R. Soc. B* 285: 20180655.
- Baron, G.L., Jansen, V.A., Brown, M.J. & Raine, N.E. 2017: Pesticide reduces bumblebee colony initiation and increases probability of population extinction. – *Nat. Ecol. Evol.* 1: 1308–1316.

- Barzegar, F., Kamankesh, M. & Mohammedi, A. 2019: Heterocyclic aromatic amines in cooked food: A review on formation, health risk-toxicology and their analytical techniques. – *Food Chem.* 280: 240–254.
- Beauchemin, K.A., et al. 2022: Invited review: Current enteric methane mitigation options. – *J. Dairy Sci.* 105: 9297–9326.
- Berheim, E.H., Jenks, J.A., Lundgren, J.G., Michel, E.S., Grove, D. & Jensen, W.F. 2019: Effects of neonicotinoid insecticides on physiology and reproductive characteristics of captive female and fawn white-tailed deer. – *Sci. Rep.* 9: 4534.
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) 2011: Bienen. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1/dokumente/bmelv_bienen.pdf
- Boff, S. & Ayasse, M. 2023: Exposure to sublethal concentration of flupyradifurone alters sexual behavior and cuticular hydrocarbon profile in *Heriades truncorum*, an oligolectic solitary bee. – *Insect Science* (online version) <https://doi.org/10.1111/1744-7917.13268>
- Bohrer, B.M. 2019: An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. – *Food Sci. Hum. Wellness* 8: 320–329.
- Breidenassel, C., Schäfer, A.C., Micka, M., Richter, M., Linseisen, J. & Watzl, B. 2022: The Planetary Health Diet in contrast to the food-based dietary guidelines of the German Nutrition Society (DGE). A DGE statement. – *Ernaehr.-Umsch.* 69: 56–72.
- Buchmann, S.L. & Nabhan, G.P. 1996: *The Forgotten Pollinators*. – Washington D.C.: Island Press.
- Burke, A P., et al. 2018: Mammalian susceptibility to a neonicotinoid insecticide after fetal and early postnatal exposure. – *Sci. Rep.* 8: 16639.
- Butler, K.P., May, R. & Metzger, D. 2018: *Liste der Gefäßpflanzen Deutschlands*. – BfN Schriften 519. – doi 10.19217/skr519
- Capela, N., Sarmiento, A., Simões, S., Azevedo-Pereira, H.M. & Sousa, J.P. 2022: Sub-lethal doses of sulfoxaflor impair honey bee homing ability. – *Sci. Total Environ.* 837: 155710.
- Carlowitz, H.C. von 1713: *Sylvicultura oeconomica. Anweisung zur wilden Baumzucht*. – Leipzig: F.J. Braun.
- Casida, J.E. 2018: Neonicotinoids and other insect nicotinic receptor competitive modulators: progress and prospects. – *Annu. Rev. Entomol.* 63:125–44.
- CenCO₂PIP (The Cenozoic CO₂ Proxy Integration Project Consortium) 2023: Toward a Cenozoic history of atmospheric CO₂. – *Science* 382: eadi5177.
- Chandrakumara, K., Kiran Kumar, G.N., Srinivas, K., Anil Kumar S.T. & Hadimani, B.N. 2022: Cyantraniliprole toxicity to Indian honey bees, *Apis cerana indica* F. – *J. Pharm. Innov. SP-11*: 556–558.
- Chapman, A.D. 2009: Number of Living Species in Australia and the World, 2nd ed. – Canberra: Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Australian Government.
- COPLANT-Studie 2023: *Forschung zu pflanzenbasierter Ernährung*. – Berlin: Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR); Kooperationsprojekt mit versch. Institutionen, u.a. Universitätsklinikum Heidelberg. <https://www.bfr.bund.de/de/coplant-studie.html> (zuletzt aufgerufen 28.2.2024).
- Corbet, S.A., Williams, I.H. & Osborne, J.L. 1991: Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. – *Bee World* 72: 47–59.
- Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. – London: John Murray. http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1859_Origin_F373.pdf
- Degen, J., et al. 2015: Exploratory behaviour of honeybees during orientation flights. – *Anim. Behav.* 102: 45–57.

- Degen, J., et al.** 2016: Honeybees learn landscape features during exploratory orientation flights. – *Curr. Biol.* 26: 2800–2804.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE)** 2017: Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE. – <https://www.dge.de/fileadmin/dok/gesund-ernaehrung/ernaehrungsempfehlung/10-regeln/10-Regeln-der-DGE.pdf>
- Domínguez-Rodrigo, M., Pickering, T.R., Semaw, S. & Rogers, M. J.** 2005: Cutmarked bones from Pliocene archaeological sites at Gona, Afar, Ethiopia: implications for the function of the world's oldest stone tools. – *J. Hum. Evol.* 48: 109–121.
- Donner, S.** 2014: Bio ist nicht immer besser. – *bdw* 51 (6): 10–17.
- Dörr, B.** 2021: Vegetarische/vegane Ernährungstrends bei jungen Mädchen – was sind die Risiken? – *Der Gynäkologe* 54: 658–664.
- Eisen, M.B. & Brown, P.O.** 2022: Rapid global phaseout of animal agriculture has the potential to stabilize greenhouse gas levels for 30 years and offset 68 percent of CO₂ emissions this century. – *PLoS Clim.* 1: e0000010.
- Eng, M.L., Stutchbury, B.J. & Morrissey, C.A.** 2019: A neonicotinoid insecticide reduces fueling and delays migration in songbirds. – *Science* 365: 1177–1180.
- Erbar, C. & Leins, P.** 2019: Ästhetische Ökonomie in der Gestalt der Pflanzen. – *HDJBO* 4: 39–90.
- Erbar, C. & Leins, P.** 2022: Erde, Luft, Wasser und Feuer – Wie Pflanzen diese Elemente nutzen. – *HDJBO* 7: 57–110.
- Erbar, C. & Leins, P.** 2023: Schöpferischer Kampf und Kooperation im Licht der Organismischen Evolution. – *HDBJO* 8: 29–73.
- Fraunhofer Institut** 2022: Desinfektion von Saatgut – sicher und nachhaltig durch Elektronenbehandlung. – *Forschung Kompakt* 5/2022.: 1–3. <https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2022/mai-2022/desinfektion-von-saatgut-sicher-und-nachhaltig-durch-elektronenbehandlung.html>
- Gallagher, C.T., Hanley, P. & Lane, K.E.** 2021: Pattern analysis of vegan eating reveals healthy and unhealthy patterns within the vegan diet. – *Public Health Nutr.* 25: 1310–1320.
- Gehring, J., et al.** 2021: Consumption of ultra-processed foods by pescovegetarians, vegetarians, and vegans: associations with duration and age at diet initiation. – *J. Nutr.* 151: 120–131.
- Goulson, D.** 2013: An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. – *J. Appl. Ecol.* 50: 977–987.
- Gréa, C., et al.** 2022: *Ergebnisbericht Produktmonitoring 2021*. – Karlsruhe: Max Rubner-Institut.
- Grubisic, M., van Grunsven, R.H., Kyba, C.C., Manfrin, A. & Hölker, F.** 2018: Insect declines and agroecosystems: does light pollution matter? – *Ann. Appl. Biol.* 173: 180–189.
- Haider, S., Sima, A., Kühn, T. & Wakolbinger, M.** 2023: The association between vegan dietary patterns and physical activity - cross-sectional online survey. – *Nutrients* 15: 1847.
- Hallmann, C.A., et al.** 2017: More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. – *PLoS one* 12: e0185809.
- Hayward, A., et al.** 2019: The leafcutter bee, *Megachile rotundata*, is more sensitive to N-cyanoamide neonicotinoid and butenolide insecticides than other managed bees. – *Nat. Ecol. Evol.* 3: 1521–1524.
- Holz, I., Franzaring, J., Böcker, R. & Fangmeier, A.** 2011: *Eintrittsdaten phänologischer Phasen und ihre Beziehung zu Witterung und Klima*. – Karlsruhe: LUBW.
- Humann-Guillemot, S., Clément, S., Desprat, J., Binkowski, Ł.J., Glauser, G. & Helfenstein, F.** 2019: A large-scale survey of house sparrows feathers reveals ubiquitous presence of neonicotinoids in farmlands. – *Sci. Total Environ.* 660: 1091–1097.

- Insektenatlas** 2020: *Daten und Fakten über Nütz- und Schädlinge in der Landwirtschaft*. – Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung.
- IPBES** 2016: *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*. – Bonn: IPBES Secretariat. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3402856>
- IPBES** 2019: *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. – Bonn: IPBES Secretariat. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- IPBES** 2023: *Thematic assessment report on invasive alien species and their control of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. – Bonn: IPBES Secretariat. <http://doi.org/10.5281/zenodo.7430682>
- Joedecke, V.** 2014: The nectaries in representatives of the Geraniaceae in adaptation to different pollinators. – Bachelor Thesis, Fakultät für Biowissenschaften Heidelberg, unpubl.
- Kabisch, S., Wenschuh, S., Buccellato, P., Spranger, J. & Pfeiffer, A.F.** 2021: Affordability of different isocaloric healthy diets in Germany - an assessment of food prices for seven distinct food patterns. – *Nutrients* 13: 3037.
- Kennedy, D.O.** 2016: B Vitamins and the Brain: mechanisms, dose and efficacy- A review. – *Nutrients* 8: 68.
- Koerber, K. von** 2014: Fünf Dimensionen der Nachhaltigen Ernährung und weiterentwickelte Grundsätze - ein update. – *Ernährung im Fokus* 14: 260–266.
- Koerber, K. von & Kretschmer J.** 1999: Der Anspruch auf Nachhaltigkeit im Ernährungsbereich – Wie zukunftsfähig ist unser Ernährungsstil? *aid-Verbraucherdienst* 44: 88–95.
- Koerber, K. von, Männle, T. & Leitzmann, C.** 2012: *Vollwert-Ernährung: Konzeption einer zeitgemäßen und nachhaltigen Ernährung*. – Stuttgart: Haug Thieme.
- Kolbe, K.** 2020: Mitigating climate change through diet choice: Costs and CO₂ emissions of different cookery book-based dietary options in Germany. – *Adv. Clim. Change Res.* 11: 392e400
- Krogmann, L., et al.** 2018: Neun-Punkte-Plan gegen das Insektensterben – Die Perspektive der Wissenschaft. – *Entomologische Zeitschrift* 128: 247–249.
- Leins, P. & Erbar, C.** 2008: *Blüte und Frucht. Morphologie, Entwicklungsgeschichte, Phylogenie, Funktion und Ökologie*. 2. Aufl. – Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Leins, P. & Erbar, C.** 2010: *Flower and Fruit. Morphology, Ontogeny, Phylogeny, Function and Ecology*. – Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.
- Leonhardt, S.D., Gallai, N., Garibaldi, L.A., Kuhlmann, M. & Klein, A.-M.** 2013: Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. – *Basic Appl. Ecol.* 14: 461–471.
- Lippert, C., Feuerbacher, A. & Narjes, M.** 2021: Revisiting the economic valuation of agricultural losses due to large-scale changes in pollinator populations. – *Ecol. Econ.* 180: 106860.
- Lister, B.C. & Garcia, A.** 2018: Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. – *PNAS* 115: E10397–E10406.
- Loser, D., et al.** 2021a: Functional alterations by a subgroup of neonicotinoid pesticides in human dopaminergic neurons. – *Arch. Toxicol.* 95: 2081–2107.
- Loser, D., et al.** 2021b: Acute effects of the imidacloprid metabolite desnitro-imidacloprid on human nACh receptors relevant for neuronal signaling. – *Arch. Toxicol.* 95: 3695–3716.
- Meade, S.J., Reid, E.A. & Gerrard, J.A.** 2005: The impact of processing on the nutritional quality of food proteins. – *J. AOAC Int.* 88: 904–922.
- Medawar, E., Huhn, S., Villringer, A. & Witte, A.V.** 2019: The effects of plant-

- based diets on the body and the brain: a systematic review. – *Transl. Psychiatry* 9: 226.
- Menzel, J., et al.** 2021: Vegan diet and bone health - Results from the cross-sectional RBVD study. – *Nutrients* 13: 685.
- Menzel, R.** 2018: Wenn Bienen an Alzheimer erkranken. – https://www.bcp.fu-berlin.de/biologie/arbeitsgruppen/neurobiologie/ag_menzel/talks/Res/2017-12-19-PM-Interview-Menzel_me_cw.pdf
- Menzel, R. & Tison, L.** 2019: Wie Neonicotinoide das Verhalten von bestäubenden Insekten beeinträchtigen. Mit den Waffen der Chemie gegen Insekten. – *Biol. Unserer Zeit* 49: 198–206.
- Menzel, R., Lehmann, K., Manz, G., Fuchs, J., Koblösky, M & Greggers, U.** 2012: Vector integration and novel shortcutting in honeybee navigation. – *Apidologie* 43: 229–243.
- Millennium Ecosystem Assessment** 2003: *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. – Washington, D.C.: Island Press.
- Monceau, K., Bonnard, O. & Thiéry, D.** 2014: *Vespa velutina*: a new invasive predator of honeybees in Europe. – *Pest Sci.* 87: 1–16.
- Motta, E.V., Raymann, K. & Moran, N.A.** 2018: Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees. – *PNAS* 115: 10305–10310.
- Mutke, J. & Barthlott, W.** 2008: Biodiversität und ihre Veränderungen im Rahmen des globalen Umweltwandels: Biologische Aspekte. – In: Lanzerath D., Mutke, J., Barthlott, W., Baumgärtner, S., Becker, C. & T.M. Spranger (eds.), *Biodiversität*. pp. 25–74. – Freiburg: C. Alber Verlag.
- Pestizidatlas** 2020: *Daten und Fakten zu Giften in der Landwirtschaft*. – Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung.
- Peters, C.J., Picardy, J., Darrrouzet-Nardi, A.F., Wilkins, J.L., Griffin, T.S. & Fick, G.W.** 2016: Carrying capacity of US agricultural land: Ten diet scenarios. – *Elem. Sci. Anth.* 4: 000116.
- Pobiner, B.** 2016: Meat-eating among the earliest humans. – *Amer. Sci.* 104: 110–117.
- Poore, J. & Nemecek, T.** 2018: Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. – *Science* 360: 987–992.
- Reinhardt, G., Gärtner, S. & Wagner, T.** 2020: *Ökologische Fußabdrücke von Lebensmitteln und Gerichten in Deutschland*. – Heidelberg: ifeu.
- Richter, M., et al.** 2016: Vegan diet. Position of the German Nutrition Society (DGE). – *Ernaehr.-Umsch.* 63: 92–102.
- Ritchie, H.** 2019: Food production is responsible for one-quarter of the world's greenhouse gas emissions. – <https://ourworldindata.org/food-ghg-emissions>
- Roedel, W. & Wagner, T.** 2011: *Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre*. 4. Auflage. – Berlin, Heidelberg: Springer.
- Reichholf, J.H.** 2001: *Das Rätsel der Menschwerdung. Die Entstehung des Menschen im Wechselspiel der Natur*. 5. Aufl. – München: dtv.
- Rubach, M.** 2020: *Die Ökobilanz auf dem Teller: Wie wir mit unserem Essen das Klima schützen können*. – Stuttgart: Hirzel.
- Sánchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K.A.** 2019: Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. – *Biol. Conserv.* 232: 8–27.
- Santo, R.E., et al.** 2020: Considering plant-based meat substitutes and cell-based meats: a public health and food systems perspective. – *Front. Sustain. Food Syst.* 4:134.
- Scheuchl, E., et al.** 2023: Die Wildbienenarten Deutschlands – Kritisches Verzeichnis und aktualisierte Checkliste der Wildbienen Deutschlands (Hymenoptera, Anthophila). – *Anthophila* 1: 25–38.
- Seibold, S., et al.** 2019: Arthropod decline in grasslands and forests is associated with drivers at landscape level. – *Nature* 574: 671–674.
- Sexton, A.E., Garnett, T. & Lorimer, J.** 2022: Vegan food geographies and the

- rise of Big Veganism. – *Prog. Hum. Geogr.* 46: 605–628.
- Sha, L. & Xiong, Y.L.** 2020: Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. – *Trends Food Sci. Technol.* 102: 51–61.
- Sittaro, F., Hutengs, C. & Vohland, M.** 2023: Which factors determine the invasion of plant species? Machine learning based habitat modelling integrating environmental factors and climate scenarios. – *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 116: 103158.
- Sorg, M., Schwan, H., Stenmans W. & Müller, A.** 2013: Ermittlung der Biomassen flugaktiver Insekten im Naturschutzgebiet Orbroicher Bruch mit Malaise Fallen in den Jahren 1989 und 2013. – *Mitt. Ent. Ver. Krefeld* 1: 1–5.
- Sprengel, C.K.** 1793: *Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen.* – Berlin: Vieweg.
- Sprengel, C.K.** 1811: *Die Nützlichkeit der Bienen und die Nothwendigkeit der Bienenzucht, von einer neuen Seite dargestellt.* – Berlin: Vieweg. (Nachdruck: 1918, Berlin: Pfenningstorff).
- Springmann, M., Godfray, H. C. J., Rayner, M. & Scarborough, P.** 2016: Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. – *PNAS* 113: 4146–4151.
- Statistisches Bundesamt** 2023: *Erläuterungen zum Indikator „Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ 2021.* – Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Tangney, C.** et al. 2011: Vitamin B12, cognition, and brain MRI measures: a cross-sectional examination. – *Neurology* 77: 1276–1282.
- Thompson, D.** et al. 2020: A critical review on the potential impacts of neonicotinoid insecticide use: current knowledge of environmental fate, toxicity, and implications for human health. – *Environ. Sci. Process Impacts* 22: 1315–1346.
- Tomizawa, M., Lee, D.L. & Casida, J.E.** 2000: Neonicotinoid insecticides: molecular features conferring selectivity for insect versus mammalian nicotinic receptors. – *J. Agric. Food Chem.* 48: 6016–6024.
- Tong, T.** et al. 2020: Vegetarian and vegan diets and risks of total and site-specific fractures: results from the prospective EPIC-Oxford study. – *BMC medicine* 18: 1–15.
- Umweltbundesamt** 2013: *Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen.* – <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/globale-landflaechen-biomasse>
- Umweltbundesamt** 2023: *Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen.* – <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas>
- Umweltbundesamt** 2024a: *Detaillierte Treibhausgas-Emissionsbilanz 2022.* – www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/detaillierte-treibhausgas-emissionsbilanz-2022; ausgegeben am 15.1.2024
- Umweltbundesamt 2024b: Treibhausgas-Emissionen in Deutschland.** – <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas#treibhausgas-emissionen-aus-der-landwirtschaft>; ausgegeben am 23.1.2024
- UNEP (United Nations Environment Programme)** 2023: *Emissions Gap Report 2023.* – doi.org/10.59117/20.500.11822/43922
- van Klink, R., Bowler, D.E., Gongalsky, K.B., Swengel, A.B., Gentile, A. & Chase, J.M.** 2020: Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. – *Science* 368: 417–420.
- Villemant, C., Barbet-Massin, M., Perrard, A., Muller, F., Gargominy, O., Jiguet, F. & Rome, Q.** 2011: Predicting the invasion risk by the alien bee-hawking Yellow-legged hornet *Vespa velutina nigrithorax* across Europe and other

- continents with niche models. – *Biol. Conserv.* 144: 2142–2150.
- Vogiatzoglou, A. et al.** 2008: Vitamin B12 status and rate of brain volume loss in community-dwelling elderly. – *Neurology* 71: 826–832.
- Wallace, T.C., Blusztajn, J.K., Caudill, M.A., Klatt, K.C., Natker, E., Zeisel, S.H. & Zelman, K.M.** 2018: Choline: the underconsumed and underappreciated essential nutrient. – *Nutrition Today* 53: 240–253.
- WBAE** (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim BMEL) 2020: **Politik für eine nachhaltigere Ernährung: Eine integrierte Ernährungspolitik entwickeln und faire Ernährungsumgebungen gestalten.** Gutachten. – Berlin. www.bmel.de/DE/Ministerium/Organisation/Beiraete/_Texte/
- Westhoek, H., Lesschen, J. P., Rood, T., Wagner, S., De Marco, A., Murphy-Bokern, D. & Oenema, O.** 2014: Food choices, health and environment: Effects of cutting Europe's meat and dairy intake. – *Glob. Environ. Change* 26: 196–205.
- Whitehorn, P.R., Wallace, C. & Vallejo-Marín, M.** 2017: Neonicotinoid pesticide limits improvement in buzz pollination by bumblebees. – *Sci. Rep.* 7: 15562.
- Willett, W., et al.** 2019: Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. – *Lancet* 393: 447–492.
- Wilson, E.O.** 1986: *Biodiversity*. – Washington, D.C.: National Academy Press.
- Wilson, E.O.** 1992: *The Diversity of Life*. – Cambridge, MA: Belknap.
- Windisch, W. & Flachowsky, G.** 2020: Tierbasierte Bioökonomie. – In: Thrän, D. & Moesenfechtel, U. (Hrsg.), *Das System Bioökonomie*. pp. 69–86. – Berlin: Springer Spektrum.
- Wintermantel, D., et al.** 2018: Field-level clothianidin exposure affects bumblebees but generally not their pathogens. – *Nat. Commun.* 9: 5446.
- WWF** 2022: So schmeckt Zukunft: Ernährung und biologische Vielfalt. – www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Landwirtschaft/kulinarische-kompass-klima.pdf
- Zeisel, S.H.** 2013: Nutrition in pregnancy: the argument for including a source of choline. – *Int. J. Womens Health* 5: 193–199.
- Zink, K.D. & Liebermann, D.E.** 2016: Impact of meat and Lower Palaeolithic food processing techniques on chewing in humans. – *Nature* 531: 500–503.
- Zioga, E., Blánaid, W. & Stout, J.C.** 2023: Honey bees and bumble bees may be exposed to pesticides differently when foraging on agricultural areas. – *Sci. Total Environ.* 896: 166214.

Über die Autoren

Prof. Dr. Claudia Erbar wurde nach ihrem Biologie- und Chemiestudium, das sie mit dem 1. Staatsexamen in beiden Fächern abschloss, an der Universität Bonn zum Dr. rer.nat. promoviert. Für ihre Staatsexamensarbeit erhielt sie den Preis der Konrad-Adenauer-Stiftung für Studierende der Botanik. Seit 1983 war sie Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Heidelberg. Nach der Habilitation im Fach Botanik 1993 hatte sie seit 2000 eine apl. Professur und war Forschungsgruppenleiterin für das Gebiet „Blütenbiologie und Evolution“ am *Centre for Organismal Studies* (COS) Heidelberg. Seit 2022 ist sie im forschenden und lehrenden „Ruhestand“. Ihre Forschungsschwerpunkte

liegen in den Bereichen der Blütenentwicklungsgeschichte vor dem Hintergrund morphologisch-funktioneller Fragestellungen, Blütenökologie (Blütenfunktionen bei Bestäubung und Befruchtung und der Interaktion mit Insekten) und Verwandtschaft und Evolution der Blütenpflanzen. In der Lehre vertritt sie auch die Pflanzengeographie.

Prof. Dr. Peter Leins studierte Biologie, Chemie und Philosophie an den Universitäten Tübingen, Freiburg und München. In München wurde er zum Dr. rer.nat. promoviert. Anschließend war er Assistent, später Oberassistent, am Institut für Systematische Botanik bei Prof. Dr. Hermann Merxmüller. Zwischendurch erlernte er die Methodik der Pollenkunde bei Prof. Dr. Gunnar Erdtman in Stockholm. Er habilitierte sich im Fach Botanik mit einer pollensystematischen Forschungsarbeit an einer Compositengruppe. Danach erhielt er einen Ruf auf eine Professur am Botanischen Institut der Universität Bonn. Drei weitere Rufe folgten: FU Berlin, Uni Heidelberg, Uni Kiel (FU Berlin und Uni Kiel nicht angenommen). An der Universität Heidelberg war er zunächst Direktor des Instituts für Systematische Botanik und Pflanzengeographie und des Botanischen Gartens (später Abteilung Biodiversität und Pflanzensystematik des neu gegründeten Heidelberger Instituts für Pflanzenwissenschaften; heute in COS integriert). Seit 2002 ist er im forschenden und lehrenden „Ruhestand“. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen der Blütenmorphologie und -entwicklungsgeschichte, Blütenökologie, Blütenpflanzen-systematik, Pollenkunde, Ausbreitungsbiologie, Evolutionsbiologie und Biophilosophie. Er ist seit vielen Jahren Mitherausgeber der Zeitschrift „*Plant Diversity and Evolution*“ (früher „Botanische Jahrbücher“) sowie von „*Bibliotheca Botanica*“.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Claudia Erbar, Prof. Dr. Peter Leins
erle@urz.uni-heidelberg.de

www.cos.uni-heidelberg.de/de/forschungsgruppen/forschungsgruppen/apl-prof-claudia-erbar

www.cos.uni-heidelberg.de/de/forschungsgruppen/professoren-im-ruhestand/prof-dr-peter-leins

Genetisch-determinierte Prognose oder prognostisch-relevante Genetik?

Sebastian Burkart & Maja Hempel

Institut für Humangenetik, Universitätsklinikum Heidelberg, Universität Heidelberg

Zusammenfassung Die Humangenetik ist ein sehr junges medizinisches Fachgebiet. Dies ist begründet in den über lange Zeit limitierten Untersuchungsmöglichkeiten des Erbmaterials und daraus resultierend, dem begrenzten Wissen über genetische Ursachen von Erkrankungen. Jetzt jedoch, mit der (R)Evolution der Analysemethoden (Hochdurchsatz-DNA-Sequenzierungsansätze) ist die Untersuchung des individuellen Erbmaterials für Patienten im Rahmen der Regelversorgung möglich. Das hat Auswirkungen auf nahezu alle medizinischen Fachbereiche. Nicht nur, dass wir heute Erkrankungen, die durch einzelne Genveränderungen verursacht werden, einen Namen geben können. Wir verstehen jetzt die komplexen Interaktionen von genetisch-determinierten Vulnerabilitäten bzw. Resilienzen und externen Faktoren immer besser. Ermöglichen nun die umfassenden und schnellen Analysemethoden, der enorme Zuwachs an zur Verfügung stehenden hochqualitativen klinisch-genetischen Daten und der explosionsartige Informationsgewinn eine bessere Prognoseabschätzung für Gesundheit und Krankheit? Ja und Nein. Für eine Vielzahl von genetischen Erkrankungen ist eine evidenzbasierte Prognoseabschätzung möglich, auch wenn in der Regel der konkrete Verlauf der Erkrankung für das einzelne Individuum nicht vorhergesagt werden kann. Erfreulich ist, dass mit zunehmender Kenntnis Krankheits-modifizierender genetischer und nicht-genetischer Faktoren unsere Prognoseabschätzung immer präziser wird. Für vorhersagende (prädiiktive) genetische Untersuchungen an Gesunden ist die Einschätzung der Prognose schwieriger. Dabei spielt diese vorhersagende Untersuchung asymptotischer Personen eine immer wichtiger werdende Rolle: zum Beispiel in der Testung hinsichtlich einer Anlageträgerschaft für bestimmte Erkrankungen oder in der Bestimmung von genetischen Risikofaktoren für Erkrankungen. Das Wissen über individuelle Erkrankungswahrscheinlichkeiten auf Grundlage eines genetischen Befundes bietet die einzigartige Möglichkeit der präventiven Anpassung des klinischen Managements. Hierdurch lässt sich die Prognose dieser Erkrankungen wesentlich beeinflussen. So umfasst das Spektrum klinischer Implikationen einer prädiiktiven Testung unter anderem die Möglichkeit von risikoreduzierenden Operationen, die

Aufnahme in intensivierete Früherkennungsprogramme sowie Lebensstilmodifikationen zur Vermeidung risikobehafteter Umweltfaktoren. Somit dient die Bestimmung einer genetischen Konstellation nicht nur einer reinen Prognoseabschätzung, sondern ist vielmehr von wesentlicher prognostischer Relevanz.

1 Genetik – Humangenetik – Genetische Variation

Die Welt der Genetik ist faszinierend, aufregend komplex und von einem sich explosionsartig erweiternden Wissen geprägt. Wöchentlich, wenn nicht sogar täglich gibt es spannende Neuigkeiten aus der Genetik. Hier immer im Bilde zu bleiben, ist eine Herausforderung.

Die Humangenetik als Genetik des Menschen beschäftigt sich insbesondere mit den genetischen Grundlagen von Krankheiten. Zunehmend rückt aber auch die Charakterisierung von Merkmalen in den Fokus der Humangenetik, die nicht unbedingt einen Krankheitscharakter haben. Doch dazu später mehr. Grundsätzlich zielt die Humangenetik darauf ab, genetische Ursachen bestimmter Merkmale zu identifizieren und zu charakterisieren. Dazu gehört, die funktionellen Konsequenzen einer genetischen Veränderung sowohl auf molekularer als auch auf zellulärer, gewebsspezifischer und den ganzen Organismus betreffender Ebene zu erkunden. Durch diese tiefen Einblicke in die Funktionen des Organismus werden wir den Zusammenhang zwischen genetischen Variationen und Gesundheit bzw. Krankheit verstehen.

Das ist eine große Aufgabe, die neben neuen Technologien auch eine enge interdisziplinäre und interprofessionelle Zusammenarbeit braucht und ohne diese auch nicht gelingen kann. Gelingt sie uns, beschleunigen wir die Diagnosestellung, verbessern wir die Behandlungsmöglichkeiten und ermöglichen darüber hinaus eine genetisch-determinierte Prognoseabschätzung für den Betroffenen selbst, aber auch für seine gesunden Familienmitglieder.

Aber lassen Sie uns zuerst einige grundlegende Konzepte der Genetik ausführen:

Das Wissen in der modernen Humangenetik ist jung, es beginnt vor etwa 80 Jahren mit der Erkenntnis, dass Erbinformation in Form von DNA (Desoxyribonukleinsäure) von Generation zu Generation weitergegeben wird. Erst im Jahr 1953, also vor knapp 70 Jahren, haben James Watson und Francis Crick nach Vorarbeit von Rosalind Franklin die DNA-Doppelhelixstruktur als Träger der genetischen Information entdeckt. Vor 40 Jahren wurde das erste Gen (das Huntingtin-Gen) identifiziert. Heute wissen wir, dass die DNA des Menschen aus ca. 3 Milliarden DNA-Bausteinen (Nucleotiden) zusammengesetzt ist, die ca. 20.000 (Protein-kodierende) Gene kodieren. Dabei stellen diese Gene die grundlegenden Einheiten der genetischen Information dar. Jedes Protein-kodierende Gen enthält eine spezifische Abfolge (DNA-Sequenz)

von DNA-Bausteinen, die den Bauplan für die Produktion eines bestimmten Eiweißes (Proteins) kodieren. Proteine sind der Grundstein für die Struktur und Funktion von Zellen und Geweben.

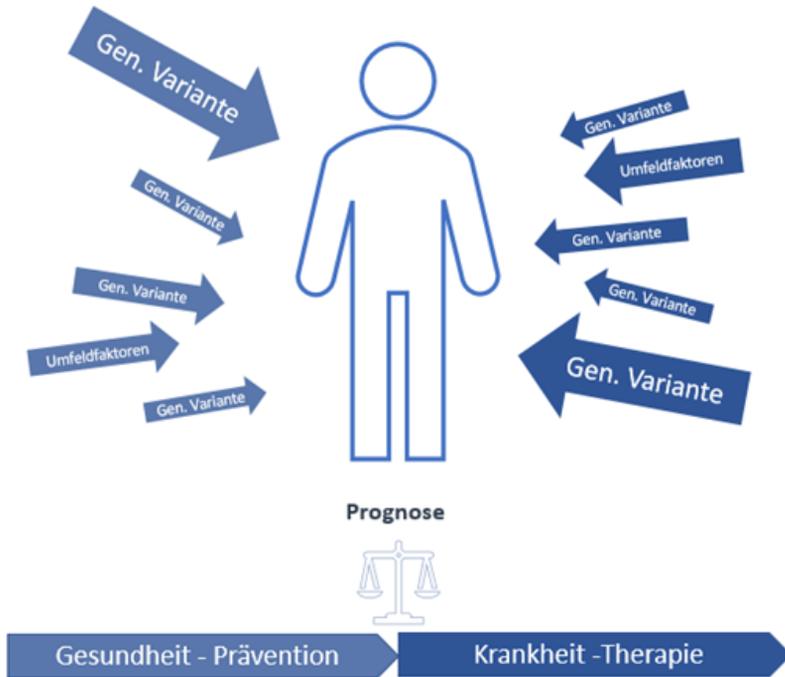


Abbildung 1: Die Genetische Variation beeinflusst Gesundheit und Krankheit

Verschiedene Faktoren wie beispielsweise unterschiedliche genetische Varianten oder Umweltfaktoren haben Einfluss auf die Krankheitsentstehung bzw. den Krankheitsverlauf. Die Auswirkungen verschiedener genetischer Faktoren ist unterschiedlich. So können genetische Varianten mit starken Effekten zu schweren Erkrankungen führen, genetische Varianten mit schwachen Effekten dagegen nur zu Gesundheitsbeeinträchtigungen in bestimmten Variantenkombinationen. Das Wissen um den Zusammenhang genetischer Faktoren und der Gesundheit bzw. Krankheit ermöglicht es, präventive Maßnahmen zu ergreifen oder die Therapie anzupassen und erlaubt letztendlich die Prognoseabschätzung.

2 Die humangenetische (R)-Evolution: Wie die Humangenetik unser Verständnis von Gesundheit und Krankheit verändert

Die Geschichte der Humangenetik ist eng mit der Entwicklung von Methoden zur Entschlüsselung der DNA-Struktur und -Sequenz (Chromosomenanalyse, Copy Number-Analysen und v. a. DNA-Sequenziermethoden) verbunden.

Die ersten Sequenziermethoden waren sehr zeitaufwändig, ungenau und ineffizient. Erst durch die Einführung der Sanger-Sequenzierung ab 1977 war es möglich, die Sequenz einzelner Gene gezielt zu untersuchen. Vor allem basierend auf dieser Methodik wurde durch das Humane Genomeprojekt erstmals das menschliche Genom (fast) vollständig sequenziert. Dafür arbeiteten viele Arbeitsgruppen über 13 Jahre (1990 bis 2003) intensiv zusammen; die Kosten des Projektes beliefen sich auf ca. 3 Milliarden USD.

Die (R)Evolution in der genetischen Forschung und Diagnostik setzte mit der Einführung der Next-Generation Sequencing (NGS)-Technologien (oder auch Sequenzierung der zweiten Generation; Second Generation Sequencing) kurz nach der Jahrtausendwende ein. Diese Methoden ermöglichen das parallele Auslesen (Sequenzieren) tausender DNA-Fragmente in einem einzigen Untersuchungsansatz; sie werden daher auch als Hochdurchsatz-DNA-Sequenzierungsansätze bezeichnet. Hierdurch wurde die DNA-Sequenzierung zeit- und kosteneffizient. So dauert heute die Sequenzierung eines kompletten menschlichen Genoms nur noch wenige Stunden und kann bereits für wenige tausend Euro angeboten werden. Der Vergleich mit dem Zeit- und Kostenaufwand des Human Genome Project zeigt eindrucklich, dass NGS-Technologien die Sequenzierungsgeschwindigkeit und -kapazität dramatisch erhöht und somit die Entdeckung von Genvarianten und die Diagnose genetischer Krankheiten wesentlich vereinfacht haben.

Doch war es das? Nein! Die Weiterentwicklung und Einführung von weiteren, noch innovativeren und umfangreicheren Sequenzierungstechnologien hat das Potenzial, die Sequenzierkosten weiter zu senken und die Sequenzierung zu beschleunigen. Aber nicht nur das: zukünftig wird man mit der methodischen Weiterentwicklung viel mehr als nur die reine Abfolge der DNA-Bausteine sehen, auch Veränderungen in der Zusammensetzung und Struktur eines DNA-Strangs, Gen-modulierende, epigenetische Varianten und weitere bisher verborgene gebliebene Modifikationen des Erbmaterials werden mit einer einzigen Methode nachweisbar werden.

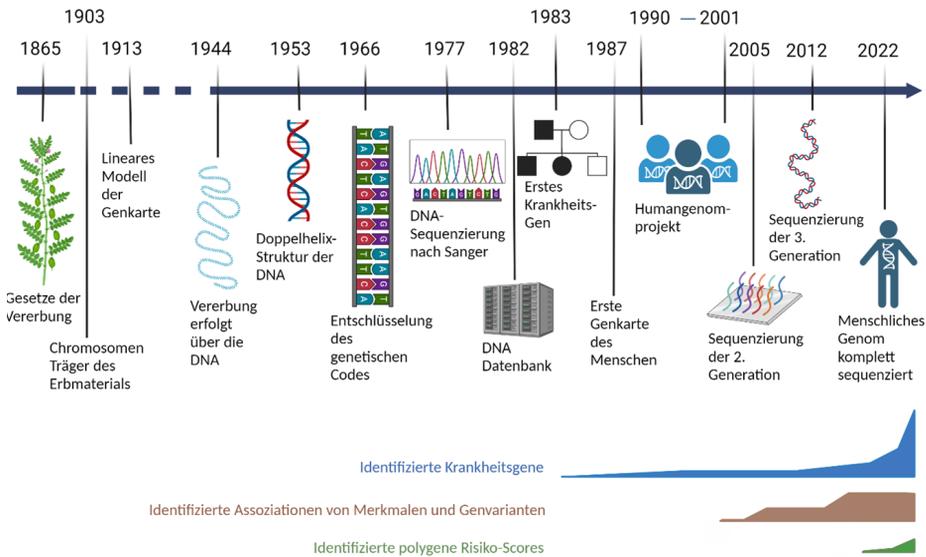


Abbildung 2: Die humangenetische (R)-Evolution

Übersichtsdarstellung der zeitlichen Entwicklung wissenschaftlicher und technologischer Meilensteine im Bereich der Genetik. Der technologische Fortschritt ermöglicht die Identifikation von Krankheitsgenen, die Assoziationen von Merkmalen und Genvarianten und die Erarbeitung polygener Risiko-Scores. Grafik erstellt mit BioRender.

Neben den Fortschritten in der Entschlüsselung und Sequenzierung des genetischen Materials haben weitere Aspekte wesentlich zum Wissens- und Informationsgewinn im Bereich der Humangenetik beigetragen. Hierzu gehört die Möglichkeit, in sogenannten Assoziationsstudien viele tausende Patienten und Probanden auf den Zusammenhang zwischen bestimmten Merkmalen und genetischen Varianten hin untersuchen zu können. In solchen Assoziationsstudien haben wir gelernt, dass sehr viele Bereiche des Lebens genetisch beeinflusst werden, wobei wenige Varianten einen starken (z. B. bei monogenen Erkrankungen) und viele genetische Varianten einen schwachen (z. B. Adipositas) Einfluss auf die Gesundheit haben. Insbesondere zur Identifizierung schwacher genetischer Varianten braucht es große Untersuchungskollektive, die nur durch enge internationale Kooperationen und Netzwerke, durch den systematischen Aufbau von Datenbanken und ungehinderten Informationsaustausch von genetischen Daten und Ressourcen erreicht werden.

Umso besser wir den Einfluss genetischer Faktoren auf die Gesundheit bzw. Krankheit eines jeden Menschen verstehen, desto besser können wir Empfehlungen zur Optimierung der Therapie bzw. Vorsorge eines jeden Individuums, auf Basis des individuellen genetischen Profils, entwickeln.

Insgesamt hat der internationale Wissensgewinn in der Humangenetik, getrieben durch die modernen DNA-Sequenzierungsmethoden, zu enormen Fortschritten in der medizinischen Forschung geführt, welche sich auf alle Bereiche der Medizin auswirken. Unser Verständnis von Genetik und Krankheit bzw. Genetik und Gesundheit wurde und wird grundlegend verändert. Es ermöglicht genauere Prognosen über den Krankheitsverlauf und die Wirksamkeit bestimmter Behandlungen, aber auch die Erkrankungswahrscheinlichkeiten einer gesunden Person.

3 Vom Erbgut zur Erkrankung: Wie genetische Variationen den Krankheitsverlauf beeinflussen

Schon jetzt können wir, basierend auf genetischen Informationen, Prognosen über die Gesundheit und Krankheit einer Person treffen. Aber wie valide ist diese Information? Wie genau die Prognose? Und was, wenn wir falsch liegen? Immerhin ist jede Person einzigartig, also auch einzigartig in ihrer genetischen Variation.

Immerhin können wir für genetische Varianten mit einem starken Einfluss auf die Gesundheit (und zumeist einem hohen Risiko für eine Erkrankung) prognostisch das Auftreten und den Verlauf einer Erkrankung vorhersagen. Grundlage hierfür ist die deutliche Assoziation einer bestimmten genetischen Veränderung mit einer bestimmten Erkrankung, zumeist unterlegt mit epidemiologischen Daten und oft auch durch Wissen zur molekularen Krankheitsentstehung. Gemeint sind damit insbesondere monogene Erkrankungen, für die es, zumindest bei den Häufigeren unter ihnen, eine fundierte Datengrundlage zur Prognoseabschätzung gibt.

Monogen bedingte Erkrankungen sind also genetische Krankheiten, die durch eine Veränderung in nur einem Gen verursacht werden. Eine Prognoseabschätzung ist bei vielen dieser Erkrankungen gut möglich, da häufig die genetische Ursache gut verstanden ist und es eine direkte Verbindung zwischen dem klinischen Erscheinungsbild und der genetischen Veränderung gibt.

Ein Beispiel hierfür ist der erbliche Brust- und Eierstockkrebs mit unter anderem den Hochrisikogenen BRCA1 und BRCA2. Findet man, z.B. bei einer an Brustkrebs erkrankten Frau eine Veränderung in einem dieser Gene, kann die Prognose, auch hinsichtlich der Entstehung eines unabhängigen Zweittumors, abgeschätzt werden. Außerdem stellt der Nachweis dieser Genveränderungen die Grundlage für die Einsatzmöglichkeit einer spezifischen Therapie, den so genannten PARP-Inhibitoren wie z.B. Olaparib, dar. Diese Medikamente sind insbesondere dann wirksam, wenn eine entsprechende genetische Veränderung in BRCA1 oder BRCA2 vorliegt.

Schwieriger ist die Prognoseabschätzung für genetisch (mit)verursachte Erkrankungen, für die keine einzelne, monogene Ursache gefunden werden kann. Hier ist es

unsere Aufgabe, die genetischen Varianten mit schwachem Einfluss zu identifizieren. In der Regel ist es dann nicht eine einzelne Variante, sondern das Zusammenwirken einer Vielzahl von genetischen Varianten mit einem jeweils schwachen Einfluss, die gemeinsam mit nicht-genetischen Faktoren die Erkrankung verursachen. In der Summe aber haben diese vielen „schwachen“ Varianten wieder einen starken genetischen Einfluss. Das Erkennen und Bewerten eines solchen Zusammenwirkens mehrerer Varianten mündet in der Etablierung so genannter polygener (also mehrere Gene inkludierender) Risiko-Scores (polygenic risk score, PRS), die eine immer größer werdende Rolle in der Prognoseabschätzung genetisch (mit)verursachter Erkrankungen spielen. Schon heute fassen einzelne PRS das genetische Profil einer Person zusammen und ermöglichen so eine individuelle Risiko- und Prognoseabschätzung bei definierten Erkrankungen. Insbesondere bei Krebserkrankungen, wie z. B. Brustkrebs, bei denen keine krankheitsursächlichen monogenen Veränderungen nachgewiesen werden kann, wird es zukünftig möglich sein mittels eines PRS die Prognose abschätzen zu können.

Aber die Genetik kann nicht nur Prognosen bezüglich eines Krankheitsverlaufs von spezifischen Krankheiten treffen. Auch die Wirksamkeit einer medikamentösen Behandlung kann vorhergesagt werden. Dies kann dazu beitragen, die Wirksamkeit von Behandlungen zu verbessern und Nebenwirkungen zu minimieren.

Beispielsweise erleiden bis zu 30 % der mit dem Chemotherapeutikum „5-FU“ (5-Fluorouracil) behandelten Patienten schwere unerwünschte Nebenwirkungen. Dies wird häufig ausgelöst durch genetische Varianten im *DPD*-Gen und einer damit verbundenen reduzierten Verstoffwechslung von 5-FU, was in einer erhöhten Toxizität mündet. Eine genetische Untersuchung auf das Vorliegen dieser genetischen Veränderungen vor Applikation der Chemotherapie, lässt diese Komplikationen vorhersagen und kann somit unerwünschte Nebenwirkungen verhindern, indem die Art und Dosis der Therapie individuell angepasst werden.

4 Durch die Glaskugel der Gesundheit: Prädiktive Diagnostik und die Revolution der medizinischen Vorhersage

Neben der Prognoseabschätzung für erkrankte Personen bietet die Genetik die einzigartige Möglichkeit auch gesunden Personen, im Sinne einer vorhersagenden Diagnostik, Informationen zu individuellen Erkrankungswahrscheinlichkeit zur Verfügung zu stellen.

Diese vorhersagende oder auch prädiktive Diagnostik ist eine der aufregendsten und bahnbrechendsten Entwicklungen in der Genetik. Sie ermöglicht Erkrankungswahrscheinlichkeiten zu identifizieren und präventive Maßnahmen zu ergreifen, lange

bevor erste Symptome auftreten, aber auch Krankheiten frühzeitig zu erkennen und somit zu therapieren.

Doch wie funktioniert diese faszinierende Prädiktion, die wie etwas aus einem Science-Fiction-Film klingt?

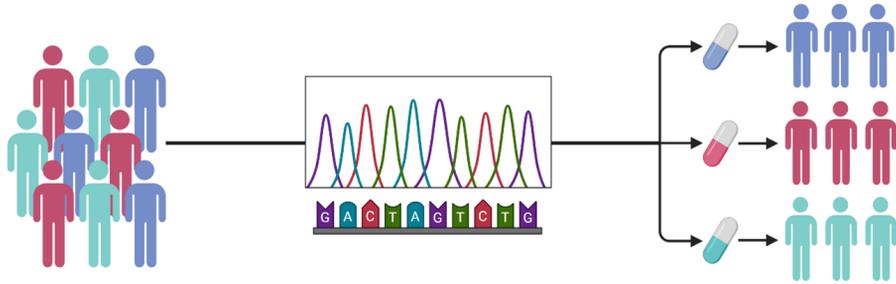


Abbildung 3: Präzise Therapie basierend auf dem genetischen Profil

Durch genetische Untersuchungen kann die Wirksamkeit und Verstoffwechslung bestimmter Medikamente vorhergesagt werden. Dies ermöglicht eine individuelle, zielgerichtete Therapie und die Vermeidung von unerwünschten Arzneimittelnebenwirkungen. Grafik erstellt mit BioRender.

Voraussetzung dieser prädiktiven Diagnostik ist die Durchführung genetischer Tests zur Untersuchung des genetischen Materials eines Individuums. Dadurch können an gesunden, asymptomatischen Personen bestimmte genetische Varianten identifiziert werden, die mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung bestimmter Krankheiten verbunden sind. Dies können Varianten mit starkem Einfluss auf die Gesundheit (monogen) oder Varianten mit schwachem Einfluss auf die Gesundheit sein.

Sind Personen mit erhöhten Erkrankungswahrscheinlichkeiten identifiziert, können und sollte für diese möglichst frühzeitig ein Präventions- oder Behandlungsprogramm geplant werden.

Wieder zurück zum Beispiel des erblichen Brust- und Eierstockkrebs. Besteht der Verdacht auf eine erbliche Krebsveranlagung in einer Familie, oder ist eine solche bereits nachgewiesen worden, können sich auch gesunde Personen genetisch untersuchen lassen. So werden genetische Varianten mit hohem Einfluss auf die Gesundheit bzw. mit hohem Risiko für die Entstehung von Brustkrebs, wie zum Beispiel eine Veränderung in den Hochrisikogenen *BRCA1* und *BRCA2*, erkannt. Durch das frühzeitige Wissen um diese genetischen Varianten kann die individuelle Erkrankungswahrscheinlichkeit konkret abgeschätzt und präventive Maßnahmen, wie eine intensiviertere, regelmäßige Überwachung bis hin zu

vorsorglichen (prophylaktischen) Operationen, wie die Entfernung des Brustgewebes und der Eierstöcke, ergriffen werden. Durch diese auf der genetischen Diagnostik beruhenden Maßnahmen, kann die Sterblichkeit dieser Erkrankungen wesentlich reduziert werden.

Die prädiktive Diagnostik ist bereits heute eine wichtige und weit verbreitete Methode in der medizinischen Praxis, aber ihre Bedeutung wird in Zukunft noch weiter zunehmen, denn mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung von Technologien und der zunehmenden Verfügbarkeit von genetischen Datenbanken und Informationen wird die Genauigkeit und Präzision genetischer Tests und die daraus resultierende Prognose stetig verbessert. Insbesondere werden auch Varianten mit geringerem Einfluss auf die Gesundheit im Rahmen von Polygenen Risikoscores in der klinischen Versorgung immer mehr Anwendung finden. Bei unserem Beispiel des erblichen Brust- und Eierstockkrebses wird die Etablierung der PRS in der Regelversorgung nicht mehr lange auf sich warten lassen.

Doch was bedeutet dies alles kurz zusammengefasst? Die Bestimmung einer genetischen Konstellation dient nicht nur einer reinen Prognoseabschätzung, sondern hat sowohl für Erkrankte wie auch für Gesunde Auswirkungen auf das klinische Management und beeinflusst somit den Verlauf von Krankheit und Gesundheit unmittelbar.

Daher kann die Genetik nicht nur die Prognose abschätzen, sondern sie auch positiv beeinflussen und ist daher von wesentlicher prognostischer Relevanz.

Literatur

- Imyanitov EN, Kuligina ES, Sokolenko AP, Suspitsin EN, Yanus GA, Iyevleva AG, Ivantsov AO, Aleksakhina SN.** Hereditary cancer syndromes. *World J Clin Oncol.* 2023 Feb 24;14(2):40-68.
- Lewis, C. M., Vassos, E.** Polygenic risk scores: from research tools to clinical instruments. *Genome Med* 12, 44 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13073-020-00742-5>
- Roden, D., George Jr, A.** The genetic basis of variability in drug responses. *Nat Rev Drug Discov* 1, 37-44 (2002).
- Shendure, J., Balasubramanian, S., Church, G. et al.** DNA sequencing at 40: past, present and future. *Nature* 550, 345-353 (2017).
- Yoshida, R.** Hereditary breast and ovarian cancer (HBOC): review of its molecular characteristics, screening, treatment, and prognosis. *Breast Cancer* 28, 1167-1180 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12282-020-01148-2>

Über die Autoren

Sebastian Burkart ist ärztlicher Mitarbeiter in der Genetischen Poliklinik und befindet sich seit Januar 2024 in der Weiterbildung im Bereich Humangenetik am Institut für Humangenetik des Universitätsklinikums Heidelberg. Zuvor war er von November 2022 bis November 2023 als Arzt in Weiterbildung in der Neurologie an der Klinik für Neurologie des Klinikums Rosenheim tätig. Sein akademischer Werdegang begann mit dem Studium der Humanmedizin an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. Seine Promotion erfolgte in der Sektion Experimentelle und Translationale Kopf-Hals-Onkologie unter der Leitung von Prof. Dr. Jochen Heß in Heidelberg. In seiner Dissertation mit dem Titel „Identifikation einer neuen UCHL1-assoziierten Tumorsubgruppe mit genomischer Instabilität, alteriertem Tumormikromilieu und einer Vulnerabilität gegenüber genotoxischer Therapie“ widmete er sich der molekularen Erforschung neuer Tumorsubgruppen. Aktuell beschäftigt sich Sebastian Burkart wissenschaftlich mit dem Dup15q-Syndrom, wobei er strukturelle Variationen mittels Long-Read-Sequenzierung entschlüsselt und die Genotyp-Phänotyp-Korrelationen untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt seiner Arbeit liegt auf den molekularen Ursachen von hereditären Bindegewebserkrankungen. Darüber hinaus engagiert er sich in der klinischen Forschung zur Identifikation neuer krankheitsursächlicher genetischer Veränderungen.

Maja Hempel ist seit September 2021 stellvertretende ärztliche Direktorin am Institut für Humangenetik des Universitätsklinikums Heidelberg. In dieser Position leitet sie die Genetische Poliklinik und bekleidet zugleich die W3-Professur für Allgemeine Humangenetik. Ihre berufliche Laufbahn begann sie als Assistenzärztin für Kinder- und Jugendheilkunde an den Kinderkliniken des Allgemeinen Krankenhauses Celle in Niedersachsen sowie am Kreiskrankenhaus Heide in Holstein. Ihre Begeisterung für „das Seltene“ führte sie in die Humangenetik, wo sie ihre Ausbildung in der Pränatal-Medizin München und am Institut für Humangenetik der Technischen Universität München fortsetzte und 2013 als Fachärztin für Humangenetik abschloss.

Von 2013 bis 2021 war Maja Hempel stellvertretende ärztliche Direktorin und Leiterin der Abteilung Klinische Genetik am Institut für Humangenetik des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf. Wissenschaftlich hat sich Maja Hempel von Beginn an der Identifizierung und Charakterisierung von Krankheitsgenen und deren assoziierten Merkmalen verschrieben. Sie hat mehrere neue Krankheitsgene beschrieben bzw. war an Ihrer Erstbeschreibung beteiligt. Im Focus Ihrer Arbeit stand dabei die detaillierte klinische Beschreibung der klinischen Merkmale, ihre Verknüpfung mit den genetischen Befunden sowie das Herleiten klinischer Managementstrategien für die Betroffenen. Im Jahr 2019 habilitierte sie sich mit einer Arbeit zur Identifizierung

neuer krankheitsassoziiierter Gene durch exomweite Untersuchungsansätze. Im Jahr 2021 folgte die Berufung zur W3-Professorin für Allgemeine Humangenetik an der Medizinischen Fakultät der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. Hier hat sich das Spektrum ihrer Interessen um das der interdisziplinären Versorgung von Patienten mit seltenen Erkrankungen erweitert. Maja Hempel vereint in ihrer Person umfangreiche klinische Erfahrung mit herausragender wissenschaftlicher Expertise und trägt somit maßgeblich zur Weiterentwicklung der Humangenetik als Brückenfach in der Medizin bei.

Korrespondenzanschrift

Dr. Sebastian Burkart
Genetische Poliklinik
Im Neuenheimer Feld 440
sebastian.burkart@med.uni-heidelberg.de

Prof. Dr. Maja Hempel
Genetische Poliklinik
Im Neuenheimer Feld 440
maja.hempel@med.uni-heidelberg.de

Das Lebensende absehen – Prognosefindung als (palliativ-) medizinisches Erfordernis

Bernd Alt-Epping

Universitätsklinikum, Universität Heidelberg

Zusammenfassung Gerade im Kontext inkurabler, fortschreitender Erkrankungen tritt die Frage nach der weiteren Prognose, zum Beispiel nach der verbleibenden Lebenszeitprognose, mit besonderer Dringlichkeit auf. „Wie viel Zeit habe ich noch?“, oder „Mit welchen Problemen und Belastungen muss ich im Rahmen dieser Erkrankung rechnen?“ sind dabei Fragen von Betroffenen, die nicht nur die existenzielle, allumfassende Dimension schwerer Erkrankungen verdeutlichen, sondern auch unmittelbar therapierrelevante Auswirkungen haben („Macht diese Therapie noch Sinn, wenn das Lebensende sowieso absehbar ist?“). Dabei zeugt die Evidenz aus Studien davon, wie wenig valide medizinische Prognosefindung selbst in diagnostisch definierten Erkrankungssituationen gelingt (und wie unzureichend und unrealistisch vor allem die ärztliche Einschätzung hierzu ist) – dies umso mehr vor dem Hintergrund der Entwicklungen der modernen Onkologie einerseits und der divergenten gesellschaftlichen Haltung gegenüber lebenserhaltenden und lebensbeendenden Maßnahmen andererseits. Selbst die prognostische Einschätzung, ob sich ein Mensch bereits in der unmittelbaren, unumkehrbaren Versterbesituation befindet oder nicht, beruht in hohem Maße auf subjektiven (und damit potenziell unterschiedlich wahrnehmbaren) Kriterien. Dieser Beitrag soll einerseits aus (palliativ-)medizinischer Perspektive die Notwendigkeit der medizinischen Prognosefindung, aber auch die damit verbundenen enormen Schwierigkeiten im medizinischen Kontext, verbunden mit weiteren gesellschaftlichen und sozialen Einflussfaktoren, darstellen, in dem Versuch, die letzte Lebensphase, ihre Erfordernisse, und die Probleme der dort zu treffenden Entscheidungen besser verstehbar zu machen. Darüber hinaus sollen alternative Bewertungskonzepte in schweren Erkrankungssituationen aufgezeigt werden, die einen positiveren, toleranteren Umgang mit prognostischer Unsicherheit ermöglichen könnten.

Medicine is the science of uncertainty and the art of probability.

(William Osler, 1892)

1 Prognose als therapiebestimmender Faktor

Wenn Menschen erkranken, geht es medizinischerseits nicht nur darum, die Erkrankung in eine Kategorie einzusortieren und eine Diagnose zu stellen, und auch nicht nur darum, eine kausale und eine symptomorientierte Therapie einzuleiten, sondern auch eine Prognose über den weiteren Verlauf der Erkrankung abzugeben. Dabei hat die Abschätzung der Prognose einerseits diverse Implikationen auf medizinische Therapieentscheidungen: so zum Beispiel, wenn es um die Sinnhaftigkeit kausaler Therapien oder aggressiver lebenserhaltender oder organersetzender Interventionen geht, oder um Entscheidungen über die Begrenzung intensivmedizinischer Maßnahmen und die Kommunikation mit Patienten und Angehörigen. Andererseits birgt die Prognose auch Implikationen auf biografische, soziale und existenzielle Fragen: zum Beispiel wenn es um das Investieren von Zeit und Geld für die verbleibende Lebensphase geht, um familiäre Beziehungen und Pflege, oder konkret darum, ob nun der Zeitpunkt gekommen ist, dass entfernt wohnende Angehörige anreisen sollten, um einem Menschen in Krankheit und Sterben beizustehen (Smith 2013).

In der antiken, hippokratischen Medizin galt die Prognosefindung als Ausdruck höchster ärztlicher Kunst – zumal die therapeutischen Optionen zu den meisten Diagnosen denkbar gering waren. Dabei ging es vor allem darum, ob es sich um eine Erkrankung handelt, die das Leben beendet, oder nicht. Wenn die Prognose tatsächlich als infaust eingeschätzt werden musste, in dem Sinne, dass zu erwarten war, dass der Patient / die Patientin verstirbt, tat der Arzt / die Ärztin gut daran, das Weite zu suchen, da man ihm / ihr das Versterben eines von ihm / ihr betreuten Patienten / Patientin durchaus zur Last gelegt hätte (vergl. Stolberg 2020).

Für Patienten und Angehörige stellt die ärztliche Einschätzung der Prognose der Erkrankung eine nicht zu überschätzende Information dar. Gerade im Kontext inkurabler, fortschreitender Erkrankungen, wie zum Beispiel metastasierter Krebserkrankungen, wie sie in der Palliativmedizin häufig zu Grunde liegen, tritt die Frage nach der weiteren Prognose, zum Beispiel nach der verbleibenden Lebenszeitprognose, mit besonderer Bedrohlichkeit auf: „Wie viel Zeit habe ich noch?“, oder „Mit welchen Problemen und Belastungen muss ich im Rahmen dieser Erkrankung rechnen?“ sind dabei Fragestellungen von Betroffenen, die nicht nur die existenzielle, allumfassende Dimension schwerer Erkrankungen verdeutlichen, sondern auch unmittelbar therapie-relevante Auswirkungen haben („Macht diese Therapie noch Sinn, wenn das Lebensende sowieso absehbar ist?“).

Die Sterbephase pronostizieren: Selbst die prognostische Einschätzung, ob sich ein Mensch bereits in der unmittelbaren, unumkehrbaren

Versterbesituation befindet oder nicht, beruht in hohem Maße auf subjektiven (und damit potenziell unterschiedlich wahrnehmbaren) Kriterien. Dabei hängen von dem Explizitmachen, dass ein Mensch nun dabei ist, zu versterben, diverse Entscheidungen ab, die unter anderem die Begrenzung nicht mehr zielführender medizinischer Maßnahmen, das Antizipieren und Behandeln von spezifischen Symptomen in der Sterbephase, die Kommunikation mit Angehörigen und dem Behandlungsteam und Trauerarbeit betreffen. In der S3-Leitlinie „Palliativmedizin für Patienten mit einer nicht heilbaren Krebserkrankung“ (Leitlinienprogramm Onkologie 2020) werden einige unspezifische Kriterien für die Sterbephase genannt, wie z.B. die Veränderung der Atmung, der Emotionen und des Bewusstseins, zunehmende Schwäche, reduzierter Allgemeinzustand, Verwirrtheit oder der Verlust des Interesses an Nahrungs- und Flüssigkeitszufuhr. Letztlich wird auf eine interprofessionelle Diagnosestellung und auf die Intuition der an der Behandlung Beteiligten verwiesen.

2 Ethische und gesellschaftliche Implikationen der Prognosefindung

Die besondere Bedeutung der Prognosefindung spiegelt sich auf der ethischen und gesellschaftlichen Ebene auch in der Diskussion um den medizinischen Nutzen und die Sinnhaftigkeit bestimmter Therapien („Futility“, ZEKO 2022) wider. In bestimmten Erkrankungskontexten werden enorme Ressourcen aufgewendet und vielseitige Belastungen erzeugt, um eine Therapie durchzuführen, die möglicherweise erfolglos bleibt oder die aufgrund der bereits vorzeitig das Leben beendenden Erkrankung erst gar keine Wirkung entfalten kann. Der Wunsch vieler Menschen in der Gesellschaft, trotz schwerer Erkrankung länger leben zu wollen, steht hier im Konflikt mit dem Vorbehalt gegenüber den zuweilen dafür erforderlichen invasiven, belastenden lebensverlängernden Maßnahmen, die als nicht lebenswert empfunden werden.

- Wie gering darf die Wahrscheinlichkeit der Wirkung einer Therapiemaßnahme sein, dass sie noch als sinnvoll („indiziert“) gelten kann?
- Welches (durch den Patientenwillen mitdefinierte) Behandlungsziel gilt noch als ausreichend, um aggressive Therapiemaßnahmen zu rechtfertigen?
- Kann ein reines Überleben auf der Intensivstation ohne Aussicht auf ein Leben außerhalb dieses Settings die Fortsetzung einer lebenserhaltenden Maßnahme rechtfertigen?

Die Antwort auf diese Fragen wird sicher vom erhofften Therapieziel und von den mit der Therapie verbundenen Belastungen abhängen, ist aber mit Blick auf die Meso-Ebene des Krankenhauses oder auf die Meta-Ebene des Solidarsystems der Krankenkassen letztlich eine übergeordnete, gesellschaftliche Frage. Hier sind andere Länder in der gesellschaftlichen Diskussion weit voraus; teilweise wurde bereits versucht, Obergrenzen für die finanziellen Kosten zu definieren, die für ein lebensqualitätsadjustiertes Lebensjahr noch zu rechtfertigen sind (QUALY; Gandjour 2020).

3 Schwierigkeiten der medizinischen Prognoseeinschätzung

3.1 Kausale Therapie als Variable

Die medizinische Prognose, beispielsweise in der Onkologie, kann anhand statistischer, zeitbezogener Messgrößen beschrieben werden, die auf der Evidenz größerer Kohorten gleichermaßen erkrankter Patienten beruhen, wie die 5-Jahres-Überlebensrate (**overall survival**), die krankheitsfreie Überlebenszeit (*disease free survival*), oder die durchschnittliche Zeit bis zum Progress der Erkrankung (*time to progression*). Diese Daten werden aus klinischen Studien gewonnen, die die Erkrankungsverläufe unter einer Therapie X mit einer Therapie Y vergleichen. Bei wie vielen Patienten die Studientherapie überhaupt anspricht und messbar wirkt, wird mit Begriffen wie die *Response Rate* beschrieben. Die Einschätzung der Prognose kann unter der Annahme geschehen, dass die vorgesehene Therapie wirkt, oder unter der Annahme, dass die Therapie nicht wirkt (oder nicht gegeben wird oder nicht umsetzbar ist). Daten zum Verlauf gänzlich unbehandelter Erkrankungen sind zumindest in der konservativen, nicht-operativen Medizin, zum Beispiel in der Medizinischen Onkologie, selten („Substanz X versus *best supportive care*“).

Insofern ist die a priori Einschätzung der Prognose des Verlaufes der Erkrankung nicht nur ein Blick auf die Natur der Erkrankung selbst (d. h. auf die zu Grunde liegende Biologie / Dynamik / Aggressivität der Erkrankung), sondern auch ein Blick auf die vorgesehene Therapie und ihre erhoffte Wirksamkeit.

3.2 Nicht-lineare Erkrankungsverläufe als Variable

Neben der kausalen Behandlung als eine Variable der Erkrankungsprognose wird die Prognosefindung dadurch erschwert, dass viele unheilbare Erkrankungen nicht linear, sondern wechselhaft oder in Schüben verlaufen, oder gekennzeichnet durch ihre schweren (und schwer vorherzusagenden) Komplikationen sind, die dann die verbleibende Lebenszeitprognose sehr abrupt und mehr determinieren als die Manifestation und der

Progress der Grunderkrankung selbst. Diese chronisch-schubförmigen, wechselhaften und komplikationsbehafteten Erkrankungsverläufe treten zum Beispiel bei neurodegenerativen Erkrankungen, oder bei Herz- oder Lungenerkrankungen auf (Lynn 2003).

Lange Zeit galt der Verlauf metastasierter inkurabler Krebserkrankungen hingegen eher als linear progredient, mit einer gewissen Progressverlangsamung (wenn überhaupt) durch die bis vor 20–30 Jahren noch als führende Therapieoption geltenden zytotoxischen Chemotherapeutika. Neue Therapieformen haben in den vergangenen 15–20 Jahren die palliative Onkologie revolutioniert. Mit sogenannten „*targeted therapies*“, die gezielt in molekulare Signalprozesse eingreifen oder mit „*Immunecheckpoint-Inhibitoren*“, die als Immuntherapien das Immunsystem hochregulieren, können bei einigen Patienten, die entsprechende molekulargenetische Voraussetzungen erfüllen, zu extrem hohen Ansprechraten und dauerhaftem Ansprecherfolg mit Langzeitüberleben führen. Aus einer nicht heilbaren Tumorerkrankung mit Lebenszeitbeschränkung kann so bei einigen Patienten eine chronische Erkrankung oder gar ein mehr oder weniger dauerhaftes Fehlen von Tumormanifestationen werden. So können einige wenige Patienten mit metastasiertem Malignem Melanom – eine Erkrankung, die vor 15 Jahren noch regelhaft und linear zum Tode geführt hat – bei einer Mutation des *BRAF*-Gens durch diese recht neuen Medikamente nun auf eine dauerhafte Wachstumskontrolle ihrer Tumorerkrankung oder sogar eine dauerhafte Tumorfreiheit hoffen. Jedoch weisen nur etwa 50 % aller Melanom-Patienten diese Mutation auf, und von den Patienten, die diese Mutation aufweisen, sprechen wiederum nur etwa die Hälfte auf die Therapie an (Leitlinienprogramm 2018). Die genetische Signatur bei einem Bruchteil aller Betroffenen ermöglicht zwar den Einsatz neuer, hochwirksamer Medikamente, wirkt aber selbst nur bei einem Teil derjenigen, die die genetische Voraussetzung erfüllen.

Insgesamt hat sich die prognostische Einschätzung einer Krebserkrankung deutlich diversifiziert: Nicht mehr nur die Histologie / die Tumorentität, sondern auch molekulargenetische Parameter beeinflussen prognostisch das therapeutische Ansprechen und die resultierende Überlebenszeit (Neubauer 2017).

3.3 Weitere Variablen

Neben der kausalen Therapie und der Wechselhaftigkeit chronischer Erkrankungsverläufe kommen noch weitere Faktoren hinzu, die die prognostische Einschätzung des Erkrankungsverlaufs erschweren, wie zum Beispiel:

- Begleiterkrankungen (Komorbiditäten), die teils entscheidenden Einfluss auf den Verlauf der Erkrankung und auf die Therapiefähigkeit von Patienten haben, und anhand von Scores quantifiziert und damit versuchsweise objektiviert werden (Williams 2023),

- die psychischen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel die positive oder negative Erwartungshaltung an die Wirkung einer Therapie (Placebo- oder Nocebo-Wirkung),
- die Therapie-Compliance (oder Therapie-Adhärenz) eines Patienten / einer Patientin, sowie
- soziale Faktoren, wie die familiäre und soziale Unterstützung, strukturierte Wohnverhältnisse und finanzielle Verhältnisse. (Insbesondere in den USA werden in klinischen Studien Therapieverläufe innerhalb verschiedener Bevölkerungsgruppen verglichen und dabei signifikante Unterschiede festgestellt).

Wie der Verlauf einer Erkrankung ist, hängt demnach auch von einer Vielzahl sich wechselseitig beeinflussender Faktoren ab, und ist dementsprechend schwer zu prognostizieren.

3.4 Optimistische Wahrnehmung als Prognosefindungsproblem

Eine Besonderheit bei der Suche nach Ursachen für das Prognosefindungsproblem in der Medizin dürfte auch die Evidenz aus Studien sein, dass Ärztinnen und Ärzte selbst in diagnostisch definierten Erkrankungssituationen (zum Beispiel bei einer inkurabel metastasierten Krebserkrankung, noch vor Einführung der moderner Therapien in der palliativen Onkologie) die verbleibende Lebenszeit in überoptimistischer Weise um den Faktor 5,3 überschätzten (Christakis 2000; Gwilliam 2013). Dieser ärztliche Überoptimismus mag im Kontext von „Mut machen“ und „Hoffnung geben“ verstehbar sein. Aus palliativmedizinischer Sicht jedoch dürften die Belastungen, die sich aus dem Verpassen einer Diskussion über verbleibende Therapieziele ergeben (Laryonava 2015), oder die Belastungen einer (erneut) enttäuschten Erwartung an den Erkrankungsverlauf und die negativen Konsequenzen, die aus den verunmöglichten Planungen der Ausgestaltung der letzten Lebensphase resultieren, deutlich überwiegen.

4 Wege aus der Prognose-Problematik

4.1 Mehr Daten, feinere Stratifizierung, mehr Scores

In der modernen Medizin ist das Prognostizieren des Therapieansprechens und – damit indirekt verbunden – auch die Prognose der Erkrankung und des potenziellen Überlebens an sich – in geradezu unüberschaubarer Weise differenzierter geworden. Das Risiko, dass eine Erkrankung fortschreitet oder letztlich zum Tode führt, wird mit zunehmend vielen Faktoren korreliert; Patientengruppen werden in zunehmend schmalere definierten Gruppen stratifiziert, selbst innerhalb der palliativen Onkologie (Burgeois

2017). In diese differenzierte Risikoabschätzung fließen Daten aus klinischen Studien sowie klinische und molekulare Prädiktoren ein, die die Wirksamkeit bestimmter therapeutischer Optionen ex ante abschätzen helfen. Daraus resultierende prognostische oder therapeutische Algorithmen helfen zum Beispiel Brustkrebs-Patientinnen nach einer auf Heilung ausgerichteten Primärbehandlung, den zu erwartenden prognostischen Nutzen (wie zum Beispiel die Wahrscheinlichkeit, dass die Erkrankung nicht wiederkommt) mit dem leider einzukalkulierenden Schaden der adjuvanten Tumorthherapie (d. h. eine das statistische Rezidivrisiko reduzierende Therapie) abzuwägen (<https://www.mdanderson.org/>). Mit Blick auf die weiter rasant steigende Anzahl molekularer Marker, die Aufschluss über die Biologie der Erkrankung, aber noch mehr Aufschluss über die Wahrscheinlichkeit des Ansprechens bestimmter Therapieoptionen geben können, und die Komplexität aller anderen prognose(mit)bestimmenden Faktoren, dürfte zu erwarten sein, dass die Komplexität der Prognosefindung weiter zunehmen wird. Es ist gut vorstellbar, dass auf künstlicher Intelligenz (AI) gestützte Algorithmen und Risikobeschreibungen einen zunehmenden Stellenwert in der Prognosefindung erhalten werden (Avati 2018; Hildebrand 2023).

Dabei steht in der ethischen Diskussion, ob die Objektivierung der Prognosefindung durch prognostische Marker, kombinierte Scores, Checklisten und Algorithmen lediglich das bedrohliche Gefühl therapeutischer Unsicherheit reduziert, nicht aber den subjektiven Abwägungsprozess des Einzelnen beeinflusst.

Als Beispiel kann die in der palliativen Onkologie so schwere, aber regelhaft erforderliche Abwägung angeführt werden, ob eine Maßnahme durchgeführt werden soll, deren Wahrscheinlichkeit jeglicher Wirkung lediglich etwa 20 % beträgt, aber deren Wahrscheinlichkeit höhergradiger Nebenwirkungen und Toxizitäten (CTC-AE 3-4), einschließlich eines vorzeitigen komplikativen Versterbens, etwa 80 % beträgt. Hier wird eine weitere Präzisierung (z. B. ob es „etwa 20 %“ Ansprechrate sind oder „genau 20,0 %“ oder doch nur 19 %) wenig an der grundsätzlichen Abwägung ändern können – eine Abwägung, die eine von individuellen, psychischen, biografischen und sozialen Faktoren durchzogene Werteentscheidung darstellt. Zudem bedarf es einen Übertrag dieser Statistik auf dem Bevölkerungslevel (*population level estimates*) auf die individuelle Situation, wo in jedem Fall die Unsicherheit bleibt, ob die Person zu denjenigen „etwa 20 %“ gehört, bei denen Therapie anspricht, oder nicht. Auch das für solche Erhebungen übliche Konfidenzintervall von 95 % relativiert die Genauigkeit der Abschätzungen, die durch konkrete Zahlen suggeriert wird.

Zwei Formen von Unsicherheit (zitiert nach Harendza 2024):

„Unsicherheit tritt in zwei Erscheinungsformen auf: als aleatorische Unsicherheit, bedingt durch die nicht vorhersagbare Zufälligkeit von

Ereignissen, und als epistemische Unsicherheit, die auf einen Mangel an Wissen zurückzuführen ist. Letztere macht sich bei der Diskussion von Patientinnen und Patienten im Rahmen der klinischen Entscheidungsfindung bemerkbar, wenn sich die Erkenntnis Bahn bricht, dass das eigene Verständnis nicht komplett ist oder dass widersprüchliche Untersuchungsbefunde vorliegen.“ (Kiureghian 2008)

4.2 *Double Awareness*

Aus der hausärztlichen, allgemeinen Palliativmedizin entstammt das Konzept der „Überraschungsfrage“: „Wäre ich überrascht, wenn der Patient in den kommenden 6 (oder 12) Monaten versterben würde?“ (Murray 2005). Ein „Nein“ als Antwort sollte dann entsprechende prognostische Diskussionen und Planungen für die Ausgestaltung der möglicherweise letzten Lebensphase triggern (zum Beispiel das Erstellen einer Patientenverfügung und Vorsorgevollmacht, falls noch nicht geschehen). Dieses eher abschätzende Vorgehen hat sich in der klinischen Praxis bewährt und wurde in klinischen Studien validiert (Moss 2010).

4.3 *Surprise Question*

Aus der Psychotherapie und Psychoonkologie entstammt das Konzept der „Double Awareness“: Ursprünglich beschrieb der kanadische Psychiater Gary Rodin mit diesem Begriff die Fähigkeit lebenslimitierend erkrankter Patienten, trotz ihrer infausten Situation ein optimistisches, zutiefst sinnerfülltes Leben zu führen. In der Palliativmedizin wird dieser Begriff erweitert verstanden in dem Sinne, dass schwerkranken Patienten einerseits jede Unterstützung und Mut in ihrer belastenden kausalen medizinischen Behandlung zuteilwerden sollte (zum Beispiel, ihre multimodale Krebstherapie durchzuhalten), gleichzeitig aber auch die Aspekte des sich abzeichnenden oder zumindest denkbaren Lebensendes und die damit verbundenen Planungen und Unterstützungsaspekte mitbedacht werden („*Hope for the best, prepare for the worst*“).

In der palliativmedizinischen Praxis sind dies sehr tief gehende Gespräche über den „Plan B“, über das, was geschehen kann, wenn die begonnene Krebstherapie nicht mehr helfen sollte, und wie man dennoch helfen kann, diese dann letzte Lebensphase aushaltbar zu machen. Trotz aller Emotionalität dieser Gesprächssituation reagieren Patienten und Angehörige in nahezu allen Fällen mit tiefer Dankbarkeit, dass sie möglicherweise erstmalig über diese Sorgen sprechen konnten und nun eine Vorstellung

davon bekommen, wie auch das mögliche Scheitern der Tumorthherapie bewältigt werden kann. Nicht selten berichten Patienten, dass sie diese Sorgen bereits ab dem Diagnosezeitpunkt der Krebserkrankung mit sich trugen, aber diesen „Elefanten im Raum“ nie adressieren konnten.

Double Awareness (zitiert nach Rodin 2022; Colosimo 2017)

„Individuals with advanced and terminal disease are able to sustain a „double awareness“ of a foreshortened life, or even of imminent death, co-existing with a strong will to live and a tendency to find life meaningful.“

„The capacity to hold simultaneously the idea of living and dying may be the most important psychological in those who become ill, or aged, and who face the end of life.“

4.4 Bedarfsorientiertes statt prognoseorientiertes Handeln

Die bahnbrechende, randomisiert-kontrollierte Studie der Arbeitsgruppe von Jennifer Temel (2010), die signifikante Verbesserungen diverser Verlaufsparameter bei Patienten mit metastasiertem (incurablem) Bronchialkarzinom durch eine palliativmedizinische Mitbetreuung ab dem Zeitpunkt der Diagnosestellung der Inkurabilität aufzeigte, hatte in den vergangenen Jahren zwischenzeitlich zu der Auffassung geführt, dass ein prognoseabhängiger Einbezug palliativmedizinischer Mitbetreuung (d. h. zum Beispiel ab dem Stadium IV/ab dem formalen Zeitpunkt der Inkurabilität) auch in anderen Krebserkrankungssituationen zu fordern sei. Auch wenn der Nachweis für einige weitere Krebsentitäten gelang (insbesondere für aggressiv verlaufenden Krebsformen), so waren diese Effekte bei weniger aggressiv verlaufenden Entitäten weniger deutlich. Zudem wurde deutlich, dass bei einer solchen Sprachregelung Patienten mit lokal fortgeschrittenen Tumoren, die potenziell noch als „heilbar“ mit geringer Wahrscheinlichkeit galten, aus formalen Gründen von einer palliativmedizinischen Mitbetreuung ausgeschlossen wurden, selbst diese Patienten zum Teil unter gravierenden Symptomen und Belastungen litten.

Nicht zuletzt vor diesem Hintergrund rückt in der Palliativmedizin das prognoseorientierte Denken zunehmend in den Hintergrund, zugunsten eines eher belastungsorientierten Denkens: diejenigen Patienten sollen zusätzliche palliativmedizinische Expertise und Ressourcen erhalten, die dies aufgrund ihrer aktuellen oder zu erwartenden Symptome und Belastungen benötigen (Hui 2018).

4.5 Unsicherheit normalisieren

Neben den genannten Strategien, mit prognostischer Unsicherheit umzugehen (wie zum Beispiel i.) detailliertere Daten, Scores und Algorithmen bereit zu stellen, ii.) prognostische Abschätzungen mit der „*surprise question*“ zu treffen, iii.) verschiedene Prognoseszenarien im Sinne der „*double awareness*“ gleichzeitig zu bedenken, und iv.) anstelle der Prognose eher den Bedarf der jeweiligen Erkrankungssituation zu erkennen und in den Vordergrund zu stellen), braucht es möglicherweise gerade in Erkrankungssituationen am Lebensende eine Haltung, dass die Unsicherheit in der individuellen Prognosefindung und den damit zusammen hängenden medizinischen Entscheidungsprozessen ein unvermeidbarer, immanenter, zu akzeptierender Zustand ist. Idealerweise sollte diese Haltung bereits im Medizinstudium vermittelt werden (Jackson 2023). Stephen Hawking hat diese so hilfreiche Haltung der Gelassenheit aus Betroffenenicht in einem Interview im „The Guardian“ (15.05.2011) auf den Punkt gebracht:

„I have lived with the prospect of an early death for the last 49 years. I'm not afraid of death, but I'm in no hurry to die.“

Nicht selten stellt es therapeutischerseits eine Herausforderung dar, diese Haltung zu kommunizieren, zumal in der Laienpresse durchaus anderslautende Erwartungshaltungen vermittelt werden, die sich auf high-tech Bildgebung und molekulare / genetische Entwicklungen (neben anderen Aspekten) berufen.

A. K. Smith schrieb in einem Letter im New England Journal of Medicine mit dem Titel „*Uncertainty – the other side of prognosis*“:

„We believe that at least as much attention should be paid to clinicians' communication about the uncertainty associated with prognostication as to the search for better prognostic models.“

Die Kommunikation über die verbleibende prognostische Unsicherheit und der Abgleich von Erwartungshaltungen an die vermeintliche prognostische Verbindlichkeit sollte Hand in Hand gehen mit dem Wertschätzen und Nutzen der modernen Diagnostik und neuen prognostischen Marker. Hier kann die Palliativmedizin wegbereitend sein für andere Bereiche der Medizin. Insbesondere in der palliativen Onkologie – dem Hauptbetätigungsfeld der Palliativmedizin – ist die Haltung des „sowohl–als–auch“ bereits weit etabliert. Die Herausforderungen der Zukunft, auch vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklungen einer deutlich alternden Gesellschaft, liegen nun in

einer prognosegerechten, angemessenen, am Bedarf und an realistischen Therapiezielen ausgerichteten, wissenschaftlich fundierten, und die Gesamtrahmenbedingungen nicht aus den Augen verlierenden Behandlung und Begleitung betagter, dementer, multimorbider und schwerkranker Patienten (Schlögl 2021).

5 Conclusio

Die medizinische Prognosefindung hat insbesondere bei potenziell lebenslimitierenden Erkrankungen enorme Bedeutung für die Indikationsstellung weiterer Therapiemaßnahmen als auch für die individuelle Ausgestaltung der verbleibenden Lebenszeit. Diese Bedeutung steht jedoch in Kontrast mit den Schwierigkeiten, eine valide Prognose a priori zu treffen – trotz aller Fortschritte zum Beispiel in der molekularen Stratifizierung statistischer Risiken. Die Palliativmedizin hat einen (möglicherweise als Vorbild für andere medizinische Fachbereiche tauglichen) Umgang mit prognostischer Unsicherheit entwickelt, die bei möglicher oder gesicherter lebenslimitierender Erkrankung hilfreich sein können, sei es den probabilistischen Ansatz der „*Surprise Question*“, das Mitdenken und Kommunizieren verschiedener Erkrankungs- und Therapieverläufe („*Double Awareness*“), einen primär bedürfnisorientierten anstatt prognoseorientierten Unterstützungsansatz, oder die authentische, offene Kommunikation über prognostische Unsicherheit als auch in Zukunft immanentes Element in der Medizin.

Literatur

- Avati A, Jung K, Harman S, Downing L, Ng A, Shah NH.** (2018). Improving palliative care with deep learning. *BMC Med Inform Decis Mak* 12, 18 (Suppl 4): 122.
- Bourgeois H, Grudé F, et al.** (2017). Clinical validation of a prognostic tool in a population of outpatients treated for incurable cancer undergoing anticancer therapy: PRONOPALL study. *Ann Oncol* 28, 1612–1617.
- Christakis NA, Lamont EB.** (2000). Extent and determinants of error in doctor's prognoses in terminally ill patients: prospective cohort study. *BMJ* 320, 469–73.
- Colosimo K, Nissim R, Pos AE, Hales S, Zimmermann C, Rodin G.** (2017). „Double Awareness“ in psychotherapy for patients living with advanced cancer. *J Psychother Integr* 2017;
- Gwilliam B, Keeley V, Todd C, Roberts C, Giffins M, Kelly L, Barclay S, Stone P.** (2013). Prognosticating in patients with advanced cancer – observational study comparing the accuracy of clinicians' and patients' estimates of survival. *Annals of Oncology* 24, 482–488.
- Harendza S.** (2024). Dealing with uncertainty. *GMS J Med Educ.* 41(1).
- Hui D, Hannon BL, Zimmermann C, Bruera E** (2018). Improving patient and caregiver outcomes in oncology: Team-based, timely, and targeted palliative care. *CA Cancer J Clin.* 68, 356–376.

- Hildebrand RD, Chang DT, Ewongwo AN, Ramchandran KJ, Gensheimer MF. (2023). Study of patient and physician attitudes toward automated prognostic models for patients with metastatic cancer. *JCO Clin Cancer Inform* <https://doi.org/10.1200/CCI.23.00023> <https://breast.predict.nhs.uk/tool>; früher auch adjuvant!online
- Gandjour A. (2020). Willingness to pay for new medicines: a step towards narrowing the gap between NICE and IQWiG. *BMC Health Services Research* 20: 343.
- Jackson M. (2023). *Uncertain: the wisdom and wonder of being unsure*. Lanham: Prometheus Books.
- Kiureghian AD, Ditlevsen O. (2009). Aleatory or epistemic? Does it matter? *Struct Saf* 31, 109–112. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2008.06.020>
- Laryionava K, Heußner P, Hiddemann W, Winkler EC. (2015). Framework for timing of the discussion about forgoing cancer-specific treatment based on a qualitative study with oncologists. *Supp Care Cancer* 23, 715–721.
- Leitlinienprogramm Onkologie (Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe, AWMF) (2018)**. Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Melanoms, Langversion 3.0, AWMF Registernummer: 032/024OL, <http://www.leitlinienprogramm-onkologie.de/leitlinien/melanom/> (abgerufen am: 11.04.2024)
- Leitlinienprogramm Onkologie (Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe, AWMF) (2002)**. Palliativmedizin für Patienten mit einer nicht-heilbaren Krebserkrankung, Langversion 2.2, AWMF-Registernummer: 128/001OL, <https://www.leitlinienprogramm-onkologie.de/leitlinien/palliativmedizin/> (abgerufen am: 06.04.2024)
- Lynn J, Adamson DM. (2003). Living well at the end of life. Washington. *RAND Health*, 2003
- Moss AH, Lunney JR, Culp S, Auber M, Kurian S, Rogers J, Dower J, Abraham J. (2010). Prognostic significance of the „surprise“ question in cancer patients. *J Palliat Med* 13, 837–840.
- Murray SA, Boyd, Sheikh A. (2005). Palliative care in chronic illness *BMJ* 330, 611–612.
- Neubauer A. (2017). Immuntherapien von Tumoren mit Checkpoint-Inhibitoren. *Internist* 58, 408–423.
- Rodin G, Zimmermann C. (2008). Psychoanalytic reflections on mortality: a reconsideration. *J Am Acad Psychoanal Dyn Psychiatry* 36, 181–96.
- Schlögl M, Iyer AS, Riese F, Blum D, O’Hare L, Kulkarni T, Pautex S, Schildmann J, Swetz KM, Kumar P, Jones CA. (2021). Top ten tips palliative care clinicians should know about prognostication in oncology, dementia, frailty, and pulmonary diseases. *J Palliat Med* 24, 1391–1397.
- Smith AK, White BD, Arnold RM. (2013). Uncertainty - The other side of prognosis. *N Eng J Med* 368, 26.
- Stolberg M. (2020). *Die Geschichte der Palliativmedizin – Medizinische Sterbegleitung von 1500 bis heute*. 3. Auflage, Mabuse-Verlag Frankfurt/M, ISBN 9783940529794.
- Temel J, Greer J, Muzikansky A et al. (2010). Early palliative care for patients with metastatic non small-cell lung cancer. *N Engl J Med* 363, 733–742.
- Williams GR, Hopkins JO, et al. (2023). Practical assessment and management of vulnerabilities in older patients receiving systemic cancer therapy: ASCO Guideline questions and answers. *JCO Oncol Pract*
- Zentrale Kommission zur Wahrung ethischer Grundsätze in der Medizin und ihren Grenzgebieten (Zentrale Ethikkommission) bei der Bundesärztekammer**. Ärztliche Verantwortung an den Grenzen der Sinnhaftigkeit medizinischer Maßnahmen. Zum Umgang mit „Futility“. *Deutsches Ärzteblatt* 2022; *Deutsches Ärzteblatt* 119, 13. Mai 2022

Über den Autor

Bernd Alt-Epping ist Direktor der Klinik für Palliativmedizin am Universitätsklinikum Heidelberg und Professor für Palliativmedizin an der Universität Heidelberg. Studium in Münster und Cardiff, GB. Weiterbildung in der Inneren Medizin (GKH Herdecke) mit Schwerpunkt Hämatologie und Onkologie (Universitätsmedizin Göttingen), in der Notfallmedizin, speziellen Schmerztherapie und Palliativmedizin. 2006 – 2021 Mitwirkung beim Aufbau des Palliativzentrums Göttingen. Weitere Qualifikationen und Arbeitsschwerpunkte in klinischer Ethikberatung, als zertifizierte Kursleitung (DGP, AEM) und in der palliativmedizinischen Lehre und Bildungsarbeit. Wiss. Schwerpunkte in der klinischen Forschung, in der Versorgungsforschung, Ethikforschung, Lehrevaluation, u. a.

Korrespondenzanschrift

Prof. Dr. Bernd Alt-Epping
Klinik für Palliativmedizin, Universitätsklinikum Heidelberg, und Professur für
Palliativmedizin, Universität Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 305
69120 Heidelberg
bernd.alt-epping@med.uni-heidelberg.de

Poliomyelitis – Folgen fehlgeschlagener Prognosen bei der Ausrottung von Infektionskrankheiten

Olaf Müller

Heidelberger Institut für Global Health (HIGH) Universitätsklinikum Heidelberg

Zusammenfassung Die Eradikation einer Infektionskrankheit bedeutet die weltweite Ausrottung eines Krankheitserregers. Dies ist der Menschheit bisher erst einmal gelungen: die Eradikation der Pocken konnte von der Weltgesundheitsorganisation nach einem zehnjährigen Programm im Jahre 1980 deklariert werden. Im Jahre 1988 begann die Weltgemeinschaft das Eradikations-Programm der Poliomyelitis / Kinderlähmung (GPEI). Seitdem wurde die Zahl der Polio-Fälle um über 99 % reduziert. Die ursprüngliche Prognose war allerdings, dass die Ausrottung aller Polioviren bereits im Jahre 2000 erreicht sein würde. Da sich dies als unrealistisch erwies, legte die GPEI immer wieder neue Fristen fest (zuletzt das Ende des Jahres 2023), diese konnten aber alle nicht eingehalten werden. Der Wildtyp des Poliovirus Typ 1 ist in Pakistan und Afghanistan nach wie vor endemisch und droht weiterhin, sich auf andere Länder auszubreiten. Darüber hinaus stellen sekundäre Epidemien, die durch zum Wildtyp zurück-mutierte oral applizierte Polioviren aus Impfstoffen verursacht werden, in vielen Ländern weiterhin ein großes Problem dar. Das Ziel der Polio Eradikation steht daher heute vor folgenden komplexen Herausforderungen: (1) Ablehnung oder Nicht-Durchführbarkeit der Impfprogramme in zahlreichen Ländern, insbesondere aufgrund von Krieg und Bürgerkrieg sowie humanitärer Katastrophen; (2) Übergang vom vertikalen Ausrottungsprogramm zu einer Integration der verbleibenden GPEI-Funktionen in nationale Gesundheitssysteme; (3) Globaler Wechsel von oraler Polio-Lebend-Impfung zu inaktivierter Polio-Impfung; (4) Vernichtung aller Laborbestände an Polioviren; (5) Kontrolle der Polio-Ausbreitung von Langzeitausscheidern; (6) Gewährleistung maximaler Sicherheit in Impfstoff-produzierenden Fabriken; (7) Verhinderung einer absichtlichen Verbreitung de-novo-synthetisierter Polioviren; und (8) Zunahme von Spendermüdigkeit, die durch aktuelle geopolitische Krisen noch verstärkt wird. Da sich alle Prognosen bisher als falsch erwiesen haben, erscheint es heute rationaler, GPEI

zu beenden und stattdessen eine systematische und nachhaltige Polio-Bekämpfung im Rahmen einer global verbesserten allgemeinen Gesundheitsversorgung zu etablieren.

1 Einführung

Elimination bedeutet „die Reduzierung der Übertragung einer Krankheit in einem bestimmten geografischen Gebiet oder Land unter einen vorab festgelegten Schwellenwert“, während Eradikation definiert ist als „die weltweite Reduzierung einer Krankheit auf null aufgrund organisierter Programme“.¹ Eine Grundannahme für die Durchführung von Eradikationsmaßnahmen ist es, dass nach dem Erfolg eines solchen Programmes vorbeugende Maßnahmen gestoppt und dadurch Ressourcen gespart werden können.²

Es gab während des 20. Jahrhunderts bereits zahlreiche Ansätze, einzelne Infektionskrankheiten mit den damals verfügbaren Interventionen zu auszurotten (z. B. Gelbfieber über Mückenbekämpfung und Frambösie durch die Therapie mit Penicillin); diese Programme waren aber nicht gut geplant oder sie basierten auf falschen Annahmen und sind daher letztendlich alle gescheitert. Dies betraf auch das nach dem 2. Weltkrieg begonnene und über 15 Jahre betriebene aufwendige Malaria-Eradikationsprogramm, das im Jahre 1969 aufgrund zunehmender Resistenzentwicklung von Malariaerregern und Überträgermücken, sowie nicht funktionaler Gesundheitsdienste in Endemie-Ländern, beendet wurde.³

Die Pocken sind bisher die einzige menschliche Krankheit, die erfolgreich ausgerottet wurde.⁴ Nach einem intensiven globalen Eradikations-Programm über einen Zeitraum von 10 Jahren konnte die Weltgesundheitsorganisation (WHO) die Eradikation der Pocken im Jahre 1980 deklarieren. Seitdem gab es keine Pockenfälle mehr, allerdings ist das Virus noch in zwei Hochsicherheitslaboren in den USA und in Russland vorhanden. Seit der Eradikation der Pocken wurden auch andere Infektionskrankheiten als Kandidaten für globale Ausrottungsprogramme in Betracht gezogen, wobei die Drakunkulose (Medinawurm) – eine hauptsächlich im ländlichen Afrika vorkommende Parasitose – und die durch Viren hervorgerufene Poliomyelitis (Kinderlähmung) die bekanntesten sind.² Das globale Programm zur Ausrottung der Drakunkulose und das globale Programm zur Ausrottung der Poliomyelitis (*Global Polio Eradication Initiative*, GPEI) wurden bereits in den 1980er Jahren ins Leben gerufen.^{5,6} Beide Programme haben die Zahl der Fälle weltweit dramatisch reduziert, aber der angestrebte Erfolg wird durch unvorhergesehene Herausforderungen auf „der letzten Meile“ erschwert und sogar infrage gestellt.^{5,7}

2 Epidemiologie und Klinik

Poliomyelitis (Polio) wird durch das Wildtyp-Poliiovirus (WPV) Typ 1, 2 oder 3 verursacht.⁶ WPV ist ein hauptsächlich fäkal-oral übertragenes, hochinfektiöses Enterovirus, das in der Vergangenheit vor allem kleine Kinder betroffen hat.⁶ Die Infektion verläuft häufig asymptomatisch oder führt nur zu leichten und unspezifischen Symptomen; nur 0,1–0,5 % der Infektionen führen zu paralytischer Polio, die mit einer Mortalität von 5–10 % einhergeht.⁶ Obwohl bereits vor etwa 200 Jahren vereinzelt Fälle von paralytischer Polio gesehen wurden, gibt es keine Hinweise auf Epidemien vor dem Ende des 19. Jahrhunderts. Im 20. Jahrhundert kam es dann in den wohlhabenderen Ländern Europas und Nordamerikas regelmäßig zu Polio-Epidemien. Dies wurde durch verbesserte Hygiene erklärt, die zu einer Verzögerung des Erstinfektionsalters führte, in dem die Kinder dann nicht mehr durch mütterliche Antikörper geschützt sind.⁸ Der Höhepunkt der Polio-Fälle lag in Europa und Nordamerika in den 1950er Jahren bei etwa 600 000 Fällen pro Jahr, während in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen (low- and middle income countries, LMICs) erst ab den 1960er Jahren eine steigende Zahl von Polio-Fällen beobachtet wurde.⁶ Die Entwicklung, Registrierung und Einführung wirksamer Polio-Impfstoffe in Ländern mit hohem Einkommen (high income countries, HICs) – der mit Formalin inaktivierte Salk Polio-Impfstoff (IPV) im Jahr 1955 und der abgeschwächte *Sabin Live Oral Polio* Impfstoff (OPV) im Jahr 1961 – führten dann zu einem raschen Rückgang der Polio-Fälle.⁷

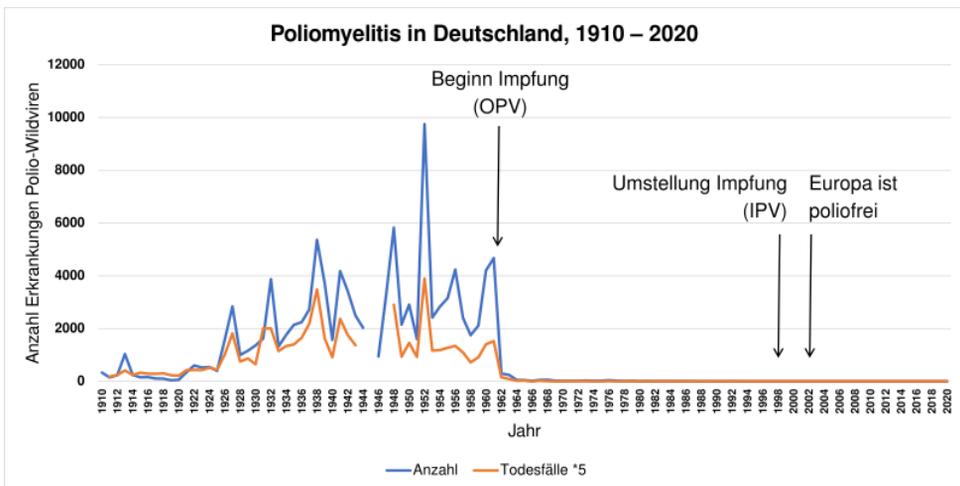


Abbildung 1: Poliomyelitis in Deutschland 1910–2020 (Quelle: Wikimedia)

Auch in Deutschland gab es noch bis in die 50er Jahre des vergangenen Jahrhunderts schwere Polio-Epidemien mit tausenden von Fällen, die erst durch umfangreiche Impfkampagnen („Schluckimpfung ist süß, Kinderlähmung ist grausam“) beendet wurden.⁶ (Abbildung 1)

3 Geschichte des GPEI

Vor fünfzig Jahren, im Jahre 1974, begann die WHO im Rahmen des globalen Immunisierungsprogramms (Essential Programme on Immunization, EPI) damit, Kinder in LMICs mit OPV zu immunisieren. Dies reichte jedoch nicht aus, um Polio zu kontrollieren.^{6,9} GPEI wurde 1988, inspiriert durch den Erfolg der Pocken-Ausrottung, ins Leben gerufen.² Es wurde als öffentlich-private Partnerschaft unter der Leitung nationaler Regierungen mit Unterstützung von sechs internationalen Partnern (WHO, UNICEF, US CDC, Gates Stiftung, Rotary International, GAVI) konzipiert, mit dem Ziel, die Polio bis zum Jahr 2000 auszurotten.⁷ Im Jahr 1988 war Polio noch in 125 Ländern endemisch mit etwa 350 000 Fällen pro Jahr.⁶ GPEI strebte eine hohe OPV-Abdeckung durch das routinemäßige EPI-Programm der WHO an, ergänzt durch Massenimpfkampagnen. Damals deuteten Modellstudien darauf hin, dass die Ausrottung kostengünstiger ist als Kontrollmaßnahmen.^{10,11} Diese Studien wurden jedoch kritisiert, da sie auf äußerst optimistischen Annahmen beruhten.¹²⁻¹⁴ OPV ist einfach zu verabreichen, führt zu einer Immunität auch auf den Schleimhäuten des Darms, und trägt durch hohe Infektiosität auch zusätzlich zur Herdenimmunität bei.⁶ OPV wurde im weiteren Verlauf in HICs durch IPV ersetzt, um seltene Fälle von Impfpolio zu vermeiden.⁷

GPEI war sehr erfolgreich darin, die Zahl der weltweiten Polio-Fälle und der endemischen Länder rasch zu reduzieren.⁷ Das Programm hat weltweit mehr als 1,5 Millionen Leben gerettet und rund 20 Millionen Fälle von paralytischer Polio vermieden.^{7,15} Es gelang auch die Ausrottung des Wildtyp-Poliavirus Typ 2 (WPV2) und Typ 3 (WPV3), deren Eradikation von der WHO in den Jahren 2015 und 2019 erklärt wurde.⁷ Allerdings waren bisher alle Prognosen zum erfolgreichen Abschluss des Eradikations-Programmes falsch. Die ursprüngliche Planung, Polio bis zum Jahre 2000 auszurotten, wurde vollständig verfehlt. Auch in den folgenden Jahren scheiterten die weiteren Deadlines des GPEI. Die jüngste Prognose lautete, dass bis zum Ende des Jahres 2023 sowohl die letzten WPV Viren wie auch alle mutierten OPV-Impfviren eliminiert sein würden. Auch dieses Ziel wurde verfehlt. Anfang des Jahres 2024 finden immer noch WPV₁-Übertragung in Pakistan und Afghanistan statt, und es gibt weiterhin eine große Anzahl von Ausbrüchen durch mutierte OPV-Impfviren in zahlreichen Ländern.^{7,16}

Im Jahr 2014 erklärte die WHO die Übertragung von Polio zu einem „gesundheitlichen Notfall von internationaler Tragweite“, und dieser Status hat sich bis heute nicht geändert.^{17,18} Die Hauptstrategie der GPEI ist die Ausrottung aller Polio-Viren, gefolgt von der Zerstörung oder Eindämmung aller Bestände an Polioviren und schließlich die Beendigung der Polioimpfungen.^{7,19,20} Ein Problem ist die geringe Immunogenität von OPV in Ländern mit hoher Bevölkerungsdichte und mangelnder Hygiene auch aufgrund einer hohen Prävalenz anderer gastrointestinaler Infektionen.²¹ Obwohl durch eine veränderte Zusammensetzung des OPV die Eliminierung von Polio sogar in Indien gelang, führte der anschließende globale Wechsel von trivalentem zu bivalentem OPV zu einem dramatischen Anstieg der Impfpolio-Fälle in Afrika, und dies ist primär durch die unzureichende Abdeckung der Bevölkerungen durch Routine-Impfprogramme begründet.^{7,22}

Die neueste Polio-Eradikations-Strategie 2022–2026 zielt weiterhin auf die vollständige Unterbrechung der Polio-Übertragungen weltweit.²⁰ Während Ziel Eins dieser Strategie (WPV₁-Eradikation) hauptsächlich auf programmatischen Verbesserungen in Afghanistan und Pakistan basiert, baut Ziel Zwei (Impfpolio-Eradikation) auf dem Einsatz von neuartigen OPV mit geringerer Wahrscheinlichkeit einer Rückmutation zu WPV.^{23,24} Ein erster Prototyp dieses neuartigen OPV (nOPV₂) wurde bereits in Kampagnen in 23 Ländern verabreicht.^{23,25} Während die neuen oralen Polioimpfstoffe per Definition weitaus stabiler sind als herkömmliche OPVs, haben sich in einigen Fällen bei der Anwendung von nOPV₂ bereits wieder neurovirulente Mutationen entwickelt.²⁶

4 Aktuelle Entwicklungen

In den letzten Jahren wurden weltweit noch tausende Fälle von paralytischer Polio gemeldet, die meisten dieser Fälle ereigneten sich in der afrikanischen Region und der östlichen Mittelmeerregion der WHO.²³ Afghanistan und Pakistan sind die beiden verbliebenden Länder mit endemischer WPV₁-Übertragung im Jahr 2024. Aufgrund enger sozialer, kultureller und wirtschaftlicher Beziehungen und intensiven grenzüberschreitenden Bewegungen kann die Eliminierung der Polio nur in beiden Ländern gleichzeitig erreicht werden.²⁷⁻³⁰ Politische Veränderungen, anhaltende Sicherheitsprobleme, allgemeine Schwächen der Gesundheitssysteme, geringe EPI-Abdeckung in Teilgebieten, intensive grenzüberschreitende Mobilität der Menschen, und eine weit verbreitete Impfskepsis bleiben in diesen beiden Ländern die größten Hindernisse für die Ausrottung der Poliomyelitis.²³

Anhaltende Polio-Ausbrüche in zahlreichen Ländern stellen wahrscheinlich die größte Bedrohung für die Ausrottung der Kinderlähmung dar.²³ Die meisten Ausbrüche

werden durch mutierte OPV Viren verursacht, und dieses Problem wurde durch die COVID-19-Pandemie noch verstärkt. Die Pandemie und die erfolgten Corona-Kontroll-Maßnahmen haben GPEI erheblich beeinträchtigt und außerdem die EPI-Abdeckung und die Verfügbarkeit von Gesundheitsdiensten reduziert.^{31–33} Die Zahl der OPV-Impfpolio-Fälle ist weiterhin hoch; im Jahr 2022 wurden weltweit insgesamt 864 Impfpolio-Fälle gemeldet.²⁰ Bis Anfang 2023 wurden weitere 65 Fälle aus mehr als 20 Ländern gemeldet.³² Diese Ausbrüche konzentrierten sich in den letzten Jahren auf vier Länder, in denen Krieg und Bürgerkrieg zu anhaltenden humanitären Katastrophen geführt haben: Demokratische Republik Kongo, Nigeria, Somalia und Jemen.³² Es ist unwahrscheinlich, dass die Polio-Ausbrüche in diesen Ländern in absehbarer Zeit vollständig unter Kontrolle gebracht werden können.

In Malawi und Mosambik traten im Jahre 2021 mehrere Fälle von WPV₁ auf.^{34,35} Der Ursprung konnte auf Pakistan zurückgeführt werden. Der Ausbruch konnte durch die Impfung von Millionen Kindern in beiden Ländern sowie in den Nachbarländern gestoppt werden. (Abbildung 2)



Abbildung 2: Mütter und Kinder warten auf die Polio-Impfung in Burkina Faso (Quelle: Olaf Müller, privat)

Auch aus HICs (z. B. USA, Kanada, Vereinigtes Königreich, Israel) wurden in den letzten Jahren wieder Poliofälle und die Verbreitung von Polioviren gemeldet.³⁶ Im Jahr 2022 erkrankte ein ungeimpfter junger Mann in einer orthodoxen jüdischen Gemeinde in

New York an paralytischer Polio und es wurden mutierte Impfviren über einen längeren Zeitraum im Abwassersystem von der Stadt nachgewiesen.³⁷ Diese Fälle waren mit Virus-Isolaten aus London/UK, Quebec/Kanada und Jerusalem/Israel genetisch verwandt und es wurden sowohl in London wie auch in Quebec mutierte Polio-Impfviren im Abwasser nachgewiesen.³⁸

5 Herausforderungen für GPEI

Die Pocken hatten die idealen Eigenschaften einer Erkrankung zur Eradikation; praktisch alle Infektionen führten zu manifesten Erkrankungen, es gab eine klare epidemiologische Falldefinition, und es existierte ein nahezu perfekter Impfstoff.⁴ Dies ermöglichte die Ausrottung innerhalb von einem Jahrzehnt zwischen dem Beginn des Programms im Jahr 1966 und dem letzten gemeldeten Fall im Jahr 1977, und dies mit einem sehr moderaten Budget.⁴ All dies trifft auf Polio nicht zu: Die Polio-Infektionen verlaufen häufig asymptomatisch, das Virus hat sich meist schon über einen längeren Zeitraum verbreitet, bevor klinische Fälle diagnostiziert werden, und die vorhandenen Impfstoffe sind alles andere als perfekt.^{6,7}

Selbst wenn die Ausrottung von WPV₁ in naher Zukunft erklärt werden könnte, und wenn es gelingen sollte, alle Impfpolio-Ausbrüche zu unterbinden, dann blieben immer noch zahlreiche Herausforderungen, um das Ziel einer dauerhaften Eradikation zu gewährleisten: (1) Neben den bereits genannten Problemen von Krieg und Bürgerkrieg in den betroffenen Ländern des mittleren Ostens bis hin zu den zahlreichen Konfliktgebieten West- und Zentralafrikas, sind die Polio-Impfkampagnen auch durch direkte und häufig religiös oder kulturell motivierte Angriffe auf Impfteams sowie durch Boykott-Aufrufe in verschiedenen Regionen gefährdet.²³ Auch wurde wiederholt über eine schlechte Qualität der Polio-Kampagnen in Endemiegebieten berichtet.²³ (2) Der globale Wechsel von OPV zu IPV begann bereits im Jahre 2019, als in allen Ländern mit laufenden OPV Programmen eine erste IPV-Dosis erfolgreich eingeführt wurde.²³ Allerdings kam es in vielen Ländern zu gravierenden IPV-Engpässen, die IPV Abdeckung ist in vielen Sub-Regionen noch sehr niedrig, und die Einführung einer zweiten IPV Dosis wurde in vielen Ländern noch gar nicht begonnen.³⁹ (3) Angesichts der Vielzahl an OPV-Beständen in LMIC und der unbekanntem Anzahl von Gesundheitseinrichtungen und Laboratorien, die Stuhlproben mit Polioviren in ihren Gefrierschränken haben, ist die Zerstörung aller nicht essentiellen Bestände an WPV und OPV weltweit möglicherweise unmöglich.⁷ (4) Da Polio sich über Langzeitausscheider mit primärer Immundefizienz (z. B. Personen mit einem B-Zell-Defekt) immer wieder neu verbreiten kann, ist es problematisch, diese Populationen zu identifizieren und wirksame Virostatika zu entwickeln.^{40,41} (5) Die Garantie maximaler Sicherheit in

IPV-produzierenden Fabriken ist weiterhin nicht gewährleistet. Es hat sich gezeigt, dass Polioviren sogar in hochentwickelten Ländern wie den Niederlanden aus solchen Einrichtungen entweichen können.⁴² (6) Die Verhinderung einer absichtlichen Verbreitung von im Labor synthetisierten Polioviren ist eine weitgehend unberücksichtigte Herausforderung.⁴³ Angesichts zunehmender geopolitischer Spannungen und terroristischer Bedrohungen könnten solche Freisetzungen zu neuen Polio-Ausbrüchen führen. (7) Nach Jahrzehnten der GPEI-Finanzierung (zuletzt ca. 1 Milliarde US\$ pro Jahr) sind internationale Geber, nationale Regierungen und betroffene Bevölkerungsgruppen gegenüber diesem teuren, langwierigen und weiterhin erfolglosen Programm zunehmend kritisch eingestellt.⁷ Diese Spendermüdigkeit wird durch die aktuellen globalen geopolitischen Krisen, die mit ernsthaften wirtschaftlichen Belastungen einhergehen, noch weiter verstärkt. Angesichts all dieser Herausforderungen, bestehen ernsthafte Zweifel, ob die GPEI letztendlich ihr Hauptziel erreichen kann.^{7,21,44} Es erscheint vielen Experten daher heute sinnvoller, die Ausrottung von Polio als Krankheit und nicht die Ausrottung des Virus anzustreben.^{44,45} Dies könnte durch die Aufrechterhaltung hoher Polio-Immunitätsraten über gut konzipierte Impfprogramme als Teil einer insgesamt verbesserten globalen Basis-Gesundheitsversorgung erreicht werden.⁷

6 Diskussion

Seit der Gründung von GPEI im Jahre 1988 hat die internationale Gemeinschaft die Bemühungen zur Ausrottung der Poliomyelitis mit rund 20 Milliarden US-Dollar an öffentlichen und privaten Spendergeldern unterstützt.⁴⁶ Darüber hinaus sind für den Zeitraum 2022–2026 weitere Ausgaben in Höhe von 5 Milliarden US-Dollar geplant.⁴⁶ Hierbei sind die Kosten für die Bereitstellung von IPV durch GAVI noch nicht enthalten.

Wäre die GPEI am Ende erfolgreich, dann könnte der hohe finanzielle Einsatz als kosteneffektiv und sinnvoll betrachtet werden, da für kontinuierliche Polio-Bekämpfungsprogramme sicherlich langfristig noch viel mehr Geld ausgegeben werden müsste. Im Vergleich von GPEI mit dem Pockenausrottnungsprogramm gibt es allerdings den klaren Unterschied, dass die Impfung und Überwachung der Pocken kurz nach der Ausrottung beendet und durch die Einsparung von Ressourcen eine hohe Ausrottungsdividende erzielt werden konnte. Wenn die Ausrottung der Poliomyelitis erfolgreich sein würde, müssten allerdings die Impfungen aufgrund der genannten hohen Risiken für neue Ausbrüche auf unbestimmte Zeit weitergeführt werden, so dass sich keine Ausrottungsdividende ergeben würde. Dieser Unterschied muss offen kommuniziert werden, da er Konsequenzen für die öffentliche Gesundheitsplanung hat.

Es bleibt somit bei der bereits vor 10 Jahren formulierten Forderung: „Wir sollten eine Ausstiegsstrategie für die GPEI entwickeln, die sich auf die Poliobekämpfung

durch verbesserte EPI, eingebettet in eine weltweit gestärkte primäre Gesundheitsversorgung, konzentrieren sollte.“⁴⁷

Literatur

- 1 Dowdle WR. The principles of disease elimination and eradication. *Bull World Health Organ* 1998; 76 (Suppl 2): 22–25.
- 2 Hopkins DR. Disease eradication. *N Engl J Med* 2013; 368: 54–63.
- 3 Müller O. *Malaria in Africa: Challenges for Control and Elimination in the 21st Century*. Peter Lang Verlag, Frankfurt, 2011, ISBN 9783631597927
- 4 Moore ZS, Seward JF, Lane JM. Smallpox. *Lancet* 2006; 367: 425–35.
- 5 Lemma GW, Müller O, Reñosa MD, Lu G. Challenges in the last mile of the global guinea worm eradication program. *Trop Med Int Health* 2020; 25: 1432–40.
- 6 Müller O, Jahn A, Razum O. Poliomyelitis – Challenges for the Last Mile of the Eradication Programme. *Gesundheitswesen* 2016; 78: 227–29.
- 7 Razum O, Sridhar D, Jahn A, Zaidi S, Ooms G, Müller O. Polio: from eradication to systematic, sustained control. *BMJ Glob Health* 2019; 4: e001633.
- 8 Romero J, Modlin J. Poliovirus. In: Bennett JE, Dolin R, Blaser MJ, eds. *Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*, 8th edn. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders, 2015: 2073–79.
- 9 John TJ, Dharmapalan D, Hirschhorn N, Steinglass R. How to avoid causing polio in the name of its eradication. *Lancet* 2023; 402: 179–80.
- 10 Duintjer Tebbens RJ, Pallansch MA, Cochi SL, et al. Economic analysis of the global polio eradication initiative. *Vaccine* 2010; 29: 334–43.
- 11 Thompson KM, Duintjer Tebbens RJ. Eradication versus control for poliomyelitis: an economic analysis. *Lancet* 2007; 369: 1363–71.
- 12 Duintjer Tebbens RJ, Thompson KM. Polio endgame risks and the possibility of restarting the use of oral poliovirus vaccine. *Expert Rev Vaccines* 2018; 17: 739–51.
- 13 Sturm-Ramirez K, Miller MA. Eradication versus control for poliomyelitis. *Lancet* 2007; 370: 132–33.
- 14 Singh NK, Gupta V, Singh VK. Eradication versus control for poliomyelitis. *Lancet* 2007; 370: 132.
- 15 The Lancet. Polio eradication: falling at the final hurdle? *Lancet* 2022; 400: 1079.
- 16 Junaidi I. Second polio case in as many days rings alarm bell. Published March 16, 2024. <https://www.dawn.com/news/1821810>
- 17 WHO. WHO statement on the meeting of the International Health Regulations Emergency Committee concerning the international spread of wild poliovirus. 2014. <https://www.who.int/news/item/05-05-2014-who-statement-on-the-meeting-of-the-international-health-regulations-emergency-committee-concerning-the-international-spread-of-wild-poliovirus> (accessed Feb 10, 2024).
- 18 Zarocostas J. WHO keeps polio on the international health emergency list. *Lancet* 2018; 392: 2425.
- 19 WHO. Polio eradication & endgame strategic plan 2013–2018. 2013. http://polioeradication.org/wp-content/uploads/2016/07/PEESP_EN_A4.pdf (accessed Feb 10, 2024).
- 20 WHO. Polio eradication strategy 2022–2026: delivering on a promise. 2021. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240031937> (accessed Feb 10, 2024).
- 21 Chumakov K, Ehrenfeld E, Agol VI, Wimmer E. Polio eradication at the

- crossroads. *Lancet Glob Health* 2021; 9: e1172–75.
- 22 Cooper LV, Bandyopadhyay AS, Gumedde N, et al. Risk factors for the spread of vaccine-derived type 2 polioviruses after global withdrawal of trivalent oral poliovirus vaccine and the effects of outbreak responses with monovalent vaccine: a retrospective analysis of surveillance data for 51 countries in Africa. *Lancet Infect Dis* 2022; 22: 284–94.
 - 23 IMB GPEI. Independent monitoring board GPEI. 22. Report: Closing in on Zero. 2023. <https://polioeradication.org/wp-content/uploads/2023/09/22nd-Report-of-The-Independent-Monitoring-Board-IMB.pdf> (accessed Feb 10, 2024).
 - 24 Bandyopadhyay AS, Zipursky S. A novel tool to eradicate an ancient scourge: the novel oral polio vaccine type 2 story. *Lancet Infect Dis* 2023; 23: e67–71.
 - 25 Kotei L, Clarke E. Novel oral poliovirus vaccine type 2 is an important eradication tool, but reaching every last child remains vital. *Lancet Infect Dis* 2024; published online Jan 18. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(23\)00781-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(23)00781-8)
 - 26 Mirzoev A, Macklin GR, Zhang Y, et al. Assessment of serological responses following vaccination campaigns with type 2 novel oral polio vaccine: a population-based study in Tajikistan in 2021. *Lancet Glob Health* 2022; 10: e1807–14.
 - 27 Mbaeyi C, Baig S, Khan Z, et al. Progress toward Poliomyelitis eradication - Pakistan, January 2020–July 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2021; 70: 1359–64.
 - 28 Sadigh KS, Akbar IE, Wadood MZ, et al. Progress toward Poliomyelitis eradication - Afghanistan, January 2020–November 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2022; 71: 85–89.
 - 29 Cousins S. Polio in Afghanistan: a changing landscape. *Lancet* 2021; 397: 84–85.
 - 30 Ataullahjan A, Ahsan H, Soofi S, Habib MA, Bhutta ZA. Eradicating polio in Pakistan: a systematic review of programs and policies. *Expert Rev Vaccines* 2021; 20: 661–78.
 - 31 Zomahoun DJ, Burman AL, Snider CJ, et al. Impact of COVID-19 Pandemic on Global Poliovirus Surveillance. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2021; 69: 1648–52.
 - 32 TIMB. Polio Transition Independent Monitoring Board. Sixth Report: Ambiguities and certainties. 2023. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/polio-transition/timb-6th-report---july-2023---final.pdf?sfvrsn=5522cf8_3&download=true (accessed Feb 10, 2024).
 - 33 Burkholder B, Wadood Z, Kassem AM, Ehrhardt D, Zomahoun D. The immediate impact of the COVID-19 pandemic on polio immunization and surveillance activities. *Vaccine* 2023; 41 (Suppl 1): A2–11.
 - 34 Davlantes E, Greene SA, Tobolowsky FA, et al. Update on wild Poliovirus Type 1 outbreak - Southeastern Africa, 2021–2022. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2023; 72: 391–97.
 - 35 Cousins S. Pushing for polio eradication. *Lancet* 2022; 399: 2004–05.
 - 36 Roberts L. Polio is back in rich countries, but it poses a far bigger threat to developing world. New York state has declared an emergency, yet scientists say a big U.S. outbreak is unlikely. *Science* 2022; 377: 1247–48.
 - 37 Fortner R. Polio in New York: will it just go away? *BMJ* 2022; 379: o2450.
 - 38 Klapsa D, Wilton T, Zealand A, et al. Sustained detection of type 2 poliovirus in London sewage between February and July, 2022, by enhanced environmental surveillance. *Lancet* 2022; 400: 1531–38.
 - 39 Estivariz CF, Kovacs SD, Mach O. Review of use of inactivated poliovirus vaccine in campaigns to control type 2 circulating vaccine derived poliovirus (cVDPV) outbreaks. *Vaccine* 2023; 41 (Suppl 1): A113–21.
 - 40 Shaghaghi M, Shahm Mahmoodi S, Abolhassani H, et al. Vaccine-Derived Polioviruses and Children with Primary

- Immunodeficiency, Iran, 1995–2014. *Emerg Infect Dis* 2016; 22: 1712–19.
- 41 Galal NM, Meshaal S, ElHawary R, et al. Poliovirus excretion following vaccination with live poliovirus vaccine in patients with primary immunodeficiency disorders: clinicians' perspectives in the endgame plan for polio eradication. *BMC Res Notes* 2018; 11: 717.
- 42 Duizer E, Ruijs WL, Putri Hintaran AD, Hafkamp MC, van der Veer M, Te Wierik MJ. Wild poliovirus type 3 (WPV3)-shedding event following detection in environmental surveillance of poliovirus essential facilities, the Netherlands, November 2022 to January 2023. *Euro Surveill* 2023; 28: 2300049.
- 43 Cello J, Paul AV, Wimmer E. Chemical synthesis of poliovirus cDNA: generation of infectious virus in the absence of natural template. *Science* 2002; 297: 1016–18.
- 44 Chumakov K, Plotkin S. Choosing the right path toward Polio eradication. Reply. *N Engl J Med* 2023; 388: 1824.
- 45 Cohen J. Global polio eradication effort struggles with the end game. *Science* 2023; 381: 1271–72.
- 46 GPEI. Global Polio Eradication Initiative. 2024. <https://polioeradication.org/> (accessed Feb 10, 2024).
- 47 Razum O, Müller O. Polio eradication: where are we now? *Lancet* 2013; 382: 1979.

Über den Autor

Olaf Müller ist Professor für Public Health an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. Er studierte Biologie und Medizin an der FU Berlin, promovierte dort 1990 zum Dr. med. in der Tropenmedizin, und habilitierte sich 2004 im Fach Public Health in Heidelberg. Neben klinischer Tätigkeit in der Pädiatrie und der Inneren Medizin am Universitätsklinikum Berlin arbeitete er im Bereich der Bekämpfung von Infektionskrankheiten (insbesondere Malaria und HIV/AIDS) für das Internationale Rote Kreuz in Uganda, für das Bundesgesundheitsamt in Deutschland, für die GTZ in Zaire und in Deutschland, für das MRC UK in Gambia, und für HIGH in Burkina Faso. Er war PI bei zahlreichen großen klinischen Studien, hauptsächlich im Bereich der Entwicklung von Interventionen gegen Kinderkrankheiten in Afrika

Korrespondenzanschrift

Prof. Dr. med. Olaf Müller, MPH
 Universitätsklinikum Heidelberg
 Heidelberger Institut für Global Health (HIGH)
 INF 130/3, 69120 Heidelberg
 olaf.mueller@urz.uni-heidelberg.de

Geschichtswissenschaft und Zukunftsvorstellungen

Cord Arendes

Historisches Seminar, Universität Heidelberg

Zusammenfassung Der Beitrag fragt aus geschichtswissenschaftlicher Sicht nach der Bedeutung der Zukunft sowie nach der Funktion von Zukunftsvorstellungen als Quelle der Historiografie. Er umreißt dabei einerseits die historische Zukunftsforschung, deren Anfänge im Zweiten Weltkrieg liegen und deren Hochzeit in der westlichen Hemisphäre die 1950er und 1960er Jahre darstellen. Die Zukunftsforschung ist ein Disziplinen übergreifendes Arbeitsfeld, das sich insbesondere Fragen der Machbarkeit und Steuerung unterschiedlicher gesellschaftlicher Bereiche in der technisch-wissenschaftlich geprägten Moderne widmet. Der Beitrag hält überdies fest, dass Geschichte im Rahmen linear verlaufender Zeit etwas ist, das Menschen aktiv mitgestalten bzw. überhaupt erst schaffen können. Durch die Verknüpfung mit einer linearen Zeitvorstellung überschneidet sich die Zukunft sowohl mit der vergangenen Zeit als auch mit der Gegenwart. Anhand eines Fallbeispiels wird gezeigt, wie stark sich Vorstellungen von einer „Welt in 100 Jahren“ in unterschiedlichen historischen Kontexten voneinander unterscheiden (hier konkret zu Beginn des 20. sowie des 21. Jahrhunderts) und wie sich diese Unterschiede produktiv in die Arbeit von Historiker*innen integrieren lassen. Als Quellen hierfür dienen ausgewählte Artikel zu den Stichworten „Krieg“ und „Frieden“ aus dem 1910 erschienenen Band *Die Welt in 100 Jahren* sowie aus dessen Remake bzw. Update, *2112 – die Welt in 100 Jahren* von 2012. Der Beitrag zeigt exemplarisch zeitgenössische Erwartungshorizonte auf und zeichnet nach, wie offen und unter welchen herrschenden Mentalitäten die Zeit zwischen Gegenwart und der Verwirklichung möglicher Zukünfte vermessen wird. Er steht damit auch im übergeordneten Zusammenhang von allgemeineren Fragestellungen, die unsere modernen, sich stetig und in immer rascherem Tempo wandelnden Gesellschaften betreffen. Diese zeichnen sich nicht zuletzt durch Offenheit und damit die Möglichkeit des Eintretens überraschender Ereignisse aus und setzen dabei in hohem Maße auf eine Anpassungsfähigkeit ihrer Bürger*innen an mögliche Zukünfte.

1 „Rückwärtsgekehrte Propheten“ oder „Disziplin der Besserwisser“?

„Was sind und wozu dienen Zukunftsvorstellungen in der Geschichtswissenschaft?“ Diese, vor der Annahme, dass Historiker*innen ihren Blick vor allem zurück in die Vergangenheit richten, plausibel erscheinende Frage fanden die geneigten Leser*innen vor einem Vierteljahrhundert unter der Überschrift „Stichwort ‚Zukunftsvorstellungen‘“ im Anhang der Studie *Die Entdeckung der Zukunft* des Neuzeithistorikers Lucian Hölscher (1999: 233; erw. 2. Aufl. 2016b). Hölscher, zu dessen Forschungsschwerpunkten neben der Theorie historischer Zeiten (2020) vor allem die Historische Zukunftsforschung (2016a) zählt, lieferte gleich eine erste, wenn auch recht pauschale, Antwort: Vorstellungen der Zukunft seien „alles andere als stabile, feststehende Größen“, zudem handele es sich bei ihnen um „Zwitter zwischen Realität und Fiktion“ (1999: 233). Mit anderen Worten: Wir wissen nicht, was in der Zukunft geschehen wird, haben aber gleichsam eine konkrete (Wunsch-)Vorstellung davon, wie diese aussehen soll. Um persönliche und gesellschaftliche Risiken zu vermeiden, bestand deshalb zu allen Zeiten Bedarf an möglichst präzisen Auskünften darüber, was die Zukunft bringen werde. Diesem Bedürfnis wurde auf unterschiedliche Weise wie gleichsam durch verschiedenste Akteur*innen nachgekommen: durch Prophezeiungen, utopische Entwürfe von Gesellschaftsordnungen oder mit statistischem Material unterfütterten Prognosen.

Auch Historiker*innen blicken unter Berücksichtigung zeitgenössischer wissenschaftlicher Maßstäbe und aktueller Fragestellungen sowie nicht zuletzt in Anbetracht der Zukunft auf die Vergangenheit. Der Zeithistoriker Rüdiger Graf hat – mit ironischem Unterton – die „Geschichtswissenschaft als Disziplin der Besserwisser“ bezeichnet (2017: 303). Sind Historiker*innen also vor allem dazu da, in ihrer Arbeit Prognosen und Zukunftsvorstellungen, die sich nicht wie versprochen erfüllt haben oder wie angekündigt eingetreten sind, im Nachhinein als unzutreffend, als fehlerbehaftet oder gar als illusionär zu entlarven? Der nachträgliche Vergleich bzw. Abgleich einer Zukunftsvorstellung zum Zeitpunkt „x“ mit den in der Folge eingetretenen Ereignissen und Entwicklungen zum Zeitpunkt „y“ trägt, da sind sich die Vertreter*innen der Disziplin einig, deren Bedeutung für die historische Entwicklung bestenfalls in einem unzureichenden Maß Rechnung (vgl. Hölscher 1999: 234). Wozu dienen dann aber Zukunftsvorstellungen in der Geschichtswissenschaft? Der Beitrag nähert sich einer Antwort auf diese Frage wie folgt: Nach der Rekapitulation einiger theoretischer Überlegungen zur Bedeutung der Zukunft aus geschichtswissenschaftlicher Sicht sowie einem Abriss zur Historischen Zukunftsforschung (2) wird an einem Fallbeispiel gezeigt, wie stark sich Vorstellungen von einer „Welt in 100 Jahren“ in unterschiedlichen historischen Kontexten, konkret zu Beginn des 20. sowie des 21. Jahrhunderts, voneinander unterscheiden (3) und wie sich diese Unterschiede – gleich ob sich die

Vorstellungen später als real oder eher illusionär erwiesen haben – produktiv in die Arbeit von Historiker*innen integrieren lassen (4).

2 Geschichtswissenschaft und Zukunft

2.1 Zukunft als genuin neuzeitlicher Begriff

Die Beschäftigung mit Geschichte liefert Erkenntnisse, um die Welt besser zu verstehen, das heißt zu wissen, wann, wie und nicht zuletzt warum die Dinge so wurden, wie sie sind. Geschichte wird dabei jeweils aus der Gegenwart heraus und unter Anwendung rational-wissenschaftlicher Methoden aufs Neue konstruiert. Dass historischem Wissen eine wichtige handlungsleitende Funktion zukommt, ist ein unverrückbarer Topos. Die „Historie“ agierte schon in antiker Zeit, so zum Beispiel im vielzitierten Cicero-Dialog *De oratore* (2007), als „magistra vitae“, das heißt als „Lehrerin des Lebens“¹ (II, c9, 36). Der Überlegung, etwas aus der Geschichte lernen zu können oder sogar zu müssen, liegen nicht zuletzt die menschlichen Erfahrungen von Zeit und Zeitlichkeit zugrunde. Diese spiegeln sich vor allem auch auf sprachlicher Ebene wider, das heißt in den Begriffen, die wir sowohl mit der Zeit als auch der Geschichte verbinden. Traditionelle, mythische und zumeist zyklisch ausgerichtete Auffassungen von Zeit verloren in der Frühen Neuzeit gegenüber der modernen Erfahrung einer linear verlaufenden Zeit zunehmend an Bedeutung. Letztere ist auf eine benennbare Zukunft hin ausgerichtet und in ihrem Verlauf irreversibel.

Zwar wurden auch lineare Zeitauffassungen weiterhin von teleologischen bzw. in der Folge von geschichtsphilosophischen, also auf ein bestimmtes Ziel bzw. einen solchen Endzustand ausgerichteten Vorstellungen, geprägt. Dennoch entstand ein bis dahin kaum gekanntes Gefühl dafür, dass „der Zeitraum zwischen Gegenwart und Zukunft für Prognosen und für politisch planbare Ausgestaltung offen“ ist (Goertz 1995: 172). Geschichte, so lässt sich diese Überlegung re-formulieren, ist im Rahmen linear verlaufender Zeit nicht mehr etwas, das den Menschen überkommt, sondern etwas, das Menschen aktiv mitgestalten bzw. überhaupt erst schaffen können. Damit gerät automatisch auch die Zukunft in den Fokus – vom historiografischen Standpunkt aus eine bevorstehende Zeit, die später Geschichte sein wird. Durch die Verknüpfung mit einer linearen Zeitvorstellung überschneidet sich die Zukunft bzw. die zukünftige Vergangenheit sowohl mit der vergangenen Zeit als auch mit der Gegenwart. Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft als Substantive stellen sowohl wortgeschichtlich als auch inhaltlich deshalb (Neu-)Schöpfungen des 18. Jahrhunderts dar. Die Trias

1 Zur Bedeutung des Topos der „Geschichte als Lehrmeisterin“ für die neuzeitliche Begriffsbildung vgl. die Ausführungen Reinhart Kosellecks (1989b [1967]).

bündelt seither zeitliche Einheiten bzw. Zeiträume, die sich voneinander abgrenzen lassen. Sie legte zudem die Basis für die „Unterscheidung zwischen den historischen Zeiten als zeitgenössischen Denkformen und ihrer analytischen Funktion als heutigen Ordnungskategorien“ (Hölscher 2020: 48).

Ab dem 18. Jahrhundert betonten Historiker deshalb, dass Geschichte nicht nur wichtig sei, „weil sie den Menschen zum Wissenden macht, weil sie ihm Argumente liefert, die sein Handeln begründen und verteidigen helfen, sondern auch weil sie ihm das Denken von Szenarien ermöglicht, wie die Welt sich entwickeln könnte.“ (Jordan 2009: 15). Die Zukunft wird von Historiker*innen seither als grundsätzlich offen und damit auch als grundsätzlich gestaltbar verstanden. Diese Erkenntnis änderte aber wenig daran, dass die Menschen ihrem Wissen über die Vergangenheit in ihrem Alltag weitaus mehr vertrauen als dem Wissen, das sie auf die Zukunft beziehen könnten: ersteres beruht auf konkreten Erfahrungen, letzteres dagegen auf Erwartungen (vgl. Hölscher 2017: 11).

Erwartungen hinsichtlich zukünftiger Dinge, Ereignisse und Zusammenhänge sollten dann aber mit einer gewissen benennbaren Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens erschlossen werden können. Dieses quasi urmenschliche Bedürfnis bildete den Ausgangspunkt für die Nutzung prognostischer Verfahren. Der Ideenhistoriker Reinhart Koselleck hat für diesen Zusammenhang treffende Worte gefunden, als er für die Frühe Neuzeit die „Umbesetzung prophezeiter Zukunft in prognostizierbare Zukunft“ konstatiert und lakonisch feststellt: „Die Prognose impliziert eine Diagnose, die die Vergangenheit in die Zukunft einbringt“ (1989a [1968]: 33). Dass Prognosen nicht immer mit völliger Rationalität einhergehen können, ermisst sich nicht zuletzt auch am weiten Feld der Alltagsprognosen und der – teilweise religiös begründeten – Prophezeiungen bzw. „Prognose und Programm bzw. Prophetie, gehörte[n] nicht nur von Anfang an zum Konzept „Zukunft“, sondern beide sind in ihm auch zu einer unauflösbaren Einheit verschmolzen“ (Hölscher 2016b: 15).²

- 2 Unterschiede ergeben sich hinsichtlich der Akteur*innen bzw. der Prophet*innen, aber auch der jeweiligen Ausrichtungen: So sind nach Hölscher „bei Programmen und Planungen – weit mehr als bei Prognosen – diejenigen, die sie aufstellen, selbst an ihrer Realisierung beteiligt. Prognosen entwerfen die Zukunft von der Gegenwart und Vergangenheit her, Prophezeiungen und Utopien dagegen von einem antizipierten Ziel in der Geschichte aus. Planungen enthalten wiederum weit mehr als Utopien und Prophezeiungen Zeitpläne, wie das Gewünschte realisiert werden kann, usw.“ (Hölscher 2017: 19).

2.2 (Historische) Zukunftsforschung

Wenn Zukunft planbar erscheint, dann liegt es nahe, die Chancen und gegebenenfalls auch die Risiken staatlicher Planung auszuloten und wissenschaftlich zu erforschen. Beginnend im Zweiten Weltkrieg und in der westlichen Hemisphäre mit einer Hochzeit in den 1950er und insbesondere den 1960er Jahren, entstand die „Zukunftsforschung“ (vgl. Seefried 2015). Sie verfügte zu Beginn über teilweise große inhaltliche und personelle Schnittmengen mit den US-amerikanischen Think-Tanks des Kalten Krieges. Die Zukunftsforschung stellt bis heute kein eigenständiges Fach dar. Es handelt sich um ein Disziplinen übergreifendes Arbeitsfeld, das sich insbesondere Fragen der Machbarkeit und Steuerung unterschiedlicher gesellschaftlicher Bereiche in der technisch-wissenschaftlich geprägten Moderne widmet (vgl. ebd.: 11, 491, 497). Versucht man vor diesem Hintergrund die Begriffe „Prognose“ und „Prognostik“ näher zu umreißen, dann handelt es sich, einfach gesagt, um Versuche, die Offenheit unserer Zukunft auf rationalem Weg und mit ebensolchen Verfahren einzugrenzen. Ziel ist dabei vor allem, einen überblickbaren Raum mehr oder weniger konkreter zukünftiger Möglichkeiten in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft vermessen zu können (vgl. Hartmann und Vogel 2010). Prognosen im Sinne genauer(er) Aussagen über die Zukunft können von Historiker*innen sinnvollerweise aber nur durch die „Ableitung zukünftiger aus vergangenen und gegenwärtigen Ereignissen“ bzw. durch „Extrapolation und Analogiebildung“ gewonnen werden (Hölscher 2017: 17 und 2020: 54).

Der bereits mehrfach erwähnte und zitierte Lucian Hölscher hat in einem Besprechungssessay die Entwicklungsgeschichte der Historischen Zukunftsforschung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts nachgezeichnet. Zu ihren unzähligen Quellen und Vorläufern „gehören die seit den 1960er Jahren aufblühende Futurologie, die seit Ende der 1980er Jahre entstehende Technikfolgenabschätzung, die Wissenschaftsgeschichte, die Zeitsoziologie, die Sozial- und Mentalitätsgeschichte, die Utopieforschung, Anthropologie, Demographie, Wirtschaftswissenschaften und viele andere systematischen Wissenschaften, die sich mit der Erstellung von Prognosen beschäftigen. Aus all diesen Quellen speiste sich seit den 1990er Jahren schließlich eine historiographische Synthese, in der die systematischen Ansätze der Kultur- und Sozialwissenschaften historisiert und miteinander verknüpft wurden.“ (2016a: 48f.)

Die Historische Zukunftsforschung stellt somit zugleich ein Feld der Geschichtswissenschaft, wie der Zukunftsforschung dar. Ihr Gegenstand ist aber nicht die Zukunft als Gesamtzusammenhang, sondern mögliche *Zukünfte*, die sich auf Basis wissenschaftlicher Daten extrapolieren lassen. Gerade in der gegenwartsnahen Geschichte bzw. Zeitgeschichte, so Rüdiger Graf, sei die Unkenntnis der Zukunft ein besonderes

Problem.³ Zum einen müssten getroffene Aussagen hier häufiger revidiert oder angepasst werden (vgl. 2017: 304f.), zum anderen ergebe sich in diesem Zusammenhang für die Geschichtsschreibung zudem „eine grundsätzliche Spannung zwischen der Anforderung, der Erzählung ein Ende und damit eine Richtung zu geben, und den nicht nur inhaltlich, sondern auch modal pluralen Zukunftsbezügen der Gegenwart. Die verschiedenen Modi der Zukunftsgenerierung laufen eben gerade nicht auf ein eindeutiges Ende zu, sondern eröffnen eine Vielzahl möglicher Endpunkte.“ (ebd.: 318).

Wie wurde nun zu ganz verschiedenen Zeiten und vor dem Hintergrund jeweils spezifischer Rahmenbedingungen mit der Offenheit der zukünftigen Entwicklung umgegangen? Repräsentieren zeitgenössische Zukunftsentwürfe Utopien bzw. Wunschvorstellungen ihrer Autor*innen oder handelt es sich bereits um wissenschaftlich fundierte Prognosen? Am Beispiel von zwei populärwissenschaftlichen deutschen Veröffentlichungen aus den 1910er und 2010er Jahren wird diesen Fragen im Folgenden zumindest kursorisch nachgegangen. Den Überlegungen liegt dabei die durch Elke Seefried (2015) in ihrer umfassenden Geschichte der Zukunftsforschung in der westlichen Hemisphäre verifizierte These zugrunde, dass die Scheidelinie zwischen Prophetie und Prognostik in der Mitte des 20. Jahrhunderts gezogen werden kann.

3 Prognosen über „die Welt in 100 Jahren“ gestern und heute

3.1 Ein 100 Jahre altes „Wissenschaftsbuch des Jahres“

Die seit 1964 monatlich erscheinende populärwissenschaftliche – in Zeiten, in denen der Wissenstransfer in aller Munde ist, eher eine Auszeichnung, denn ein Makel – Zeitschrift *bild der wissenschaft* widmet sich der Forschung und Technik. Neben aktuellen Entwicklungen auf diesen Feldern geht es stets auch um deren Kontextualisierung in Politik und Gesellschaft. Der Schwerpunkt lag anfangs auf naturwissenschaftlichen Themen, das inhaltliche Spektrum wurde seit den 1970er Jahren aber um kultur- und gesellschaftswissenschaftlichen Bezüge erweitert. Zu den Initiativen der Zeitschrift zählt unter anderem die Vergabe des Preises für das Wissensbuch des Jahres (bis 2010 Wissenschaftsbuch des Jahres). Prämiert werden Bücher in sechs Kategorien durch eine Jury aus elf unabhängigen Wissenschaftsjournalist*innen (eine weitere Stimme haben die Leser*innen). Das entscheidende Kriterium ist, dass die ausgezeichneten Bücher „über Wissenschaft und Forschung kompetent, verständlich und spannend berichten“

3 Graf unterscheidet vier idealtypische Modi mit denen Gesellschaften ihre Zukunft generieren: die Erwartungs-, die Gestaltungs-, die Bewahrungs- und die Risikozukunft (2017: 312–317).

sollen.⁴ 2010 wurde in der Kategorie „Überraschung: das originellste Buch“ ein Werk ausgezeichnet,⁵ das schon 100 Jahre zuvor, hier noch in Fraktur gesetzt, erschienen war: der vom Journalisten und Schriftsteller Arthur Brehmer⁶ herausgegebene und vom Maler Ernst Lübbert (vgl. Zahn 1991) illustrierte Band *Die Welt in 100 Jahren* (1910).

Der Band wurde wiederholt nachgedruckt (zuletzt Brehmer 2013). Diese Ausgabe enthält einen zusätzlichen Essay von Georg Ruppelt, der zum Zeitpunkt des Erscheinens Direktor der Gottfried Wilhelm Leibniz Bibliothek (Niedersächsische Landesbibliothek) in Hannover war. Dieser verweist auf die Umkehrung des Friedrich Schlegel zugeschriebenen Satzes über die Historiker als „rückwärts gekehrte Propheeten“ und sieht in den „Autoren, die über die Zukunft schreiben, vorwärts gewandte Geschichtsschreiber.“ Letztere nutzen somit „eine literarische Technik, die als zeitverschobene Utopie bekannt ist“ (Ruppelt 2013: v).⁷ Ruppelt liefert zudem einen Abriss über die deutsche utopische sowie Science-Fiction Literatur und deren gesellschaftspolitische Zukunftsentwürfe. Er sieht den Band als eine Sammlung von Beiträgen in Form „möglichst sachliche(r) Prognosen“ durch zeitgenössische Expert*innen, zu denen unter anderem die Pazifistin Bertha von Suttner, der Kolonialist, Kolonialpolitiker und Publizist Karl Peters, der Theoretiker und Politiker Eduard Bernstein oder der Schriftsteller Hermann Bahr zählten.

Die Beiträge geben Einblick in Vorstellungen über und konkrete Erwartungen an unsere heutige Welt, die in Deutschland bzw. – so sei hinzugefügt – in der europäisch-westlichen Welt am Ende der ersten Dekade des 20. Jahrhunderts bestanden. Sie präsentieren mit den Zukunftsvorstellungen einer noch nahen Vergangenheit zudem einen eher traditionellen Untersuchungsgegenstand der Historiografie. Die unvermeidbaren Fehlprognosen der 1910er Jahre haben für Historiker*innen mehr als nur Unterhaltungswert. Sie zeigen, wie im ersten Teil des Beitrages dargelegt, Erwartungshorizonte auf und zeichnen die herrschenden Mentalitäten nach. Mit unserem

4 Die Kategorien lauten: Überblick: das informativste Buch; Zündstoff: das brisanteste Buch; Überraschung: das originellste Buch; Unterhaltung: das spannendste Buch; Ästhetik: das schönste Buch; Perspektive: das sachkundigste Jugendbuch; vgl. <https://www.wissenschaft.de/rezensionen/wissensbuecher-des-jahres/> (letzter Zugriff 19.03.2024), Zitat ebd.

5 Vgl. <https://www.literaturpreisgewinner.de/sachbuch/wissensbuch-des-jahres> (letzter Zugriff 19.03.2024).

6 Zu Arthur Brehmer (1858–1923) liegen keine Einträge in den einschlägigen biografischen Nachschlagewerken vor. Brehmer, ein aus Wien stammender und in Triest geborener Journalist, war unter anderem im Hause Ullstein erst Leiter des Feuilletons der Berliner Zeitung und zwischen 1898 und 1900 Chefredakteur der neuen Berliner Morgenpost (vgl. Keil 2023).

7 Im Rahmen einer Diskussion der Geschichtsphilosophie Arthur C. Dantos hatte Gunter Scholz (1982) diese Überlegung schon als Titel einer Abhandlung gewählt: „Der rückwärts-gekehrte Prophet und der vorwärts-gewandte Poet“; zu dem im Titel vorhandenen Paradoxon vgl. ebd. (309f.).

wissenden Blick zurück lassen sich ihre Inhalte gut kontextualisieren, da die Zukunft des Jahres 1910 mittlerweile nicht nur Gegenwart, sondern schon ein gutes Stück weit ihrerseits bereits zur Vergangenheit geworden ist.

3.2 Das Jahr 2112 oder „Die Welt in 100 Jahren“ revisited

Vor diesem Hintergrund steht auch die Frage im Raum, wie sich Menschen *heute* die Welt in 100 Jahren vorstellen und ob die mit dieser fernen Zukunft verbundenen Erwartungshaltungen prognosefähig sowie hinsichtlich ihrer Inhalte mit denen des Jahres 1910 vergleichbar sind. Im Jahr 2012 wurde durch den österreichischen Dokumentarfilmer, Fernsehmoderator und Journalisten Ernst A. Grandits⁸ unter dem Titel *2112 – die Welt in 100 Jahren* nicht weniger als ein Remake und in gewisser Weise ein Update von Brehmers Buch umgesetzt (2012a). Ausgehend von den öffentlichen Debatten, die zwischen „Weltuntergangsszenarien und Fortschrittsutopien“ hin und her zu schwanken schienen, wurden erneut „renommierte Wissenschaftler, Künstler und Journalisten gefunden, die nun einen Blick in das 22. Jahrhundert wagen“ (ebd.: U4). Der Herausgeber betont, dass es sich bei den Texten weniger um „klassische Zukunftsprognosen [handele], denn Debattenbeiträge zur Zeitdiagnose“ (Grandits 2012b: 8). Zu den Verfasser*innen – mit nur drei Ausnahmen handelt es sich um Autoren – zählen der Medienwissenschaftler Norbert Bolz, der Gastronomiekritiker und Journalist Jürgen Dollhase, die Schriftstellerin Marlene Streeruwitz und die Musikwissenschaftlerin Cornelia Szabó-Knotik.

Die Beiträge lassen, da sie wiederum aus heutiger Sicht vor über einem Jahrzehnt verfasst wurden, erneut einen Einblick in zeitgenössische Zukunftsvorstellungen und Erwartungen zu. Dass sich die Welt im Verlauf der 2010er Jahre bereits so gravierend verändert hat, dass sich aus den Texten auch Verschiebungen hinsichtlich gesellschaftlicher Mentalitäten herausarbeiten lassen, darf allerdings bezweifelt werden. So bleibt der Vergleich mit der Vergangenheit: Diese ist, über die erneute geografische Verortung im deutschen Sprachraum hinaus, auch auf inhaltlicher Ebene gegeben. Während 1910 jeweils ein Beitrag zu Krieg und Frieden verfasste wurde, enthält der 2012er-Band zumindest einen Beitrag zum Krieg. Beide eng miteinander verwobenen historischen Schlüsselthemen bilden im Folgenden die Basis des Versuchs, die Prognosefähigkeit

8 Ernst A. Grandits (*1961) arbeitet seit 1975 beim öffentlich-rechtlichen ORF. 1996–2016 moderierte er unter anderem das Magazin „Kulturzeit“ auf 3sat sowie 1997–2007 die Verleihung des Ingeborg-Bachmann-Preises in Klagenfurt; vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Ernst_A._Grandits (letzter Zugriff 19.03.2024).

von Expert*innen aus Sicht der Geschichtswissenschaft in gebotener Kürze nachzuzeichnen und einer kritischen Analyse zu unterziehen.

3.3 Der Krieg in 100 Jahren (1909/10)

Der Verfasser des Artikels zum „Krieg“, Rudolf Martin (1867–1939), war 1897 als Beamter in den preußischen Staatsdienst eingetreten und in der Folge auf verschiedenen Posten im Reichsamt des Inneren tätig. Nach seiner Ernennung zum Regierungsrat (1901) erfolgte 1905 eine Strafversetzung ins Statistische Amt (vgl. Gajek 2014: 18ff.). Schon während dieser Zeit verfasste er Sachbücher und utopische Romane. Diese Veröffentlichungen befassten sich vor allem mit der Großmachtpolitik des späten Kaiserreiches (Martin 1908a/b und 1909a). Die Publikationstätigkeit Martins erweckte den persönlichen Unmut Reichskanzlers Heinrich von Bülow. 1908 führte ein durch von Bülow angestregtes Disziplinarverfahren zu Martins Entlassung aus dem preußischen Staatsdienst (vgl. Gajek 2014: 18f.). Verhindert werden konnte damit aber nicht, dass Martin den Reichskanzler im Rahmen der sogenannten *Daily-Telegraph*-Affäre, einer Zeitungsveröffentlichung privater Gespräche des deutschen Kaisers mit dem englischen Obersten Edward Montagu-Stuart-Wortley (vgl. Winzen 2002), erneut scharf angriff. Weithin bekannt wurde Rudolf Martin in der Folge durch die Veröffentlichung von Listen vermögender Personen in Preußen und anderen Staaten des Deutschen Reiches (1911 und 1912a/b). Darüber hinaus soll auch ein drittes schriftstellerisches Standbein Martins hier Erwähnung finden: Zum Teil eng mit den Sujets des utopischen Romans verbunden waren seine zahlreichen Veröffentlichungen zur Motorluftschiffahrt (1907a/b), zum Teil auch in Form von Jugendbüchern (1908c und 1909b).

Vor diesem Hintergrund ist zum einen die Auswahl Rudolf Martins für den Beitrag zum Band erklärbar. Zum anderen machen die vielfältigen Arbeits- bzw. Interessengebiete des Autors auch dessen aus heutiger Sicht zumindest begründungsbedürftige inhaltliche Schwerpunktsetzung besser nachvollziehbar. Martin hebt die Bedeutung technischer Innovationen für eine erfolgreiche Kriegsführung hervor, um dann im Anschluss sofort in die Zukunft zu schauen – und auch bei seinem eigentlichen Thema stehen zu bleiben: „Die Technik der Motorluftschiffahrt[,] der Unterseeboote, der drahtlosen Telephonie und Telegraphie [...] wird neben der Fortbildung der Sprengmittel, der Artillerie und der Schutzvorkehrungen den Krieg vollkommen umgestalten und eine weitgehende Einwirkung auf die Politik ausüben“ (Martin 1910: 64). Hätte Martin „Motorluftschiffahrt“ durch „Luftkrieg“ ersetzt, wären aus heutiger Sicht wenige(r) Fragen offengeblieben. Der Verfasser geht von einer absoluten Hegemonie Europas und des darin geografisch zentral gelegenen Deutschlands aus und betont im sprachlichen Duktus westlicher Überlegenheit seiner Zeit, dass vor allem die Motorluftschiffahrt

„die Macht der industriellen, kapitalreichen Großmächte mit dichter, geistig hoch entwickelter Bevölkerung und mit großen Landheeren gegenüber den agrarischen, armen Großmächten mit dünner, geistig rückständiger Bevölkerung oder mit kleinen Landheeren“ (ebd.) verstärke.

Ein deutsch-englisches Wettrüsten – mit seiner Flottenpolitik vor allem durch das Kaiserreich real betrieben (vgl. Rüger 2007) – kommt in den Zukunftsvorstellungen Martins so nicht vor. Stattdessen verhindert ein über eine reine Wirtschafts- und Währungsunion hinausgehender politischer Zusammenschluss europäischer Mächte, dass es zu Kriegen auf dem Kontinent kommt: „Der zunehmende Luftverkehr hat eine solche Menge gemeinsamer Interessen und Bedürfnisse geschaffen, daß in hundert Jahren sämtliche europäischen Staaten als Staatengemeinschaft ein gemeinsames europäisches Parlament und eine gemeinsame europäische Gesetzgebung haben“ (Martin 1910: 68). Imperialistische und kolonialistische Vorstellungen, gepaart mit eindeutig rassistischen Stereotypen, prägen Martins Vorstellung europäischer Suprematie. Kriege seien nur noch „mit der gelben Rasse, also mit China, Japan und Siam oder mit den Vereinigten Staaten Amerikas“ möglich – auch wenn er den zweiten Fall als „außerordentlich unwahrscheinlich“ ansieht. Und nicht zuletzt tragen die Motorluftfahrzeuge dazu bei, „Afrika, welches unter die [sic] verschiedenen europäischen Großmächte aufgeteilt ist, nieder[zu]halten“; darüber hinaus werden sie „bei jeder indischen Revolution den Engländern sofort zur Verfügung gestellt“ (ebd.: 68f.).

Am Vorabend des Ersten Weltkrieges, der die Zukunftsvorstellungen nur vier Jahre nach ihrer Formulierung quasi konterkarieren wird, entwirft Martin abschließend noch ein Szenario für einen (letzten) Weltkrieg, der in 100 Jahren ein „Krieg der Vereinigten Staaten Europas gegen das verbündete China und Japan“ (ebd.: 68) sein wird. Die Vereinigten Staaten Amerikas würden sich in diesem Luft- und Seekrieg, den „riesenhaft(e) Vakuumluftschiffe“ (ebd.: 69) dominieren, neutral verhalten, gleichwohl aber umfassende wirtschaftliche Sanktionen gegen China und Japan verhängen. Die Seeflotte dient allein als Startbasis für den Luftkrieg. Dem Konflikt direkt vorausgegangen war nach Martins Zukunftsaussicht die Verstaatlichung der Luftschiffflotten Chinas und Japans bei zeitgleichem Ausschluss europäischer Betreiber. Der viermonatige Konflikt, den Martin auf das Jahr 2008 datiert, verläuft dann „ungewöhnlich blutig“ (ebd.: 71); er endet „infolge der aeronautischen Überlegenheit der weißen Rasse“ jedoch mit einem Sieg der Staaten Europas (ebd.: 76). Insgesamt hat Martin einen Beitrag verfasst, in dem persönliche Wunschvorstellungen des Autors hinsichtlich der Entwicklung des Luftverkehrs eine größere Rolle spielen, das zeitgenössische politische Setting aber nur am Rande Berücksichtigung findet und der auch keine realistische Prognose für Kriege in der Zukunft bzw. in 100 Jahren zu liefern in der Lage ist. Die Realität sollte diese Utopie in Gestalt des Ersten Weltkrieges schon rasch einholen. Aus militärgeschichtlicher Sicht ist Rudolf Martin allerdings die – wenn auch nicht spektakuläre – Erkenntnis zugute

zu halten, dass gerade dem Luftkrieg im 20. Jahrhundert eine eminente Bedeutung zukommen wird (vgl. Hippler 2017).

3.4 Der Friede in 100 Jahren (1909/10)

Die Verfasserin des Artikels zum „Frieden“, Bertha von Suttner (1843–1914), zählte als Schriftstellerin und Essayistin zu den bekanntesten Pazifistinnen – wir würden heute den Begriff Friedensaktivistinnen verwenden – des Deutschen Kaiserreiches (vgl. Korotin 2013 und Hamann 2013). Bekannt wurde sie bzw. Berühmtheit erlangte sie nach dem sie in Folge ihrer Kontakte zur 1880 in London gegründeten *International Arbitration and Peace Association* 1889 den Roman *Die Waffen nieder!* publizierte (Suttner 1889a). Von Suttner war maßgebliche Initiatorin der *Österreichischen Gesellschaft der Friedensfreunde* (1891), der *Deutschen Friedensgesellschaft* (1892) sowie der ersten Haager Friedenskonferenz (1899). 1905 wurde ihr, als erster Frau überhaupt, der Friedensnobelpreis zuerkannt. Neben ihrem Eintreten für eine internationale Friedensbewegung engagierte sie sich für die Rechte und Chancen von Frauen, unter anderem für das Frauenwahlrecht.

Die Auswahl der Verfasserin bedurfte für die zeitgenössischen Leser*innen daher keiner weiteren Erläuterung. Auch mit Zukunftsvorstellungen im „Maschinenzeitalter“ hatte sich Suttner zuvor intensiv beschäftigt (Suttner 1889b/1899).⁹ Dieser fiktive Rückblick eines Historikers aus dem 21. Jahrhundert, das heißt einer weit in der Zukunft liegenden Zeit auf die Gegenwart der 1880er Jahre (konkret 1885/86) ist in der Forschung zu literarischen Utopien als „erste gesellschaftspolitisch umfassende Utopie einer deutschsprachigen Autorin“ bezeichnet worden, der mit Blick auf den Inhalt „der Rang einer sorgfältig ausgeführten populärwissenschaftlichen Abhandlung“ zukommt (Stalfort 2000: 197, 206). War Martins Zukunftsvorstellung aus heutiger Sicht durch rassistische Stereotype und eine imperialistische Sichtweise auf die Weltgeschichte geprägt, so führt uns von Suttner an die „auf einem Schweizer Hochplateau als Prachtbau errichteten Sorbonnen“ um ebendort mit Zuhörer*innen „aus allen Weltgegenden“ im wöchentlichen Wechsel „Gelehrte(n) aus einer anderen Metropole des Globus“ zu lauschen. Am fiktiven 1. März des Jahres 2009 verfolgen die Leser*innen so einen Vortrag des „berühmten brasilianischen Geschichtspräsidenten Dr. Pedro Diaz“ zur historischen Genese der modernen Friedensherrschaft (Suttner 1910: 79). Von Suttner nimmt hier das Motiv des sowohl zurückschauenden als auch eine Entwicklung, die bereits in der Vergangenheit begonnen hat, analysierenden Historikers wieder auf. Die Rollen

9 Die erste Auflage des Buches war unter Verwendung des Begriffes „Maschinenalter“ und anonym erschienen bzw. das Vorwort mit „Jemand“ unterzeichnet (vgl. Suttner 1899: vii).

des/r Prophet*in bzw. des/r Historiker*in scheinen dabei nur auf den ersten Blick zu verschwimmen. Die Zukunftsvorstellung des Jahres 1909 wird mit der gewählten narrativen Strategie durch den Historiker des Jahres 2009 als ein realisierbares Szenario rückblickend beglaubigt – wenn nicht sogar für unausweichlich erklärt.

Von Suttner liefert den Leser*innen durch Diaz auch eine gänzlich andere Zeitdiagnose als dies bei Martin – zum Teil nur zwischen den Zeilen – der Fall ist: Das Wettrüsten habe die Staaten an den Rand des Erträglichen gebracht: „Die Erde war mit Festungen gespickt, mit Minen untergraben, die Meere auf und unter den Wogen mit Todesfahrzeugen gefüllt, und kaum waren die ersten Versuche, sich der Luft zu bemächtigen, gelungen, als sich schon die Heeresleitungen anschickten, auch dieses Element mit Sprengstoff-Schleudern zu bevölkern“ (ebd.: 80). Lässt man die Geschichte und nicht zuletzt die evozierten Bilder des Schreckens im Ersten Weltkrieg vor dem geistigen Auge Revue passieren, so trifft die Darstellung durchaus einen springenden Punkt. Hier und in einer anderen ihrer Schriften bezieht sich von Suttner direkt auf den Luftkrieg. Der „Aeroplan“ wäre noch wenige Jahre zuvor als wichtiges „Instrument des Friedens“ angesehen worden (Suttner 1912: 22). Im Jahr 1912 bestünde aber schon Bedarf für ein „Memorandum gegen den Gebrauch bewaffneter Luftschiffe“ (ebd.: 25). Die Eroberung der Luft habe zu einer Waffe geführt, „die von allen bis jetzt verwendeten sich als die teuflischste erweisen kann“ (ebd.: 2). Die erfolgreiche Gegenbewegung, die von Suttner Diaz im Jahr 2009 nachzeichnen lässt, hatte aus Friedensinitiativen und -kongressen sowie vor allem aus „Freundschaftsbündnissen“ bestanden, die „langsam ein verbündetes Europa“ hervorgebracht hätten – „der Uebergang von der Gewalt-epoche zur Rechtsepoche [hätte] sich schon vor hundert Jahren deutlich vollzogen“ (Suttner 2010: 82).

Die Welt im Jahr 2009 zeichne sich, so Diaz in seinem Vortrag weiter, vor allem dadurch aus, dass die Menschen nun etwas gewonnen hätten, das ihre Vorfahren nur „als Pausen zwischen den Kriegen“ kannten, „den Frieden“ (ebd.: 83). Der „Ewige Friede“ zwischen Staaten, wie ihn der deutsche Philosoph Immanuel Kant (1795) auf der Grundlage seiner Moralphilosophie entwickelt hatte, taucht hier nicht nur in den Gedanken der Leser*innen auf, sondern wird direkt angesprochen – als noch nicht zur Gänze erreichter Zustand, „denn immer noch können Ueberfälle minder fortgeschrittener Völkerschaften gegenwärtig werden“ (Suttner 2010: 83). Streitkräfte bestünden weiterhin, diese dienten aber nicht dem Angriffskrieg, sondern „zur Aufrechterhaltung der Ruhe und Gesetze im Inneren, zur Hilfeleistung und Rettung überall dort, wo ein Volk in Not ist“ (ebd.: 84). Neben den sogenannten Weltreligionen Sorge vor allem der „Besitz von gewaltigen Vernichtungswaffen“ für die friedensfördernde Erkenntnis, dass „jeder von Gegnern geführte Kampf nur Doppelselbstmord wäre. Wenn man mit einem Druck auf einen Knopf, auf jede beliebige Distanz hin, jede beliebige Menschen- und Häusermasse pulverisieren kann, so weiß ich nicht nach welchen taktischen und

strategischen Regeln man mit solchen Mitteln noch ein Völkerduell austragen könnte“ (ebd.). Auch hier lässt sich leicht eine Vorabbeschreibung des atomaren Patts im Kalten Krieg der 1950er bis 1980er Jahre herauslesen (vgl. Gaddis 2007, Stöver 2007 und Westadt 2019). Insgesamt geht von Suttner in ihren Überlegungen weiterhin von klassischen Staatenkriegen, also gewaltsamen Konflikten zwischen souveränen Staaten, aus. Gerade in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wird sich aber zeigen, dass der Bürgerkrieg oder, international gesprochen, der Low Intensity War, sowie weitere zum Teil neue asymmetrische Formen des Gewalthandelns zum Standardmodell kriegerischer Auseinandersetzungen werden sollten (vgl. Kaldor 2000 und Riemann 2020). Mit dem Wegfall oder zumindest Rückgang staatlicher Beteiligung fehlt seitdem aber auch eine wichtige Grundlage für Friedensschlüsse. Diese sind keine Akte mehr, wie in den 1910er Jahren noch denk- und erwartbar. Sie geraten stattdessen, vor allem nach dem Zweiten Weltkrieg, zu langwierigen internationalen Prozessen, die in der Mehrheit der Fälle keine Friedensschlüsse mehr nach sich ziehen (vgl. Wegner 2002 und Leonhard 2023), oder, wie am Beispiel des Versailler Vertrags gut nachzuvollziehen, zu Friedensschlüssen, die einen Ausgangspunkt für erneute Kriegshandlungen darstellen.

3.5 Der Krieg in 100 Jahren (2012)

Der Verfasser des zweiten Artikels zum „Krieg“, Herfried Münkler,¹⁰ ist seines Zeichens Politikwissenschaftler mit Schwerpunkt Theorie und Ideengeschichte. Seine Arbeitsfelder in Forschung und Lehre umfassten schon in den späten 1980er Jahren auch die Theorie und die Geschichte des Krieges (1990 und 1992). Später kam eine Vielzahl an Veröffentlichungen hinzu, die sich vor allem den asymmetrisch geführten „neuen“ Kriegen zuwandten (2002a, 2003 und 2015), diese Gewalthandlungen theoretisch einzuordnen versuchten (2002b und 2006) oder Großkonflikte wie den Ersten Weltkrieg (2013) oder den Dreißigjährigen Krieg (2017) einer aktuellen Analyse unterzogen.

Münkler sieht im Rahmen seiner Vorausschau in das Jahr 2112 die „Bedeutung des Militärs für die Gestaltung der politischen Verhältnisse“ (2012: 151) seit dem 20. Jahrhundert immer weiter zu Gunsten „wirtschaftliche(r) Macht und kulturelle(m) Einfluss“ zurückgehen (ebd.: 152). Dies hat für ihn zum einen damit zu tun, dass am Beginn des 21. Jahrhunderts die Abschaffung einer allgemeinen Wehrpflicht „zum Verschwinden des Militärs und seiner Fähigkeiten aus der öffentlichen Wahrnehmung“

10 Herfried Münkler (*1951) lehrte von 1992 bis zu seiner Emeritierung im Jahr 2018 als ordentlicher Professor am Institut für Sozialwissenschaften der HU Berlin; vgl. Munzinger Internationales Biographisches Archiv Online, <http://www.munzinger.de/document/0000024700> (letzter Zugriff 19.03.2024).

geführt hatte (ebd.: 153), zum anderen, dass im Norden die Rate der demografischen Reproduktion stetig sank. Obwohl „mit der weitgehenden Pazifizierung des Nordens seit mehr als einem Jahrhundert eine immer wieder aufflackernde Belligerenz im Süden“ einhergegangen sei, habe sich mit der Zeit die Einsicht durchgesetzt, dass „Militärinterventionen zur Befriedung ganzer Gesellschaften [...] zu teuer, zeitaufwändig und verlustreich“ waren, um diese erfolgreich als „Instrument der Konfliktbearbeitung“ zu nutzen (ebd.: 154).

War es bei Rudolf Martin noch der wissenschaftlich-technische Fortschritt, vor allem im Luftkrieg, der das Kriegsgeschehen revolutionieren sollte, so betonte Münkler, eine direkte Linie zu Martins Argumentationsgang herstellend (vgl. ebd.: 156), die große Bedeutung asymmetrischer Kriegsformen sowie die „Diffusion von Kriegaakteuren und internationaler Kriminalität“ (ebd.: 157) seit dem Beginn des Jahrhunderts, denen zudem oft das Element der Überraschung innegewohnt habe. Er verweist auch auf die semantische Einordnung dieser Konflikte als „bürgerkriegsähnliche Zustände“, nicht Kriege im eigentlichen Sinne (vgl. ebd.: 157). Ein allgemeiner Frieden, der als Komplement zu Krieg immer wieder zwischen den Zeilen durchscheint, konnte im globalen Maßstab aber weiterhin nicht etabliert werden: „Frieden in diesem Sinn gab es nur in den Staaten des reichen Nordens“. Hier konstatiert Münkler aber, dass gleichzeitig „der kleine Krieg an der Peripherie der Wohlstandszone endemisch“ (ebd.: 158) wurde. Gekämpft werde, so lassen sich die Zukunftsvorstellungen hier kurz zusammenfassen, vor allem um knappe Ressourcen wie beispielsweise Trinkwasser sowie zur Verhinderung terroristischer Anschläge und größerer Flüchtlingsbewegungen von Süd nach Nord. Ohne den Glauben an die Möglichkeit, Friedenprozesse erfolgreich umsetzen zu können, hätten sich im 21. Jahrhundert „Zyklen humanitärer Interventionsbereitschaft und desillusionierter Resignation beobachten“ lassen (ebd.: 159f.). Vergleicht man die Szenarien oder auch Prognosen eines zukünftigen, von heute aus betrachteten völlig fiktiven, Zeitpunkts in 100 Jahren, so fallen Münklers Vorstellungen vor allem im Vergleich mit den utopischen Vorstellungen Martins und von Suttner eher düster aus. Ihnen ist eine nüchtern-realistische Rationalität zu eigen, die ihre argumentative Basis sowohl in sozial-, als auch in geistes- und kulturwissenschaftlichen zeitgenössischen Analysen findet. Vielleicht ergibt sich diese Lesart aber auch aus dem Umstand, dass der Autor dieses Beitrages [C. A.] mit dem Werk Herfried Münklers ebenso vertraut ist, wie mit den wissenschaftlichen und auch gesellschaftspolitischen Kontexten, in denen es entstanden ist und darüber hinaus als Historiker auch zum Adressatenkreises zählt. Damit kommen wir am Ende wieder auf die eingangs aufgeworfene Frage nach der Prognosefähigkeit in den Geistes- bzw. den vor allem historisch arbeitenden Kulturwissenschaften zurück.

4 Zusammenfassung

Die beiden Zeitschnitte und Ausblicke auf eine Welt in 100 Jahren zeigen recht deutlich, wie Zukunftsvorstellungen, mal mehr von utopischem Geist getragen (Martin, von Suttner), mal mehr wissenschaftlich nüchtern formuliert (Münkler), dazu beitragen, Geschichte und Zukunft aus ihrer jeweiligen Gegenwart heraus zu denken und zu konstruieren. Im Falle Bertha von Suttners kann hier sogar von einem *Programm* gesprochen werden, da die Verfasserin des Beitrages selbst aktiv an einer – wenn auch in zeitlicher Hinsicht unbestimmbaren – Realisierung ihrer Vorstellungen mitwirkte – so utopisch ein globaler Friedenszustand heute auch (wieder) erscheint. Im direkten Vergleich kommt den Texten von Rudolf Martin und Herfried Münkler eher der Charakter einer Prognose zu. Beide entwerfen eine Zukunft von ihrer unmittelbaren Gegenwart und einer bekannten Vergangenheit her. Im erkennbaren Gegensatz zu Martin verzichtet Münkler dabei auf antizipierte Ziele in der Geschichte.

Die Gegenüberstellung und der Versuch, die Texte so kontextsensibel wie möglich zu lesen, verdeutlicht zugleich, welch hohes Abstraktionsvermögen auf Seiten von Historiker*innen notwendig ist, um die generelle Offenheit der Zukunftsvorstellungen und Erwartungen einer Gesellschaft in einer vergangenen Zeitphase als solche interpretierend würdigen zu können. Dies ist nicht zuletzt deshalb von großer Bedeutung, da sich ohne diese Erwartungen sowohl naher als auch fernerer Zukünfte viele Entwicklungen allenfalls in einem unzureichenden Maß erklären lassen. Die Blicke in eine Welt in 100 Jahren zeigen zudem, wie gänzlich veränderte historische Rahmenbedingungen oder auch nur das simple Fortschreiten auf der Zeitleiste zu unweigerlichen Re-Lektüren von Texten auffordern. Der Sinn eines Textes, das zeigt Historiker*innen ihre alltägliche Arbeit, erschließt sich leichter, wenn dieser von Zeitgenoss*innen verfasst wurde – nicht zuletzt, weil sowohl die Verfasser*innen als auch die Leser*innen den Erkenntnisstand, von dem aus ein Zukunftsszenario entworfen wird, das sich als rational oder zumindest als erwartbar erweisen könnte, größtenteils teilen.

Insgesamt war der Beitrag aber kein Plädoyer dafür, das Konzept Zukunft und damit auch die historische Prognostik, in Frage zu stellen. In Zeiten, in denen der historische Begriff der Moderne ohne entsprechende Suffixe kaum noch gedacht oder genutzt wird, bleibt die von Moritz Baßler und Heinz Drügh vor knapp 10 Jahren hinsichtlich des Glücksversprechens des Pop aufgeworfene Frage „warum die Gegenwart immer noch so gerne von einer Zukunft träumt, die sich die Vergangenheit ausgedacht hat“ (2013: 81) hier weiterhin unbeantwortet. Dass es umfangreicher argumentativer Ausarbeitungsprozesse bedarf, in denen die *Zukünfte* jeweils hergestellt und mit entsprechenden Begriffen verknüpft werden, sollte aber hoffentlich genauso nachvollziehbar geworden sein, wie die Rolle, die Historiker*innen hierbei zukommt. Die bestehenden hohen Erwartungen an dieses Berufsfeld zeigen sich nicht zuletzt in dem Umstand,

dass sie, wie beispielsweise im Falle Bertha von Suttners, gerne als Erzählinstanz genommen werden, wenn es darum geht, den Weg der ursprünglichen Prognose zu ihrer vermeintlichen Erfüllung professionell nachzuzeichnen.

Literatur

- Baßler, Moritz und Heinz Drügh** (2013): All uns' re Problems oder: ‚Witty, sexy, gimmicky, glamorous‘ heute. *Pop 2*: 2. 81–86.
- Brehmer, Arthur** (Hg.) (1910/2013): *Die Welt in 100 Jahren*. Berlin. / 9. Nachdruck. Hildesheim [u. a.].
- Cicero, Marcus Tullius** (2007): *De oratore. Über den Redner*. Hg. **Theodor Nüßlein**. Düsseldorf (Sammlung Tusculum).
- Gaddis, John Lewis** (2007): *Der Kalte Krieg. Eine neue Geschichte*. München.
- Gajek, Eva Maria** (2014): Sichtbarmachung von Reichtum. Das Jahrbuch des Vermögens und Einkommens der Millionäre in Preußen. *Archiv für Sozialgeschichte* 54, 79–108.
- Grandits, Ernst A.** (2012a): 2112 – *Die Welt in 100 Jahren*. Hildesheim [u. a.].
- Grandits, Ernst A.** (2012b): „2112 – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft ...“. In: 2112 – *Die Welt in 100 Jahren*. Hg. **Ernst A. Grandits**. Hildesheim [u. a.]. 7–9.
- Goertz, Hans-Jürgen** (1995): *Umgang mit Geschichte. Eine Einführung in die Geschichtstheorie*. Reinbek b. Hamburg.
- Graf, Rüdiger** (2017): Die Unkenntnis der Zukunft und der Zukunftsbezug der Zeitgeschichte. In: *Die Zukunft des 20. Jahrhunderts. Dimensionen einer historischen Zukunftsforschung*. Hg. **Lucian Hölscher**. Frankfurt/New York. 303–319.
- Hamann, Brigitte** (2013): *Bertha von Suttner. Kämpferin für den Frieden*. Wien (Neuauflage).
- Hartmann, Heinrich und Jakob Vogel** (Hg.) (2010): *Zukunftswissen. Prognosen in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft seit 1900*. Frankfurt a. M. [u. a.].
- Hippler, Thomas** (2017): *Die Regierung des Himmels. Globalgeschichte des Luftkriegs*. Berlin.
- Hölscher, Lucian** (2020): *Zeitgärten. Zeitfiguren in der Geschichte der Neuzeit*. Göttingen.
- (2017): Theoretische Grundlagen der historischen Zukunftsforschung. In: *Die Zukunft des 20. Jahrhunderts. Dimensionen einer historischen Zukunftsforschung*. Hg. **Lucian Hölscher**. Frankfurt/New York. 7–37.
- (2016a): Historische Zukunftsforschung – eine Besprechung der neueren Literatur. *Neue Politische Literatur* 61:1. 47–62.
- (2016b): *Die Entdeckung der Zukunft*. Göttingen (2., erw. Aufl.).
- (2004): Zukunft und Historische Zukunftsforschung. In: *Handbuch Kulturwissenschaften*. Bd. 1: *Grundlagen und Schlüsselbegriffe*. Hg. **Friedrich Jaeger u. Burkhard Liebsch**. Stuttgart [u. a.]. 401–416.
- (1999): *Die Entdeckung der Zukunft*. Frankfurt a. M. (Europäische Geschichte).
- Jordan, Stefan** (2009): *Theorien und Methoden der Geschichtswissenschaft*. Paderborn [u. a.] (Orientierung Geschichte).
- Kaldor, Mary** (2000): *Neue und alte Kriege. Organisierte Gewalt im Zeitalter der Globalisierung*. Frankfurt a. M. (Edition Zweite Moderne).
- Kant, Immanuel** (1795): *Zum Ewigen Frieden. Ein philosophischer Entwurf*. In: Werkausgabe XI. *Schriften zur Anthropologie, Geschichtsphilosophie, Politik und Pädagogik I*. Hg. **Wilhelm Weischedel**. Frankfurt a. M. 1977. 195–254.

- Keil, Lars Broder** (2023): *Der Mann, der nie im Büro war*. <https://www.axelspringer.com/de/inside/der-mann-der-nie-im-buero-war> (letzter Zugriff 19.03.2024).
- Korotin, Ilse** (2013): *Bertha von Suttner*. In: *Neue Deutsche Biographie* 25, 719–721.
- Koselleck, Reinhart** (1989a): *Vergangene Zukunft in der Frühen Neuzeit [1968]*. In: *Vergangene Zukunft. Zur Semantik geschichtlicher Zeiten*. Frankfurt a. M. 17–37.
- (1989b): *Historia Magistra Vitae*. Über die Auflösung des Topos am Horizont neuzeitlich bewegter Geschichte [1967]. In: *Vergangene Zukunft. Zur Semantik geschichtlicher Zeiten*. Frankfurt a. M. 38–66.
- Leonhard, Jörn** (2023): *Über Kriege und wie man sie beendet. Zehn Thesen*. München.
- Martin, Rudolf** (1912a): *Jahrbuch des Vermögens und Einkommens der Millionäre im Königreich Sachsen*. Berlin.
- (1912b): *Jahrbuch des Vermögens und Einkommens der Millionäre in den Hansestädten (Hamburg, Bremen, Lübeck)*. Berlin.
- (1911): *Jahrbuch des Vermögens und Einkommens der Millionäre in Preußen 1912*. Berlin.
- (1910): *Der Krieg in 100 Jahren*. In: *In: Die Welt in 100 Jahren*. Hg. **Arthur Brehmer**. Berlin. 63–76.
- (1909a): *Fürst Bülow und Kaiser Wilhelm II*. Leipzig-Gohlis.
- (1909b): *Die Eroberung der Luft: Ein Luftschifferbuch* (mit 22 Tonbildern). Berlin.
- (1908a): *Die Zukunft Deutschlands: Eine Warnung*. Leipzig.
- (1908b): *Stehen wir vor einem Weltkrieg?* Leipzig.
- (1908c): *Von Ikarus bis Zeppelin: Ein Luftschifferbuch für die Jugend*. Berlin.
- (1907a): *Das Zeitalter der Motorluftschifffahrt*. Leipzig.
- (1907b): *Die Eroberung der Luft: Kritische Betrachtungen über die Motorluftschifffahrt*. Berlin.
- Münkler, Herfried** (2017): *Der Dreißigjährige Krieg. Europäische Katastrophe, deutsches Trauma 1618–1648*. Berlin.
- (2015): *Kriegssplitter. Die Evolution der Gewalt im 20. und 21. Jahrhundert*. Berlin.
- (2013): *Der Große Krieg. Die Welt 1914 bis 1918*. Berlin.
- (2012): *Der Krieg in 100 Jahren*. In: 2112 – *Die Welt in 100 Jahren*. Hg. **Ernst A. Grandits**. Hildesheim [u. a.]. 151–162.
- (2006): *Der Wandel des Krieges. Von der Symmetrie zur Asymmetrie*. Weilerswist.
- (2003): *Der neue Golfkrieg*. Reinbek b. Hamburg.
- (2002a): *Die neuen Kriege*. Reinbek b. Hamburg.
- (2002b): *Über den Krieg. Stationen der Kriegsgeschichte im Spiegel ihrer theoretischen Reflexion*. Weilerswist.
- (1992): *Gewalt und Ordnung. Das Bild des Krieges im politischen Denken*. Frankfurt a. M.
- (Hg.) (1990): *Der Partisan. Theorie, Strategie, Gestalt*. Opladen.
- Riemann, Malte** (2020): *Der Krieg im 20. und 21. Jahrhundert. Entwicklungen und Strategien*. Stuttgart.
- Rüger, Jan** (2007): *The great naval game. Britain and Germany in the age of Empire*. Cambridge [u. a.] (Studies in the social and cultural history of modern warfare 26).
- Ruppelt, Georg** (2013): *Zukunft von Gestern*. In: *Die Welt in 100 Jahren*. Hg. **Arthur Brehmer**. 9. Nachdruck. Hildesheim [u. a.]. v–xx.
- Seefried, Elke** (2015): *Zukünfte: Aufstieg und Krise der Zukunftsforschung 1945–1980*. Berlin [u. a.] (Quellen und Darstellungen zur Zeitgeschichte 106).
- Scholtz, Gunter** (1982): *Der rückwärts-gewandte Prophet und der vorwärts-gewandte Poet*. In: *Philosophisches Jahrbuch* 89:2. 309–324.
- Stalfort, Anne** (2000): *Das Maschinenzeitalter und Der Menschheit Hochgedanken. Bertha von Suttners literarische Utopien*. In: *Bei Gefahr des Untergangs. Phantasien des Aufbrechens*. Hg. **Ina Brueckel** [et al.]. Würzburg. 197–217 (Festschrift für Irmgard Roebing).

- Stöver, Bernd** (2007): *Der Kalte Krieg 1947–1991. Geschichte eines radikalen Zeitalters*. München.
- Suttner, Bertha von** (1889a): *Die Waffen nieder! Eine Lebensgeschichte*. Berlin.
- (1889b/1899): *Das Maschinen[zeit]alter. Zukunftsvorlesungen über unsere Zeit*. Zürich / 3. Aufl. Dresden/Leipzig.
- (1910): Der Friede in 100 Jahren. In: *Die Welt in 100 Jahren*. Hg. **Arthur Brehmer**. Berlin. 79–87.
- (1912): *Die Barbarisierung der Luft*. Berlin/Leipzig (Internationale Verständigung 6).
- Wegner, Bernd** (Hg.) (2002): *Wie Kriege enden. Wege zum Frieden von der Antike bis zur Gegenwart*. Paderborn [u. a.] (Krieg in der Geschichte 14).
- Westadt, Odd Arne** (2019): *Der Kalte Krieg. Eine Weltgeschichte*. Stuttgart.
- Winzen, Peter** (2002): *Das Kaiserreich am Abgrund. Die Daily Telegraph-Affäre und das Hale-Interview von 1908. Darstellung und Dokumentation*. Stuttgart.
- Zahn, Thomas** (1991): *Ernst Lübbert 1879–1915. Maler und Illustrator*. Stavenhagen.

Über den Autor

Prof. Dr. Cord Arendes, promoviert an der Universität Greifswald (Dr. phil., 2004), habilitiert an der Universität Heidelberg (Venia Legendi „Neuere und Neueste Geschichte“, 2010) ist seit 2012 Professor für Angewandte Geschichtswissenschaft – *Public History* am Historischen Seminar der Ruperto Carola. Sein Arbeitsgebiet *Public History* bewegt sich im kulturwissenschaftlich geprägten Spannungsfeld zwischen universitärer und nicht-universitärer Beschäftigung mit Geschichte, zwischen Fachwissenschaft und Fachdidaktik sowie Forschungsorientierung und Anwendung und Transfer in die Praxis. Zu seinen Schwerpunkten in Forschung und Lehre zählen *Public History* (inklusive der wechselseitigen Beziehung zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit sowie Konzepten der Erinnerungs- und Geschichtskultur), audiovisuelle Aspekte der Geschichtswissenschaft, Historische Ausstellungen und andere Strategien der Vermittlung historischen Wissens und kulturellen Erbes sowie die Geschichtstheorie/-philosophie. Cord Arendes ist Co-Director und Mitglied im *Executive Board* der Zeitschrift *Public History Weekly*, Mitglied im wissenschaftlichen Beirat der Ausstellung *L’Histoire du Luxembourg pendant la Seconde Guerre Mondiale* sowie Mitglied im wissenschaftlichen Beratungsgremium für den Lernort „Landshut“.

Korrespondenzanschrift

Prof. Dr. Cord Arendes
Universität Heidelberg
Historisches Seminar
Grabengasse 3–5
69117 Heidelberg
cord.arendes@zegk.uni-heidelberg.de
<http://www.uni-heidelberg.de/fakultaeten/philosophie/zegk/histsem/mitglieder/arendes.html>

Chinas spektakuläre Zahlen – von Prognosen, Dichotomien und Erkenntnissen über uns selbst

Anja Senz & Zhu Yi

Institut für Sinologie, Universität Heidelberg

Zusammenfassung Prognosen über die weitere politische und ökonomische Entwicklung kennzeichnen die letzten Jahrzehnte der wissenschaftlichen und öffentlichen Auseinandersetzung mit der Volksrepublik China. Der nachstehende Artikel zeigt exemplarisch einige zentrale Vorhersagen auf und legt dar, warum sich diese oftmals als unzutreffend erwiesen haben.

1 Einleitung

Daten zu Chinas Wirtschaftsentwicklung – insbesondere das jährliche Wirtschaftswachstum von durchschnittlich 8 bis 9 Prozent über fast drei Dekaden hinweg – und damit verbundene Projektionen gehören seit Beginn der 1980er Jahre zum festen Repertoire der Auseinandersetzung mit dem heutigen China. So verweist ein Dokument des Internationalen Währungsfonds aus dem Jahr 1997 darauf, dass Chinas Pro-Kopf-Einkommen sich seit 1980 nahezu vervierfacht habe und Analysten voraussagen, die chinesische Wirtschaft werde in etwa 20 Jahren größer sein als die der Vereinigten Staaten (Hu & Khan 1997). Dieses Wachstum übertreffe die Entwicklung der „Asiatischen Tiger“ – Hongkong, Korea, Singapur und Taiwan –, die als Gruppe durchschnittliche Wachstumsraten von 7 bis 8 Prozent verzeichneten. Aus dem gleichen Zeitraum datieren Berechnungen zur chinesischen Bevölkerungsentwicklung, die aufzeigen, dass die Ein-Kind-Politik seit den 1970er Jahren das Bevölkerungswachstum eingedämmt habe und basierend auf wissenschaftlichen Untersuchungen geplant sei, die Bevölkerung bis 2050 auf unter 1,6 Milliarden zu begrenzen (Ma 1998), um eine stabile Entwicklung des pro-Kopf Einkommens und das langsame Entstehen von Wohlstand zu gewährleisten (SCIO China 1995). Vaclav Smil, der die Welt in Zahlen erklärt sehen möchte, verweist lakonisch darauf, dass gerade die dementsprechend vorhersehbar sinkende Bevölkerungszahl China ökonomisch im Vergleich zu Indien absehbar ins Hintertreffen geraten lassen werde. In der Auseinandersetzung mit den diversen Wirtschaftsdaten zeigt er

ferner auf, dass auch der Aufstieg Japans in den 1990er Jahren einmal als „Kampf-ansage an die gesamte restliche Welt erschien“ (Smil 2024, S. 87), jedoch in 30 Jahre Stagnation des Landes mündete. Er unterstreicht damit zurecht, dass eine Vielzahl an Faktoren zu berücksichtigen sind, um zu annähernd zutreffenden Vorstellungen über die langfristige Entwicklung eines Landes zu kommen.

2 Die Bewunderung der Zahlen

Chinas „große Zahlen“ werden in Europa und Nordamerika einerseits oft bewundert, andererseits aufgrund der mit diesen Entwicklungen verbundenen sozialen und ökologischen Kosten kritisch betrachtet. Während der Schwerpunkt des chinesischen Parteistaates in den ersten beiden Jahrzehnten der sogenannten Reform- und Öffnungspolitik ab 1978 auf der Schaffung einigermaßen verlässlicher statistischer Daten lag (Holz 2014, Sinclair 2019), ist die Betrachtung der vielfältigen Zahlenapparate, die Chinas Fortschritt belegen sollen, in den letzten zwei Dekaden von einer Mischung aus Stolz und unverhohlenem Nationalismus begleitet. So präsentiert ein im Rahmen zahlreicher wissenschaftlicher Veranstaltungen in China gezeigtes Video aus dem Jahr 2016, unterlegt mit dramatischer Musik, wie das Land in den 1960er und 1970er Jahren zunächst ökonomisch weit hinter „dem Westen“ zurücklag, um ab den 1980er Jahren einen Wachstumskurs einzuschlagen: Anhand zentraler politischer Ereignisse wird der Entwicklungsprozess als linear erfolgreiche Aufholjagd dargestellt, die sich ab den 2000er Jahren im Kontext des chinesische Beitritts zur Welthandelsorganisation (WTO) beschleunigt, um schließlich um das Jahr 2030 die USA in absoluten Zahlen als größte Volkswirtschaft der Welt abzulösen. Mitte des Jahrhunderts – so die visualisierte Vorhersage weiter – werde das Bruttoinlandsprodukt der VR China doppelt so groß sein wie das der Vereinigten Staaten und bis zum Jahr 2100 blieben alle anderen Länder weit abgeschlagen als marginale Akteure hinter dem dominierenden China auf nachgeordneten Rängen zurück. Das Video erschien in China zu einem Zeitpunkt als das bisherige, auf arbeitsintensiver Massenproduktion basierende chinesische Wachstumsmodell an seine Grenzen stieß. Die Bevölkerung sollte daher politisch auf eine „neue wirtschaftliche Normalität“ mit niedrigerem Wirtschaftswachstum und sozialpolitischen Zumutungen eingeschworen werden. Qualität sollte Quantität in der Produktion ablösen, die Wirtschaftsentwicklung nachhaltiger und technologiegetriebener werden – ein Narrativ, das angereichert mit der (alten sozialistischen) Idee des Einholens und Überholens der „westlichen“ Hightech-Industrien bis heute Geltung beansprucht und ein vor Innovationskraft strotzendes China präsentieren soll.

Dieses Prognose-Beispiel aus der jüngeren Vergangenheit ist Beleg für die politische Instrumentalisierung von Hochrechnungen, die nicht von chinesischer Seite

aus, sondern auch aufseiten ausländischer Regierungen und Investoren vielfältigen Interessen unterliegen. Seit Beginn der chinesischen Reformpolitik, oft assoziiert mit dem „Pionier“ Deng Xiaoping, beflügelte der große chinesische Markt die Phantasien westlicher Unternehmen (Franz 2008). Tragend waren dabei immer wieder Vorhersagen zu den Absatzmöglichkeiten: Wie groß könnten Unternehmensgewinne sein, wenn Hunderte Millionen Menschen aus dem bevölkerungsreichsten Land der Erde Konsumgüter wie Kühlschränke, Fernseher und zuletzt Autos westlicher Firmen erwerben würden? Übersehen wurde dabei, dass große Teile der chinesischen Bevölkerung aufgrund ihres sehr geringen Einkommens nicht zu diesen Konsumentenkreisen gehörten. Aber insbesondere in Krisenzeiten, so zum Beispiel nach der Niederschlagung der studentischen Protestbewegung auf dem Platz des Himmlischen Friedens in Beijing 1989, gelang es der chinesischen Führung stets, an diesen „großen Markt“ und seine Potentiale zu erinnern, um dadurch eine langfristige Verschlechterung der Wirtschaftsbeziehungen mit Europa und Nordamerika abzuwenden und weiterhin eines der globalen Zielländer ausländischer Direktinvestitionen zu bleiben.

3 Die Dichotomie der China-Prognosen

Die Betonung von Daten, die in abstrakter und einseitiger Weise Aspekte von Demographie und wirtschaftlicher Aktivität akzentuieren, führte ab der Jahrtausendwende dazu, dass in der internationalen Diskussion ein „chinesisches Jahrhundert“ vorhergesehen wurde – eine Periode also, in der die Volksrepublik China weltwirtschaftlich und geopolitisch dominieren würde, ähnlich wie es die Vereinigten Staaten im 20. Jahrhundert getan hatten. Verbunden ist diese Ablösung der USA als größter Wirtschaftsmacht mit der Debatte um Chinas internationalen Aufstieg, dem „*Rise of China*“, der die globalen Machtverhältnisse verändern und die Vereinigten Staaten sowie Europa dazu zwingen werde, sich auf die neue Realität eines schwindenden internationalen Einflusses einzustellen. Bemerkenswert ist hierbei nicht nur die Betonung wirtschaftlicher Stärke als Quelle für globale Dominanz, sondern auch die Konzeption internationaler Beziehungen als „Null-Summen-Spiel“, gemäß dessen der Aufstieg des einen Akteurs (China) unumgänglich Verluste und damit den Abstieg anderer Akteure (USA) beinhalte.

Derartige Vorhersagen zu Chinas Rolle und damit verbundene Abstiegsängste finden sich jedoch nicht erst in den letzten Jahrzehnten, man denke an die Idee der gelben Gefahr, „*le péril jaune*“, mit der in der Zeit des Kolonialismus Ressentiments gegen China und Asien geschürt wurden, oder dem irrtümlich Napoleon zugeschriebenen Ausspruch einer Welt, die erzittern werden, wenn der schlafende Riese China nur erst erwache. Prognosen schließen oft an etabliertes Gedankengut, Vorkenntnisse und Wahrnehmungen an, wobei das europäische Chinabild im Lauf der Geschichte

zwischen positiven und negativen Extremen schwankte – von der frühen Bewunderung der kulturellen Errungenschaften Chinas im 17./18. Jahrhundert, über seine Verachtung im Zuge der westlichen Expansion im 19. Jahrhundert, bis hin zur Begeisterung junger Maoisten Ende der 1960er Jahre und den heutigen geopolitischen Ängsten angesichts einer so wahrgenommenen „*China Threat*“. Der Europäischen Union ist das Kunststück gelungen, China in einem Grundsatzpapier aus dem Jahr 2019 (European Commission 2019), möglicherweise in dem Versuch einer Kombination all dieser Aspekte, als „Partner, Wettbewerber und systemischen Rivalen“ gleichermaßen zu klassifizieren.

4 China als Superlativ

Der Soziologe Steffen Mau hat darauf hingewiesen, dass die Bedeutung der allgegenwärtigen Verwendung von Zahlen darin bestehe, Unvergleichliches vergleichbar zu machen und damit Status zuzuschreiben (Mau 2017). In einer Welt, die von einer zunehmenden Herrschaft der Zahlen geprägt ist, scheint China hervorragend abzuschneiden. Doch nicht erst seit der Reformperiode wird der Glauben an die Objektivität von Zahlen und Zählbarem genutzt. Schon die Mao-Zeit kannte statistische Zielvorgaben – wie die in Tonnen kalkulierte und mit England verglichene Stahlproduktion während des Großen Sprungs nach Vorn, der bekanntlich mit einer dramatischen Hungersnot endete – die den Fortschritt Chinas beweisen sollten. Damals wie heute werden Zahlen genutzt, um das Land zu vermessen und seinen ökonomischen Aufholprozess zu dokumentieren. Diese Angebote zum zahlenmäßigen Vergleich werden von Medien nur allzu gerne aufgegriffen. In einer Welt, die nach Superlativen zu lechzen scheint, ist China mit seinen 1,4 Milliarden Menschen Trumpf: ob bezüglich des Bruttoinlandsproduktes, der Anzahl der produzierten E-Fahrzeuge, der Größe der Städte, der Anzahl der Wanderarbeiter oder Millionäre, der ausgebildeten Ingenieure, angemeldeten Patente oder ausgestoßenen CO₂-Emissionen, der Geschwindigkeit beim Ausbau von Straßen, Häfen, Hochgeschwindigkeitstrassen oder Windparks, der Reduzierung der Armut, oder der Fantastilliarden, die angeblich im Zug der sogenannten *Belt and Road Initiative* im *Global South* investiert werden – kaum ein Bericht kommt ohne den Verweis auf schillernde Zahlen aus. Auch hier finden sich die oben genannten entgegengesetzten Extreme der Bewunderung und Bedrohung, manifestieren sich in den Zahlen doch positive und negative Entwicklungen gleichermaßen, die wiederum als Basis für entsprechende Zukunftsprojektionen dienen. So wird China einerseits als Vergleichsfolie für Deutschland und Europa herangezogen und verweist andererseits in der Hochrechnung auf denkbare globale Zukünfte. Narrative von Erfolg und Untergang kennzeichnen jedoch nicht nur eine mithilfe chinesischer Daten prognostizierte

„westliche“ bzw. globale Zukunft. Sie sind auch Merkmal der innerchinesischen Debatte über die eigene Zukunft.

5 Chinesische Zukunftsvisionen

Schon während Chinas raschem Wirtschaftswachstum im späten 20. und frühen 21. Jahrhundert erhoben chinesische Intellektuelle erstmals mahnende Stimmen. Ihre Prognosen basierten nicht auf glänzenden Wirtschaftszahlen, sondern auf tiefgreifenden Bedenken hinsichtlich der inneren Strukturprobleme des Landes. Ein prominentes Beispiel ist der Roman „Gelbe Gefahr“ von Wang Lixiong (englischer Buchtitel: *„China Tidal Wave, 2008“*). Das Werk zeichnet ein düsteres Bild vom Zusammenbruch des chinesischen Regierungssystems aufgrund politischer und ökologischer Probleme sowie Schuldenkrisen. In diesem Szenario bringen sich Massen von Flüchtlingen im Ausland in Sicherheit, und ein Atomkrieg führt zur globalen Katastrophe.

Im Jahr 2009, während der Westen von der Finanzkrise erschüttert wurde, veröffentlichte Chan Koonchong seinen Science-Fiction-Roman *„The Fat Years“*. Darin prophezeit er für 2013 den Zusammenbruch der westlichen globalen Hegemonie, in deren Folge die Volksrepublik China die Führung übernimmt und ein neues „Goldenes Zeitalter des Aufstiegs“ proklamiert, in dessen Zuge sogar amerikanische Marken wie Starbucks in chinesische Hand kommen (Chan 2013). Hinter der vermeintlichen gemeinschaftlichen Fröhlichkeit verbirgt sich jedoch eine kollektive Amnesie: Im Jahr 2011 hatten einige chinesische Regionen große Unruhen erlebt, die von der Regierung vertuscht wurden. Die Gesellschaft entschied sich in Zeiten des für viele Menschen zunehmenden Wohlstands dafür, diese Periode von Chaos und Gewalt zu vergessen.

Auch im Bereich der Sachliteratur finden sich pessimistische Prognosen. Die chinesische Ökonomin He Qinglian sah Ende der 1990er Jahre das Land als „nahezu gescheitert“ an. Gründe dafür fand sie in den stark wachsenden Einkommensunterschieden, dem Niedergang der zentralstaatlichen Autorität und einem systemgefährdenden moralischen Verfall als Begleiterscheinung der Reformen (He 2006). Aus ihrem Exil in den USA entwickelte sie später ihre düstere Prognose eines „Zerfalls ohne Zusammenbruch“ weiter. In diesem Szenario erleidet die chinesische Gesellschaft auf allen Ebenen – Moral, Politik und Ökosysteme – einen umfassenden Niedergang, während die politische Macht die Kontrolle behält. He Qinglian argumentierte, dass diese Situation noch mindestens ein Jahrzehnt andauern könne (He & Chen 2017).

Diese oben genannten Werke durften zwar nicht in den Buchhandlungen Chinas erscheinen, lösten aber im chinesischen Internet große Resonanz aus, wo sich die Reflexionen der Gesellschaft über die Ziele des rasanten Wirtschaftsaufstiegs und die

Zukunftsvisionen des Landes widerspiegeln. Lange schon ist ein solcher Diskurs in China kaum noch möglich.

Während das Ziel der chinesischen Führungen zwischen 1980 und 2010 auf der Sicherung der wirtschaftlichen Entwicklung im Sinne einer quantitativen Wachstumslogik zur Erhöhung des Lebensstandards der Bevölkerung lag, liefert die seit 2013 amtierende Regierung Visionen zu Chinas Zukunft in Gestalt von Phrasen wie dem „chinesischen Traum“, dem „gemeinsamen Schicksal der Menschheit“ und der „Wiederauferstehung Chinas“. Diese werden von regierungsnahen Wissenschaftlern mit Inhalt gefüllt. So legen beispielsweise Hu Angang et al. (2014), Wissenschaftler an der renommierten Qinghua-Universität in Beijing, eine Perspektive für das Jahr 2030 in einem beim Springer-Verlag erschienenen Band vor. Demnach strebe China Prosperität zum Nutzen der gesamten Welt an. Basieren solle dies auf einer starken chinesischen Ökonomie mit einer robusten Nachfrage durch den weltweit größten Konsumgütermarkt, der weltweit größten Stadtbevölkerung, enormer chinesischer Innovationskraft sowie einer global bedeutenden Entwicklung von IT-Systemen und einer *green economy* durch eine der weltweit größten Gruppe hochqualifizierter Menschen. Dies alles diene, so die Schlussfolgerung, einer „Welt der großen Harmonie“. Solche und ähnliche Darstellungen fügen sich ein in das offizielle Geschichtsnarrativ, das Modernisierung und Entwicklung als historische Mission zur Schaffung einer „starken Nation“ deutet, mit der Kommunistischen Partei als dem Garanten für innere Stabilität und äußere Souveränität. Offiziell verlautbarte die Kommunistische Partei selbst auf dem 19. Parteitag 2017 als Meilensteine dieser Entwicklung die Ausrottung der absoluten Armut bis 2020, den Ausbau der Innovationskraft bis 2035 und zum hundertsten Jahrestag der Staatsgründung 2049 die Vollendung eines starken Chinas, das sich nach einem Jahrhundert der Demütigung ab ca. 1840 und einer langen Phase des Wiederaufbaus anschickt, seinen „rechtmäßigen Platz“ in der Welt wieder einzunehmen (Xi 2017). Nicht im Plan vorgesehen waren die Corona-Pandemie sowie die zunehmenden Spannungen mit den USA inklusive verhängter Sanktionen, die die ohnehin aufgrund von inneren Strukturproblemen schwächelnde chinesische Wirtschaft inzwischen hart treffen (Wen 2019).

Hu prophezeit in diesem Buch auch, dass die chinesische Wirtschaft innerhalb von nur 17 Jahren nicht nur die doppelte Größe jener der Vereinigten Staaten erreichen, sondern auch die Wirtschaftskraft sowohl der USA als auch der EU zusammengenommen übertreffen werde. Natürlich ist Hu nicht die einzige chinesische Stimme, die dank Regierungsnähe leichte Zugänge zu einem globalen Publikum findet. Auch Justin Yifu Lin, Wirtschaftsprofessor an der renommierten Beijing Universität und früherer Weltbank-Chefökonom, gehört zu den einflussreichen Befürwortern der Prophezeiung von Chinas schnellem Aufstieg zur Weltwirtschaftsmacht Nummer 1 (Yi 2024). Solche Vorhersagen finden Resonanz bei zahlreichen westlichen Analysten, die ebenfalls

auf das beeindruckende Wachstumspotenzial der chinesischen Wirtschaft und den Machtverlagerungsprozess zwischen China und den USA hinweisen. Zugleich löst diese Vorstellung in politischen und wirtschaftlichen Kreisen im Westen große Verunsicherung aus.

6 Chinas Zukünfte aus westlicher Sicht

Im Zusammenhang mit dem raschen ökonomischen Aufstieg Chinas kursieren seit langem Vorhersagen über die Perspektiven des Landes sowie die denkbaren Auswirkungen auf die Welt. Auch diese schwanken zwischen den oben angeführten Extremen. Entweder wird die Stärke Chinas bewundernd, ja oft erstaunt, mit Blick auf das weitere Entwicklungspotenzial hervorgehoben, oder es herrscht Pessimismus über den drohenden Zusammenbruch des Regimes in Form eines potentiellen Auseinanderbrechens des Landes und davon ausgehenden Schockwellen globalen Ausmaßes.

Bereits im Kontext der studentischen Protestbewegung auf dem Platz des Himmlichen Friedens im Jahr 1989 wurde über die Dauerhaftigkeit und langfristige Herrschaftsperspektive der Kommunistischen Partei Chinas diskutiert. Aus den frühen 1990er Jahren datieren Überlegungen zu einem Zerfall Chinas in mehrere Teilstaaten (z. B. Jenner 1993), die wahlweise in Analogie zum Ende der Sowjetunion, mit wachsenden innerchinesischen Spannungen oder dem erwartbaren Tod der Führungspersönlichkeit Deng Xiaoping begründet wurden. Gordon Chang prognostizierte 2001 vor dem Hintergrund des chinesischen WTO-Beitritts in seinem Bestseller „*The Coming Collapse of China*“ den Niedergang Chinas innerhalb von einer Dekade und begründete dies mit der Ineffizienz des staatlichen Bankensystems und der hohen Verschuldung der damaligen Staatsbetriebe (Chang 2001). 2015 schließlich diagnostizierte der renommierte China-Wissenschaftler David Shambaugh im *Wall Street Journal* die „Endphase der kommunistischen Herrschaft“ (Shambaugh 2015). Kapitalflucht, zunehmende politische Repression, Korruption und der Zynismus staatlicher Kader gepaart mit einer sich abkühlenden Wirtschaft seien Merkmale eines „gebrochenen Systems“, welches vor dem Niedergang, unter Umständen sogar einem gewaltsam-chaotisch verlaufenden völligen Zusammenbruch stehe.

Chinesische Kommentatoren reagieren besonders im letzten Jahrzehnt oftmals ironisch auf Voraussagen einer scheiternden Volksrepublik und weisen diese als „Wunschvorstellung Amerikas“ – eine „*American fantasy that refuses to die*“ (Chen 2015) – zurück. Sie halten den pessimistischen Analysen entgegen, dass die Rolle des chinesischen Staates einseitig als negativ und interventionistisch bewertet werde und viele positive Trends und Potenziale Chinas übersehen würden. Auch wenn die hohen Kosten des chinesischen Entwicklungswegs eingeräumt werden, lautet die zunehmend

selbstbewusste Antwort „*Sorry, America: China is not going to collapse*“ (Chen 2015), die als Bestandteil eines immer offensiver geführten Selbstbehauptungsdiskurses gegenüber „dem Westen“ interpretiert werden kann.

Bemerkenswert ist, dass sich aus allen Zeiträumen entgegengesetzte Vorhersagen zu China finden. Neben nachteiligen Voraussagen andauernder Rückständigkeit, kommender Krisen oder apokalyptischen Prophezeiung des Zusammenbruchs existieren also auch Szenarien, die China als erfolgreiches Land mit stabilem ökonomischem Trend interpretieren. Die Literatur zeigt China demnach als „*booming and collapsing at the same time*“ (Nathan 1999, S. 217), je nachdem welche Annahmen, theoretischen Überlegungen und Zahlenkolonnen als Grundlage herangezogen werden. Prägnantestes Beispiel sind auf der Seite der vorhergesagten positiven Entwicklung neben der Darstellung des Landes als der kommenden Weltmacht Ausarbeitungen über China als neues polit-ökonomischen „Modell“ (Bell 2016). Ähnlich diametral in der Interpretation erweisen sich Abhandlungen über die Rolle kultureller Grundlagen für wirtschaftliche Entwicklungen, oft zusammengefasst unter dem Schlagwort „Konfuzianismus“. Während dieser lange Zeit zum Beispiel als Begründung für einen erfolgreichen japanischen Modernisierungsprozess herangezogen wurde, galt er zugleich als Erklärungsfaktor chinesischer Rückständigkeit.

Weitere optimistische Szenarien gehen von einer Liberalisierung und Demokratisierung Chinas aus, die wahlweise mit technischen Neuerungen – der Einführung von Internet, Smartphones oder sozialen Medien – oder dem innerchinesischen bzw. aus dem Ausland transferierten Protestpotenzial, also beispielsweise streikenden chinesischen Arbeitskräften, den Farbenrevolutionen oder dem arabischen Frühling, verknüpft sind (Senz 2016).

7 Die Krise der China-Prognose

Die aktuelle Debatte um das Scheitern der „*Engagement*-Politik“ mit China markiert eine der größten Krisen der westlichen China-Prognosen. In US-Regierungskreisen galt Chinas Beitritt zur WTO im Jahr 2001 als bedeutender Meilenstein dieser Strategie. Befürworter wie Präsident Bill Clinton (1993–2001) argumentierten, dass die WTO-Mitgliedschaft China an internationale Handelsregeln binden und die Wirtschaftsfreiheit fördern würde – „einen der am meisten geschätzten Werte der Demokratie“ (Clinton, 2000, übersetzt von den Autorinnen). Chinesen und Chinesinnen würden damit mehr Freiheit verlangen. Vorausgesagt wurde, dass der Handel mit China das Land in eine demokratische Gesellschaft umwandeln würde. Dieses Narrativ verfestigte sich zu einer weit verbreiteten Annahme über Chinas Zukunftsweg als deterministische Entwicklung.

In Deutschland findet sich eine ähnliche Variante dieses Konzepts unter dem Motto „Wandel durch Handel“. Von Politikern und Wirtschaftsvertretern in den letzten Jahrzehnten gleichermaßen befürwortet, diente es oft als Argument dafür, keine klare Haltung zu Chinas akuten Menschenrechtsproblemen zu formulieren.

Viele Befürworter des *Engagement*-Konzepts stammten aus der Wissenschaft und untermauerten diese Politik mit akademischen Argumenten. Beispielsweise prophezeigte Zbigniew Brzezinski, Nationaler Sicherheitsberater von Jimmy Carter und Professor an der Columbia-Universität: „Positive Veränderungen in China werden hauptsächlich durch sozio-ökonomischen Druck entstehen, der (teilweise unbeabsichtigt) durch die rationalen Wirtschaftsreformen der herrschenden Elite freigesetzt wird“ (Brzezinski, 2000, S.16, übersetzt von den Autorinnen). Brzezinski schlug daher vor, dass „Menschenrechte“ kein zentraler Teil der US-Politik gegenüber China sein sollten (im Gegensatz zur Sowjetunion), da „eine Politik der anhaltenden ideologischen Konfrontation mit China gewünschte Veränderungen eher verzögern dürfte.“ (Brzezinski, 2000, S.16, übersetzt von den Autorinnen). Joseph Nye, Harvard-Professor und stellvertretender Verteidigungsminister der Clinton-Regierung, gehörte zu den prominentesten Mitgestaltern der *Engagement*-Politik. Er beobachtete Chinas wachsende *Soft Power*, blieb aber optimistisch, dass „es weniger wahrscheinlich ist, dass China seine Nachbarn und andere verängstigt und somit auch weniger wahrscheinlich gelingen wird, eine gegen das Land gerichtete Ausgleichskoalitionen zu stimulieren“ (Nye et al, 2009, S.22, übersetzt von den Autorinnen).

In den letzten Jahren geriet die Annahme „Wandel durch Handel“ als Fehlprognose heftig in die Kritik. Sowohl in den USA als auch in Deutschland wurde auf Chinas fehlende Demokratisierung, sein bestimmendes Verhalten in internationalen Angelegenheiten und die Unterdrückung von Dissens in Hongkong verwiesen. Allerdings entfaltet sich der Diskurs über eine Kooperation mit China in den USA und Deutschland unter unterschiedlichen politischen Rahmenbedingungen und reflektiert unterschiedliche Interessen: Die US-Haltung gegenüber China wurzelt im Kalten Krieg. Nachdem Präsident Nixon 1969 in China ein Gegengewicht zur Sowjetunion sah, betrachteten er, sein Nachfolger Carter und Berater wie Kissinger und Brzezinski die Annäherung an China und die sino-sowjetische Spaltung als geopolitischen Vorteile für die USA. Die Niederschlagung der studentischen Protestbewegung auf dem Tiananmen-Platz 1989 führte unter öffentlichem Druck zu einer Periode der Verurteilung Chinas und zur Neubewertung des Engagements. Auf der anderen Seite war China durch einen potenziell riesigen Markt und die große Zahl billiger Arbeitskräfte für westliches Kapital äußerst attraktiv. Als sich China in den 1990er Jahren um einen Beitritt zur WTO bemühte, wurde dies daher von der Clinton-Regierung stark unterstützt – trotz heftigen Widerstands: Amerikanische Gewerkschaften und zahlreiche Produktionszweige befürchteten Arbeitsplatzverluste durch die Konkurrenz aus China. Interessanterweise

argumentieren Verteidiger der Clinton-Regierung bzw. der *Engagement*-Politik heute, dass die „Zusammenarbeit mit China nicht in erster Linie darauf abzielte, China zu verändern, sondern sich vielmehr auf den Nutzen für Amerika zu konzentrieren [...]“; Clinton habe den emotionalisierten Verweis auf Chinas Demokratisierung in seiner Rede nur genutzt, „[...] um Beijings WTO-Mitgliedschaft bei einem skeptischen Kongress durchsetzen zu können“ (Thomas 2019). Mit anderen Worten, es ging gar nicht um die Zukunft Chinas, sondern um ein innerpolitisches Tauziehen.

Die Idee, durch Handelsbeziehungen zum Wandel in China beizutragen war als deutsche China-Politik eine Fortsetzung der „Wandel durch Annäherung“-Politik gegenüber der Sowjetunion und Osteuropa während des Kalten Krieges. Der ursprüngliche Ansatz resultierte aus dem Sicherheitsinteresse der Bundesrepublik in der Brandt-Ära der 1960er Jahre. Mit der „Pipeline-Diplomatie“, die Erdgas und Öl aus der Sowjetunion förderte, verfolgte jedoch auch die deutsche Außenpolitik ab den 1970er Jahren die Interessen der eigenen Industrie. Der Zusammenbruch des Ostblocks schien das Zutreffen der „Wandel durch Handel“-Vorhersage jedoch zu bestätigen. Sowohl die Regierung Schröder als auch die Regierung Merkel unterstützten daher diesem Motto folgend stark die Interessen der exportorientierten deutschen Wirtschaft: günstige Energie aus Russland, billige Vorleistungen aus China und die Erschließung des chinesischen Marktes für deutsche Unternehmen mit Hilfe der Bundesregierung. Die „Wandel durch Handel“-These in Deutschland verlor erst an Wirksamkeit im Kontext einer Neubewertung aufgrund des russischen Angriffs auf die Ukraine im Jahr 2022 und stand letztlich in keiner wesentlichen Beziehung zur Entwicklung Chinas (Zantow 2023, Seitz 2022).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sowohl in den USA als auch in Deutschland der potenzielle Wandel Chinas kein primärer Faktor für die Politikgestaltung war, sondern vielmehr als Rhetorik diente, um Eigeninteressen zu rahmen. Dies verdeutlicht die Kernproblematik vieler westlicher China-Prognosen, die letztlich nur wenig mit der Realität Chinas zu tun haben.

8 Charakteristika der China-Prognosen

Mit Hilfe von Prognosen bzw. Szenarien-Ansätzen sollen aus wissenschaftlicher und anwendungsorientierter Sicht komplexe Systeme gezielt analysiert werden. Idealerweise werden Annahmen und Vorbedingungen dabei nicht nur transparent gemacht, sondern unterschiedliche Annahmen-Sets verglichen, um Rahmenbedingungen und Entwicklungsdeterminanten mit Eintrittswahrscheinlichkeiten zu verbinden und damit zu möglichst aussagekräftigsten Ergebnissen zu kommen. Für politische Kontexte werden diese relevant, wenn damit Strategien formuliert und Entscheidungen gestaltet

werden sollen. Sie definieren also, wissenschaftlich betrachtet, in systematischer Weise Möglichkeitsräume und bieten damit Orientierungswissen an. Beim Übergang vom wissenschaftlichen in den politischen Raum sowie dem damit verbundenen öffentlichen Diskurs entfalten sie jedoch oft ein Eigenleben, das auf Hoffnungen, kulturellen Stereotypen, Mythen und diversen Interessen fußt. Für die China-Prognosen können vor diesem Hintergrund einige Besonderheiten konstatiert werden:

In wissenschaftlicher Hinsicht dominieren oftmals ökonomische Erklärungsansätze. Ein zunehmendes Wohlstandsniveau etwa führe zu politischen Forderungen einer wachsenden Mittelschicht, oder nur eine Liberalisierung ermögliche unternehmerische Kreativität und ein positives Innovationsklima. Vermeintliche ökonomische Stärke wird ferner in der Analyse internationaler Beziehungen mit Überlegenheit und dem Willen zur Unterdrückung bzw. Dominanz verknüpft. Oft werden auch europäische Erfahrungen auf China übertragen. Einzelne systemische Fehlfunktionen resultieren dann in existenziellen Krisen, ohne die Dynamik einer vielfältigen und sich verändernden Gesellschaft zu berücksichtigen und denkbare Anpassungsmechanismen sowie Ungleichzeitigkeiten vor dem Hintergrund von Chinas Größe und der Heterogenität des Landes in die Überlegungen einzubeziehen.

In der Öffentlichkeit führt die Überbetonung von Zahlen und Statistiken dazu, einseitig von der wirtschaftlichen Entwicklung beeindruckt oder den sozialen Kosten bestürzt zu sein. China wird dadurch leicht idealisiert oder verteufelt. Annahmen über die innerchinesische Struktur eines „kommunistischen Systems“ führen ferner regelmäßig zu falschen Schlussfolgerungen über Macht und Dominanz. Ein Beispiel ist die Vorstellung, die politische Führung (oder der Präsident) habe bei allen politischen Entscheidungen die Gesellschaft vollständig unter Kontrolle. In verschiedenen Bereichen, ob bei Pandemie-Management, lokaler Verschuldung oder Umweltschutz, finden sich Studien, die diese pauschale Behauptung widerlegen (z. B. Liu 2021).

In der Politik führen die jeweiligen Eigeninteressen dazu, aus dem im wissenschaftlichen Diskurs verfügbaren Angebot „passende Vorhersagen“ auszuwählen – so etwa die oben dargelegte Vorstellung, dass der Handel mit China in eine Demokratisierung münden werde oder, dass globale Wirtschaftsaktivitäten Chinas in der Unterdrückung anderer Regionen resultieren werden. Kulturalisierung, Relativierung, die selektive Auswahl von Argumenten und die unkritische Wiedergabe politischer Narrative aus China selbst haben in den letzten Jahrzehnten eine nüchtern-sachliche Betrachtung des Landes oftmals behindert (Senz 2019) und damit möglicherweise zu der aktuellen Verschlechterung der Beziehungen zwischen China, Europa und den USA beigetragen.

9 China als Projektionsfläche

Die oben dargestellten Beispiele verdeutlichen die Notwendigkeit, die verbreiteten China-Prognosen kritisch zu hinterfragen und die Hintergründe und Annahmen, auf denen diese Vorhersagen basieren, zu analysieren, um die „chinesische Entwicklung“ zu kontextualisieren und besser zu verstehen. Es ist festzustellen, dass die meisten Vorhersagen über China auf Eigeninteressen, Mythen, falschen Annahmen oder Halbwissen basieren und überprüft werden sollten, um ein nuanciertes, mehrschichtiges Verständnis von China zu fördern sowie den mit Blick auf China tatsächlich relevanten Fragenstellungen nachzugehen.

Die Überbetonung und Einseitigkeit von Quantifizierungen, diffuse Quellen- und Interessenlagen sowie Tendenzen der Idealisierung und des Wunschdenkens ebenso wie der Abwehr und Verachtung charakterisieren viele China-Prognosen. Demnach ist es nicht nur wichtig, den zahlreichen Hochrechnungen und Vorhersagen kritisch gegenüberzustehen, sondern auch zur Weiterentwicklung von Theorien und belastbaren Methoden für die auf China bezogene Forschung und die daraus entstehende öffentliche Diskussion beizutragen. Die China-Forschung zeigt eine oft (zu) enge Verwebung zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft, mit dem Effekt, dass Interessen, Hoffnungen und Befürchtungen die wissenschaftliche Analyse in der Vergangenheit überlagerten und damit nachträglich allenfalls etwas über „uns“, aber sehr wenig über „China“ erzählen.

Literatur

- Bell, Daniel A.** (2016). *The China Model: Political Meritocracy and the Limits of Democracy*. Princeton: Princeton University Press.
- Brzezinski, Zbigniew.** (2000). Living with China. *The National Interest*, 59, 5–21. <http://www.jstor.org/stable/42897257> (letzter Zugriff: 30.06.2024)
- Chang, Gordon G. G.** (2001). *The Coming Collapse of China*. New York: Random House Publishing Group.
- Chen, Dingding.** (2015). Sorry, America: China Is NOT Going to Collapse. *The National Interest*. <https://nationalinterest.org/feature/sorry-america-china-not-going-collapse-12389> (letzter Zugriff: 30.06.2024)
- Clinton, Bill** (2000). Speech on China Trade Bill. in: *Federal News Service*. https://www.iatp.org/sites/default/files/Full_Text_of Clintons_Speech_on_China_Trade_Bi.htm (letzter Zugriff: 30.06.2024)
- European Commission. High Representative of the Union for Foreign Affairs and Security Policy.** (2019). EU-China – A strategic outlook. Straßburg. <https://commission.europa.eu/system/files/2019-03/communication-eu-china-a-strategic-outlook.pdf> (letzter Zugriff: 30.06.2024)

- Franz, Uli.** (2008). Porträt: Deng Xiaoping. bpb.de. <https://www.bpb.de/themen/asien/china/44262/portraet-deng-xiaoping/> (letzter Zugriff: 30.06.2024)
- He, Qinglian.** (2006). *China in der Modernisierungsfalle*. Hamburg: Hamburger Edition, HIS Verlag.
- He, Qinglian 何清漣; Cheng, Xiaonong 程曉農.** (2017). 中國：潰而不崩 Zhongguo: kui er bu beng (China: Zerfalls ohne Zusammenbruch). 新北市New Taipei : 八旗文化 ba qi wen hua.
- Holz, Carsten A.** (2014). The quality of China's GDP statistics. *China Economic Review*, 30, 309–338.
- Hu, Angang; Yan, Yilong; Wei, Xing.** (2014). *China 2030*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Hu, Zuli; Khan, Mohsin S.** (2000). Why is China growing so fast? *IMF Economic Issues* 8. Washington, D.C: International Monetary Fund.
- Jenner, William J. F.** (1993). *Chinas langer Weg in die Krise: Die Tyrannei der Geschichte*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Koonchung, Chan.** (2013). *The Fat Years*. London: Knopf Doubleday Publishing Group.
- Liu, Manyi.** (2021). Old Regime, New Tech. *Echowell*. <https://www.echo-wall.eu/inside-china/off/old-regime-new-tech> (letzter Zugriff: 30.06.2024)
- Ma, Jisen.** (1998). The Politics of China's Population Growth. *Asian Perspective*, 22(1), 35–52.
- Mau, Steffen.** (2017). *Das metrische Wir - Über die Quantifizierung des Sozialen*. Berlin: Suhrkamp.
- Nathan, Andrew J.** (1998). *China's Transition*. Columbia: Columbia University Press.
- Nye, Joseph S., Wang, Jisi, Rosecrance, Richard, & Gu, Guoliang.** (2009). Hard Decisions on Soft Power: Opportunities and Difficulties for Chinese Soft Power. *Harvard International Review*, 31(2), 18–22.
- SCIO China, 中华人民共和国国务院新闻办公室 Zhonghua ren min gong he guo guo wu yuan xin wen ban gong shi (The State Council Information Office, SCIO).** (1995). 中国的计划生育 Zhongguo de ji hua sheng yu (Familienplanung in China). https://un.china-mission.gov.cn/zjzg/zfbps/200207/t20020705_8349943.htm (letzter Zugriff: 30.06.2024)
- Seitz, Norbert.** (2022) Bilanz deutscher Ostpolitik—Warum die Entspannungspolitik keinen Wandel durch Annäherung brachte. *Deutschlandfunk*. <https://www.deutschlandfunk.de/deutsche-ostpolitik-brandt-entspannung-100.html> (letzter Zugriff: 30.06.2024)
- Senz, Anja.** (2016). Scheitert China? Risiken, Unwägbarkeiten und Perspektiven. Bundesakademie für Sicherheitspolitik. Arbeitspapiere, 16. <https://www.baks.bund.de/de/arbeitspapiere/2016/scheitert-china-risiken-unwaegbarkeiten-und-perspektiven> (letzter Zugriff: 30.06.2024)
- Senz, Anja.** (2019). Unmaking China's Myths. *Echowell*. <https://echo-wall.info/china-and-world/off/unmaking-chinas-myths> (letzter Zugriff: 30.06.2024)
- Shambaugh, David.** (2015). The Coming Chinese Crackup. *Wall Street Journal*. <http://www.wsj.com/articles/the-coming-chinese-crack-up-1425659198> (letzter Zugriff: 30.06.2024)
- Sinclair, Tara M.** (2019). Characteristics and implications of Chinese macroeconomic data revisions. *International Journal of Forecasting*, 35(3), 1108–1117.
- Smil, Vaclav.** (2024). *Zahlen lügen nicht*. München: C.H. Beck.
- Thomas, Neil.** (2019). Matters of Record: Relitigating Engagement with China. *MacroPolo*. <https://macropolo.org/analysis/china-us-engagement-policy/> (letzter Zugriff: 30.06.2024)
- Wang, Lixiong.** (2008). *China Tidal Wave*. Folkestone: Global Oriental.
- Wen, Kejian.** (2019). Let's Talk About China's GDP. *Echowell*. <https://www.echo-wall.org/inside-china/off/lets-talk-about-chinas-gdp> (letzter Zugriff: 30.06.2024)
- Xi, Jinping** (2017). Secure a Decisive Victory in Building a Moderately Prosperous Society in All Respects and Strive for the

Great Success of Socialism with Chinese Characteristics for a New Era. *China Daily*. http://www.chinadaily.com.cn/interface/flipboard/1142846/2017-11-06/cd_34188086.html (letzter Zugriff: 30.06.2024)

Yi, Fuxian. (2024). China's economic engine is running out of fuel. *The Japan Times*. [https://www.japantimes.co.jp/commentary/2024/02/21/world/chinas-](https://www.japantimes.co.jp/commentary/2024/02/21/world/chinas-economic-engine/)

[economic-engine/](https://www.japantimes.co.jp/commentary/2024/02/21/world/chinas-economic-engine/) (letzter Zugriff: 30.06.2024)

Zantow, Andre. (2023). Ist das Modell „Wandel durch Handel“ gescheitert? *Deutschlandfunk Kultur*. <https://www.deutschlandfunkkultur.de/wandel-durch-handel-ein-gescheitertes-modell-dlf-kultur-02ac3eaa-100.html> (letzter Zugriff: 30.06.2024)

Über die Autorinnen

Dr. Anja-Désirée Senz ist Professorin am Centrum für Asienwissenschaften und Transkulturelle Studien (CATS) der Universität Heidelberg und leitet dort den Arbeitsbereich Gegenwartsbezogene Chinaforschung (Institut für Sinologie) mit Bezug zu politischen und sozio-ökonomischen Entwicklungen in der chinesisch-sprachigen Welt. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen auf der (lokalen) Staatskapazität Chinas, den gesellschaftlichen Bedingungen politischer Ordnung sowie den Wechselwirkungen zwischen Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Aktuelle Forschungsprojekte beziehen sich auf die (chinesische) Umwelt-, Klima- und Ressourcenpolitik, Handel und Konnektivität in Asien insbesondere in den Grenzregionen Chinas sowie auf die europäisch-chinesischen Beziehungen.

Anja Senz studierte Politikwissenschaft, Soziologie und Sozialanthropologie an der Universität Trier sowie chinesische Sprache und Geschichte an der Sun Yatsen-Universität in Guangzhou und wurde im Jahr 2010 an der Universität Duisburg-Essen promoviert. Sie ist Gastprofessorin und Beiratsmitglied an verschiedenen Universitäten in Asien und Europa sowie Mitglied im Editorial Board des *European Journal of East Asian Studies* und im Editorial Advisory Board der Zeitschrift *Alternative Perspectives*. Von 2019 bis 2023 war sie Prorektorin der Universität Heidelberg.

Dr. Zhu Yi ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und leitende Editorin im Projekt „Echo-wall“, das seit 2018 unter Federführung von Prof. Dr. Senz am Institut für Sinologie angesiedelt ist. Das Projekt reagiert auf den gestiegenen öffentlichen Bedarf an fundiertem Wissen über das heutige China, indem auf der Grundlage eines Austauschs zwischen einem breiten Spektrum von Experten aus China und Europa Forschungsergebnisse einer breiteren Öffentlichkeit online unter www.echo-wall.eu zugänglich gemacht. Untersucht werden aus wissenschaftlicher Perspektive Fragen wie: Wie wirken chinesische innerpolitische und gesellschaftliche Verhältnisse mit den Beziehungen zur

Außenwelt zusammen? Wie dehnen sich Chinas globale Einflüsse aus und welche Auswirkungen hat dies für die europäische bzw. internationale Gemeinschaft?

Zhu Yi wurde im Bereich Kommunikationswissenschaft an der Freien Universität Berlin promoviert. In ihrer Dissertation, die von der LRK Berlin ausgezeichnet wurde, untersuchte sie die Entstehung neuer gesellschaftlicher Gruppen in China (Unternehmer, Anwälte, Journalisten) und wie diese Akteure die öffentliche Diskussion über rechtliche Reformen geprägt haben.

Korrespondenzanschrift

Prof. Dr. Anja Senz
Institut für Sinologie
Voßstraße 2
69115 Heidelberg
anja.senz@zo-uni-heidelberg.de
www.anja-senz.de

Dr. Zhu Yi
Institut für Sinologie
Voßstraße 2
69115 Heidelberg
yi.zhu@zo.uni-heidelberg.de

Grenzen der Inflationsprognosen der EZB

Christian Conrad und Zeno Enders

Alfred-Weber-Institut für Wirtschaftswissenschaften der Universität Heidelberg

Zusammenfassung Prognosen spielen für die Geldpolitik eine bedeutende Rolle. So hat die Europäische Zentralbank (EZB) ihre Entscheidung, die Leitzinsen am 6. Juni 2024 zu senken, unter anderem mit ihrer mittelfristigen Inflationsprognose begründet. In diesem Artikel diskutieren wir, warum diese Argumentation problematisch ist. Auf der Grundlage empirischer Evidenz argumentieren wir, dass die Inflationsprognosen der EZB für Prognosehorizonte von mehr als einem Jahr nicht informativ sind. Die EZB sollte diese Erkenntnis bei der Gestaltung ihrer Geldpolitik berücksichtigen.¹

1 Einführung

Inflationsprognosen sind für die geldpolitischen Entscheidungen der Europäischen Zentralbank von zentraler Bedeutung. Doch wie gut und auf welchen Prognosehorizonten kann die EZB die Inflation vorhersagen? Wir argumentieren, dass die Möglichkeiten, zukünftige Inflationsraten zu prognostizieren, generell begrenzt sind und dass die EZB diese Limitation in ihrer geldpolitischen Strategie berücksichtigen sollte. Unserer Ansicht nach hat die EZB zu spät auf den Inflationsschub in den Jahren 2021–2022 reagiert, weil sie sich zu sehr auf Inflationsprognosen für Horizonte konzentriert hat, auf denen diese Prognosen nicht informativ sind.

Als Begründung für die Leitzinssenkung am 6. Juni verwies EZB-Präsidentin Lagarde in der Q&A Session der Pressekonferenz nach der Sitzung des EZB-Rats zunächst darauf, dass die Inflation in der Eurozone seit dem Höchststand im Oktober 2022 stark zurückgegangen ist. Dann betonte sie die Bedeutung der Inflations-Projektion für das vierte Quartal 2025 für die Entscheidung:

1 Dieser Text, der als SUERF Policy Brief (No 945, August 2024) (auf Englisch) erschienen ist, basiert auf Conrad und Enders (2023, 2024) und gibt zusätzlich einen Überblick zu den Ergebnissen in Conrad et al. (2024).

„I think the second element that we took very much into account was the reliability and the strength of our projections. And there is one particular line of projections which to many of us was relevant. If you look at Q4 2025 projections – you look at September, you look at December, you look at March, you look at June – there’s a variation between those projections of 0.10 percentage points. So it’s either 2 or 1.9 or 2 or 1.9 or 2. And it’s on the basis of this reliability and solidity and robustness of those projections that we have made that decision to actually cut.“ (Lagarde, 2024)

Dass EZB-Präsidentin Lagarde explizit auf die „*reliability and solidity*“ der Projektion für das vierte Quartal 2025 verwies, ist überraschend, wenn man bedenkt, wie sie die Qualität der Projektionen noch im Jahr 2022 kommentierte

„We can no longer rely exclusively on the projections provided by our models – they have repeatedly had to be revised upwards over these past two years. There are things that the models don’t capture.“ (Lagarde, 2022)

und wie der Präsident der französischen Zentralbank, François Villeroy de Galhau, im vergangenen Jahr die Bedeutung der Projektionen für politische Entscheidungen heruntergespielt hat

„We are data driven, we are not forecasts driven.“ (de Galhau, 2023)

Diese Erklärungen wurden zu einem Zeitpunkt abgegeben, als das Vertrauen der EZB in die eigenen Projektionen nach einer Reihe besonders großer Prognosefehler geschwunden war. Mittlerweile scheint das Vertrauen der EZB in die eigenen Prognosefähigkeiten zurückgekehrt zu sein. Dies ist vermutlich damit zu erklären, dass die Inflationsentwicklung nun eher mit den EZB-Prognosen übereinstimmt. Da sich die Prognosemethoden jedoch nicht wesentlich geändert haben, erscheint es aus unserer Sicht fraglich, warum die Zuverlässigkeit der Prognosen seit den oben genannten Aussagen in den Jahren 2022 und 2023 zugenommen haben sollte.

2 Probleme der Inflations-Projektionen

Die Unzufriedenheit mit den Projektionen war darauf zurückzuführen, dass die EZB die tatsächliche Entwicklung der Inflation in den Jahren 2021 und 2022 selbst auf kurzen Prognosehorizonten deutlich unterschätzt hat. Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Inflation im Euroraum vom vierten Quartal 2020 bis zum vierten Quartal 2023.

Die blauen Linien stellen die Inflationsprognosen der EZB dar, beginnend mit dem Quartal, in dem sie veröffentlicht wurden. Die Prognose für das laufende Quartal wird als Nowcast bezeichnet. Seit dem vierten Quartal 2020 hat die EZB den Anstieg der Inflation auf kurze Sicht deutlich unterschätzt. Die Projektion aus dem zweiten Quartal 2022 war die erste, die mittel- und langfristig eine Inflationsrate von über 2% vorhersagte. Diese Fehlprognosen der Inflation haben dazu beigetragen, dass die EZB die Leitzinsen nicht vor Juli 2022 angehoben hat, was zu zunehmender Kritik an ihren Prognosen und damit an ihrer Geldpolitik geführt hat. So haben wir in einem Gastbeitrag für die Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ) bereits im Dezember 2021 auf die mit den langfristigen Projektionen verbundenen Unsicherheiten hingewiesen und argumentiert, dass die Ausrichtung der Geldpolitik an diesen Projektionen problematisch ist (Conrad et al., 2021).

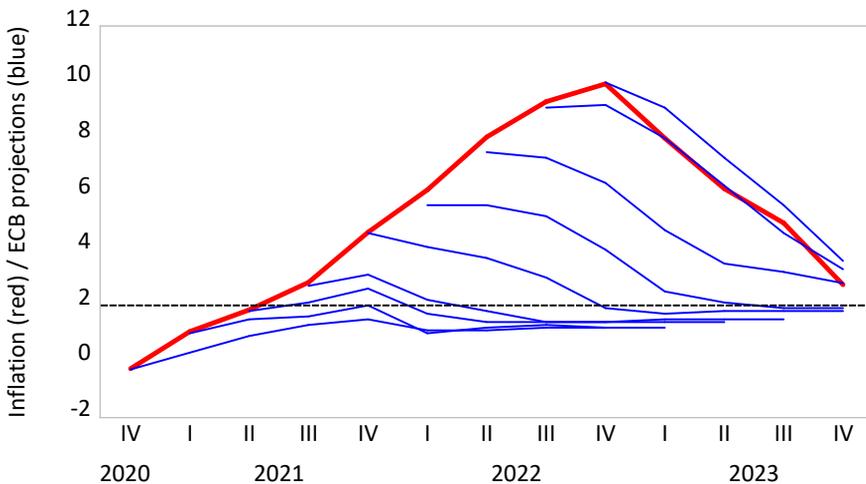


Abbildung 1: Die rote Linie zeigt die realisierte Inflation (prozentuale Veränderung des HVPI im Vergleich zum Vorjahresquartal) im Euroraum. Die blauen Linien zeigen die Inflationsprojektionen der EZB für Horizonte von null (*Nowcast*) bis acht Quartalen. Die Projektionen wurden jeweils in dem Quartal erstellt, auf das sich der *Nowcast* bezieht. Die schwarze gestrichelte Linie entspricht dem 2%-Ziel.

3 Grenzen der Prognostizierbarkeit

Während die EZB bei der Analyse ihrer Prognosefehler vor allem auf Probleme mit den technischen Annahmen zu den Energiepreisen hinweist (Chahad et al., 2023) und methodische Verbesserungen verspricht, sehen wir ein grundsätzlicheres Problem. Die in der Strategieüberprüfung der EZB im Jahr 2021 beschriebene Fokussierung der

Geldpolitik auf die mittel- und langfristigen Inflationsprognosehorizonte ist unseres Erachtens nur dann zu rechtfertigen, wenn die Inflationsprognosen auf diesen Horizonten informativ sind.² In Conrad et al. (2024) bewerten wir systematisch die Güte der EZB-Prognosen. Dabei konzentrieren wir uns nicht ausschließlich auf den Zeitraum 2021–2022, sondern untersuchen den Informationsgehalt der Prognosen seit 2001. Für den gesamten Beobachtungszeitraum kommen wir zunächst zu einem positiven Ergebnis: Für Prognosehorizonte von einem bis acht Quartalen finden wir keine Hinweise auf eine systematische Verzerrung der EZB-Prognosen. Dies bedeutet, dass die EZB die Inflation weder systematisch unterschätzt noch überschätzt hat. Es gibt auch keine Hinweise darauf, dass die verfügbaren Informationen nicht effizient genutzt werden.

Zur Veranschaulichung unserer weiteren Ergebnisse zeigt Abbildung 2 ein Streudiagramm der EZB-Projektionen und der anschließend realisierten Inflation. Es werden Prognosehorizonte von einem Quartal (links), vier Quartalen (Mitte) und acht Quartalen (rechts) betrachtet. Die gestrichelte Linie entspricht der 45-Grad-Linie. Wären die Prognosen perfekt, d.h. würden Prognosen und spätere Realisierungen exakt übereinstimmen, müssten alle Punkte auf dieser Linie liegen. Bei den Projektionen mit einem Horizont von einem Quartal liegen tatsächlich alle Punkte des Streudiagramms nahe an der 45-Grad-Linie. Eine Regression der realisierten Inflation auf die EZB-Projektionen für diesen Zeithorizont hat ein Bestimmtheitsmaß von 92 %, und die gemeinsame Nullhypothese, dass der Achsenabschnitt gleich Null und die Steigung gleich Eins ist, kann nicht verworfen werden. Die großen Prognosefehler für die Quartale 2022Q1–2022Q3 sind dennoch deutlich sichtbar.

Betrachtet man das mittlere und das rechte Streudiagramm, so ändert sich der Eindruck völlig. Da die Projektionen auf den Prognosehorizonten von vier und acht Quartalen kaum noch mit der später realisierten Inflation korrelieren, sinkt das Bestimmtheitsmaß auf diesen Horizonten auf 10 bzw. unter 10 Prozent. Dies bedeutet jedoch nicht unbedingt, dass die Qualität der Prognosen verbessert werden kann. Unter der Annahme eines stationären Prozesses für die Inflation mit einem unbedingten Erwartungswert von „nahe, aber unter 2 %“³ und einer quadratischen Verlustfunktion auf

- 2 Philip Lane, der Chefökonom der EZB, beschrieb die Bedeutung der Prognosen für geldpolitische Entscheidungen in 2021: „Specifically, our forward guidance now reads: In support of its symmetric two per cent inflation target and in line with its monetary policy strategy, the Governing Council expects the key ECB interest rates to remain at their present or lower levels until it sees inflation reaching two percent well ahead of the end of its projection horizon and durably for the rest of the projection horizon, and it judges that realized progress in underlying inflation is sufficiently advanced to be consistent with inflation stabilizing at two per cent over the medium term. This may also imply a transitory period in which inflation is moderately above target.“ (Lane, 2021).
- 3 Dieser Wert entspricht für den größten Teil des betrachteten Zeitraums dem EZB-Inflationsziel.

Seiten der EZB sollten die optimalen Projektionen mit zunehmendem Prognosehorizont gegen diesen unbedingten Erwartungswert konvergieren. Genau das spiegelt die Abbildung wider. Mit zunehmendem Prognosehorizont nimmt die Varianz der Prognosen ab. Daher wird sich die Prognosegüte mit zunehmendem Prognosehorizont verschlechtern, bis sie der Prognosegüte einer „naiven Prognose“ entspricht, die stets den unbedingten Erwartungswert vorhersagt. Wie schnell sich die Projektionen dem unbedingten Erwartungswert annähern, hängt von der Persistenz des Inflationsprozesses ab.

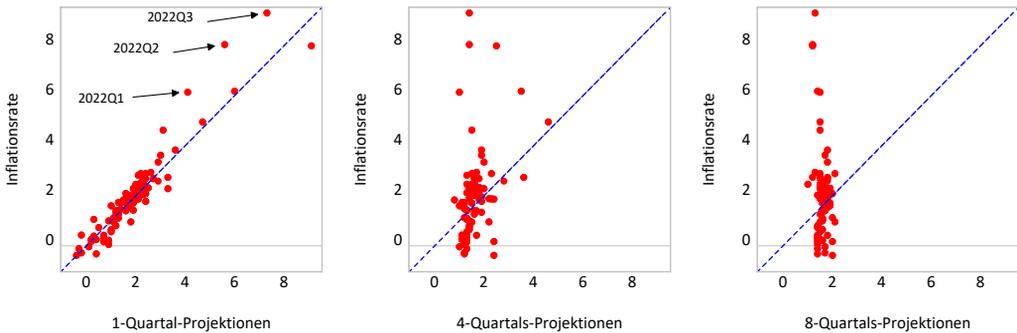


Abbildung 2: Streudiagramm der realisierten Inflation und der EZB-Projektionen. Links: Prognosehorizont von einem Quartal; Mitte: Prognosehorizont von vier Quartalen; rechts: Prognosehorizont von acht Quartalen. Es werden Daten für den Zeitraum 2001Q2-2024Q1 verwendet.

Prognosen sind also nur auf solchen Horizonten informativ, für die ihre Prognosegüte signifikant besser ist als die Prognosegüte der naiven Prognose. Breitung und Knüppel (2021) haben einen ökonometrischen Test vorgeschlagen, um zu untersuchen, bis auf welchen Horizonten Prognosen informativ sind. Wir haben diesen Test auf die Projektionen der EZB angewandt. Aufgrund der mittelfristigen Ausrichtung der Geldpolitik ist die Frage nach informativen Prognosehorizonten besonders relevant. Unsere empirischen Ergebnisse zeigen, dass die Prognosen der EZB für Horizonte bis zu einem Jahr informativ sind, wobei die größte Verbesserung gegenüber der naiven Prognose beim kürzesten Horizont erzielt wird. Wir stellen jedoch fest, dass die Prognosen der EZB für Prognosehorizonte von mehr als einem Jahr nicht mehr informativ sind. Anders ausgedrückt: Mit zunehmendem Prognosehorizont nimmt der Einfluss der aktuell verfügbaren Informationen auf die Prognosen ab. Die Prognosen nähern sich dem Inflationsziel an, die Realisierungen jedoch nicht. Wir sind daher skeptisch, diesen Prognosehorizonten bei geldpolitischen Entscheidungen ein großes Gewicht beizumessen. Wenn EZB-Präsidentin Lagarde argumentiert, dass die Inflationsprognosen vom September 2023, Dezember 2023, März 2024 und Juni 2024 für das vierte Quartal 2025 nur geringfügig voneinander abweichen, so steht dies im Einklang mit

der Hypothese, dass die Prognosen auf diesen Prognosehorizonten (6 bis 9 Quartale) annähernd dem unbedingten Erwartungswert entsprechen. Die Tatsache, dass diese Prognosen wenig variieren, sollte jedoch nicht mit einer hohen Prognosegüte gleichgesetzt werden. Das Gegenteil ist der Fall: Die Prognoseunsicherheit ist auf diesen Horizonten bereits nahe dem Maximum. Dies wird in Abbildung 3 veranschaulicht, die zeigt, wie die historischen mittleren quadratischen Prognosefehler der Inflationsprognosen der EZB mit dem Prognosehorizont zunehmen.

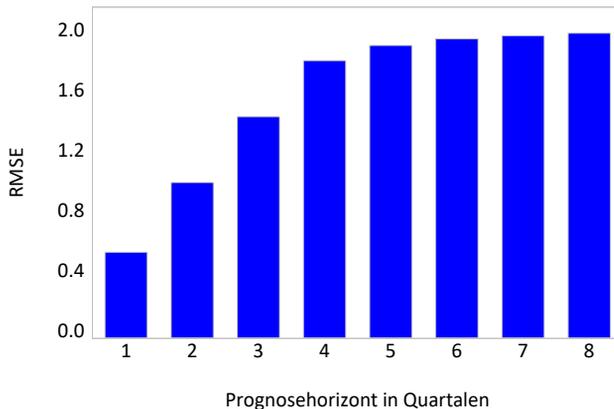


Abbildung 3: Die Abbildung zeigt die Wurzel aus dem mittleren quadratischen Prognosefehler (RMSE) der Inflations-Projektionen der EZB für Prognosehorizonte von einem bis acht Quartalen. Es werden Daten für den Zeitraum 2001Q2-2024Q1 verwendet.

Die Tatsache, dass trotz des erheblichen Aufwands, den die EZB bei der Erstellung ihrer Prognosen betreibt, der uninformativ Horizont bereits nach einem Jahr erreicht ist, erscheint zunächst ernüchternd. Wir können jedoch zeigen, dass andere Prognostiker, zum Beispiel im „*Survey of Professional Forecasters*“, keine informativeren Vorhersagen liefern. Grundsätzlich muss man anerkennen, dass der Vorhersagbarkeit Grenzen gesetzt sind, die durch die Eigenschaften des zugrunde liegenden Inflationsprozesses bestimmt werden, unabhängig von den verwendeten Prognosemodellen. Obwohl wir nicht generell ausschließen können, dass informativere Prognosen möglich sind, deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass diese Prognosegrenze bereits nach vier Quartalen erreicht ist. Unsere empirischen Ergebnisse lassen also nicht den Schluss zu, dass die Prognosen der EZB nicht optimal sind, denn auch optimale Prognosen können schnell uninformativ werden. Der zugrunde liegende Inflationsprozess und damit die Grenze der Prognostizierbarkeit kann jedoch auch im Zeitverlauf variieren und hängt insbesondere vom Verhalten der Geldpolitik ab. Wir können in einem theoretischen makroökonomischen Modell zeigen, dass eine erfolgreiche Geldpolitik die Inflation weniger vorhersagbar macht. Die Intuition dafür ist einfach: Im Extremfall ist die

Geldpolitik bei der Inflationsbekämpfung so erfolgreich, dass die realisierte Inflation in jeder Periode dem Inflationsziel plus einem rein zufälligen Schock entspricht. Dies bedeutet, dass selbst bei einem Horizont von einer Periode die optimale Prognose dem Inflationsziel, das heißt dem unbedingten Erwartungswert, entspricht. Selbst auf dem kürzesten Horizont ist die optimale Prognose bereits uninformativ.

Auf die Prognosegrenzen und die Implikationen für die Gestaltung der Geldpolitik haben wir in einem Gastbeitrag für die FAZ im September 2022 hingewiesen (Conrad, 2022). Inzwischen haben ähnliche Argumente Eingang in die Diskussion gefunden, wie Prognosen die Geldpolitik beeinflussen sollten. So argumentierte Alfred Kammer (IWF) im Juni 2023 auf dem EZB-Zentralbankforum in Sintra in seinem Vortrag „*Lessons from recent experiences in macroeconomic forecasting*“:

„We tend to find that at relatively short horizons (same year mainly) projections tend to do reasonably well. But moving out to even a 1.5 to two-year horizon both our and others' forecasts deteriorate very fast.“ (Kammer, 2023)

4 Schlussbemerkungen

Was folgt aus diesen Erkenntnissen? Die EZB will ihr Inflationsziel mittelfristig erreichen und muss daher nicht auf rein temporäre Abweichungen der Inflation vom Ziel reagieren. Wenn sich jedoch herausstellt, dass sich nur sehr ungenau vorhersagen lässt, ob es sich um vorübergehende oder dauerhafte Abweichungen handelt, das heißt wie hoch die Inflation in zwölf bis 18 Monaten sein wird, ist es fraglich, ob die mittel- und langfristigen Prognosen als Orientierung für die Politik dienen sollten. Unserer Meinung nach überschätzt die EZB ihre Prognosefähigkeiten, wenn sie ihre Geldpolitik mit diesen Prognosehorizonten verbindet. Die Bindung geldpolitischer Entscheidungen an Prognosen mit einem Horizont von mehr als einem Jahr ist unserer Meinung nach nicht sinnvoll.

Außerdem kann die Betonung der Bedeutung von Prognosen für Horizonte, für die die Prognosen nicht informativ sind, langfristig zu einem Reputationsverlust führen. Dies kann für eine Institution, die das Vertrauen in ihre eigene Währung stärken will, schädlich sein. Um dem entgegenzuwirken, sollte die EZB zumindest die mit ihren Prognosen verbundenen Unsicherheiten klar benennen, das heißt probabilistische Prognosen veröffentlichen – solche Prognosen geben Wahrscheinlichkeiten dafür an, dass die Inflation innerhalb bestimmter Grenzen bleibt.

Stattdessen verzichtete die EZB bei der Veröffentlichung ihrer Prognosen während und nach der Coronavirus-Pandemie vorübergehend auf eine Quantifizierung der Prognoseunsicherheit. Sie präsentierte stattdessen alternative Szenarien, die zeigen,

wie sich die Inflationsprognosen unter verschiedenen Annahmen verhalten würden. Diese Szenarien sind jedoch nicht aussagekräftig hinsichtlich der inhärenten Prognoseunsicherheiten und der Wahrscheinlichkeit der alternativen Szenarien. Darüber hinaus deuten empirische Schätzungen darauf hin, dass die Geldpolitik schneller wirkt als von der EZB oft dargestellt (z. B. Jannsen et al., 2019, Corsetti et al., 2022, Mandler et al., 2022). Daher sollte die Geldpolitik unseres Erachtens bereits auf kürzeren Prognosehorizonten auf Abweichungen der Prognosen vom Inflationsziel reagieren. In diesem Zusammenhang plädieren wir für einen transparenteren Ansatz, der mehr Gewicht auf informative Prognosehorizonte und die Kommunikation von Prognoseunsicherheiten legt. Dazu gehört auch die Angabe der Prognosehorizonte, bis zu denen die Inflationsprognosen der EZB in der Vergangenheit informativ waren.

Literatur

- Breitung, J. und M. Knüppel** (2021), How far can we forecast? Statistical tests of the predictive content. *Journal of Applied Econometrics*, 36, 369-392.
- Chahad, M., A.-C. Hofmann-Drahonsky, B. Meunier, A. Page und M. Tirpák** (2023), An updated assessment of short-term inflation projections by Eurosystem and ECB staff. *ECB Economic Bulletin*, 2023(1), 61-65.
- Conrad, C.** (2022), Prognose-Grenzen, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 29. September.
- Conrad, C., Z. Enders** (2023), Das Inflationsgespenst. Die Prognosen der Europäischen Zentralbank, *Ruperto Carola*, 22, 24-31.
- Conrad, C., Z. Enders** (2024), Die Grenzen der EZB Prognosen, AWI Discussion Paper No. 747. Erscheint in: Binder, J., W. Kohler, G. Müller und M. Nettesheim (eds.), *Die EZB in der Krise: Ökonomische und juristische Perspektiven*, Mohr-Siebbeck, Tübingen.
- Conrad, C., Z. Enders und G. Müller** (2021), Die EZB setzt ihre Glaubwürdigkeit aufs Spiel, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 15. Dezember.
- Conrad, C., Z. Enders und G. Müller** (2024), The ECB's projections and their limits, Mimeo.
- Corsetti, G., J.B. Duarte und S. Mann** (2022), One money, many markets, *Journal of the European Economic Association*, 20(1), 513-548.
- de Galhau, F. V.** (2023), The Euro as a complementary asset in a more multilateral system, speech at the conference: The internationalization of the Euro and the creation of the EU Capital Markets Union, Paris, 16 June, <https://www.banque-france.fr/en/governors-interventions/monetary-and-fiscal-policy-mix-addressing-disease-inflation/euro-complementary-asset-more-multilateral-system> (29.5.2024).
- Jannsen, N., G. Potjagailo und M. H. Wolters** (2019), Monetary policy during financial crises: Is the transmission mechanism impaired? *International Journal of Central Banking*, 15(4), 81-136.
- Kammer, A.** (2023), Remarks at the ECB Forum on Central Banking: Lessons from recent experiences in macroeconomic forecasting, June 28, <https://www.imf.org/en/News/Articles/2023/06/28/spo62823-alfred-kammer-remarks-at-ecb-forum-sintra> (28.6.2014).

- Lagarde, C.** (2022), Interview with Christine Lagarde, conducted by Morgane Miel, <https://www.ecb.europa.eu/press/inter/date/2022/html/ecb.in220825~7c5db6db3.en.html> (29.5.2022).
- Lagarde, C.** (2024), Questions and Answers, ECB Press Conference of June 6, https://www.ecb.europa.eu/press/press_conference/monetary-policy-statement/2024/html/ecb.is240606~d32cd6cc8a.en.html (27.6.2024).
- Lane, P.** (2021), The new monetary policy strategy: implications for rate forward guidance, The ECB Blog, <https://www.ecb.europa.eu/press/blog/date/2021/html/ecb.blog210819~c99d1b768e.en.html> (29.5.2024).
- Mandler, M., Scharnagl, M. und Volz, U.** (2022), Heterogeneity in euro area monetary policy transmission: results from a large multi-country BVAR model, *Journal of Money, Credit and Banking*, 54(2-3), 627-649.

Über die Autoren

Prof. Dr. Christian Conrad ist seit 2011 Professor für Empirische Wirtschaftsforschung am Alfred-Weber-Institut für Wirtschaftswissenschaften der Universität Heidelberg. Er ist zudem Research Fellow an der Konjunkturforschungsstelle der ETH Zürich (Schweiz), *Senior Fellow* am *Rimini Centre for Economic Analysis* (Italien) und *Research Associate* am Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung in Mannheim. Seine Forschungsinteressen liegen in den Bereichen Modellierung und Vorhersage von Finanzmarktrisiken, makroökonomische Prognosen und Geldpolitik sowie Erwartungsbildung. Nach dem Studium der Volkswirtschaftslehre in Heidelberg und York (England) wurde Christian Conrad 2006 an der Universität Mannheim promoviert. Anschließend forschte er als PostDoc an der Konjunkturforschungsstelle der ETH Zürich (Schweiz), bevor er 2008 als Juniorprofessor an die Universität Heidelberg wechselte.

Prof. Dr. Zeno Enders ist seit 2011 Professor für Wirtschaftspolitik am Alfred-Weber-Institut für Wirtschaftswissenschaften der Universität Heidelberg und Fellow des Forschungsnetzwerks CESifo. Er forscht zur internationalen und monetären Ökonomik sowie zur Rolle von ökonomischen Erwartungen. Er studierte Volkswirtschaftslehre an der Humboldt-Universität Berlin, der *University of California*, Berkeley (USA) sowie Stockholms Universität (Schweden) und wurde am *European University Institute* Florenz (Italien) und der *Universitat Pompeu Fabra* in Barcelona (Spanien) promoviert. Danach war er Juniorprofessor an der Universität Bonn. Gastaufenthalte führten Zeno Enders unter anderem zum Internationalen Währungsfond (IWF), zur Weltbank, zum *Board of Governors of the Federal Reserve System*, zur Bundesbank und zur *Banque de France*.

Korrespondenzanschrift

Alfred-Weber-Institut für Wirtschaftswissenschaften der Universität Heidelberg.
christian.conrad@awi.uni-heidelberg.de

Alfred-Weber-Institut für Wirtschaftswissenschaften der Universität Heidelberg.
zeno.enders@uni-heidelberg.de

Wir leben in einer Welt permanenten Wandels. Der Veränderlichkeit unterworfen ist unser Planet genauso wie die Politik, die Volkswirtschaft, das Klima, das Wetter, die Umwelt oder unser eigenes Leben. Weil sich die Menschen der Ungewissheit bewusst sind, hatten sie seit jeher das Bedürfnis, in die Zukunft zu schauen. Schon in der vorwissenschaftlichen Zeit haben sie Prognosetechniken eingesetzt, die wir heute eher als okkult, esoterisch und nicht verlässlich bewerten. Seit der Aufklärung, der Etablierung der Wissenschaft und wissenschaftlicher Methoden, insbesondere der Statistik, der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Modellierung, sollten wir eigentlich in der Lage sein, von okkulten Prognosetechniken Abschied zu nehmen und unsere Prognosen auf eine verlässliche wissenschaftliche Basis zu stellen. Ob dies gelingt, wird in dem von Michael Wink und Vera Nünning herausgegebenen Heidelberger Jahrbuch 2024 in elf Beiträgen aus den Kultur- und Geisteswissenschaften, den Naturwissenschaften und der Medizin erörtert.

Über die Herausgeber

Prof. Dr. Vera Nünning arbeitet am Anglistischen Seminar der Universität Heidelberg. Ihre Buchpublikationen befassen sich mit der britischen Literatur des 18., 19. und 20. Jahrhunderts; ihre Forschungsschwerpunkte liegen in der Erzählforschung, den Gender Studies, der Kulturtheorie und der britischen Kulturgeschichte.

Prof. Dr. Michael Wink arbeitet seit 1989 als Ordinarius für Pharmazeutische Biologie an der Universität Heidelberg. Seine Arbeitsgebiete reichen von der Phytochemie über Arznei- und Giftpflanzen und Pharmakologie bis zur Ornithologie, Systematik und Evolutionsbiologie.



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386

ISBN 978-3-96822-299-8



9 783968 222998