

fluter.

Wir wollen
hundertprozentig
ehrlich sein:

1/5 der Artikel
in diesem Heft
sind ganz schön
nerdig. Zwei
Drittel machen
aber richtig
Spaß

Thema

Zahlen

Den Kopf voller Zahlen

Foto: Sam Gregg

?

Man muss den Kopf nicht voller Zahlen haben, aber es ist gut, zu wissen, wo man sie findet. In diesem Onlinedossier nämlich – egal, ob es um Einwanderung geht, den Arbeitsmarkt oder die soziale Situation in Deutschland: bpb.de/zahlenundfakten

Editorial

- „Zahlen lügen nicht!“
- „Tränen lügen nicht.“
- „Tränen?“
- „Zahlen?“

Wir leben in einer vermessenen Welt. Zahlen sind allgegenwärtig, als Zensuren, Ratings, Bilanzen, Preise, Körpermaße, Klickzahlen, Umfragen, Statistiken aller Art. Die Ordnungen der Zahlen geben der komplexen arbeitsteiligen Gesellschaft einen rationalen und zugleich extrem dynamischen Rahmen. Sie helfen uns, zu erfassen, was die Wirklichkeit ist und die Zukunft bringen kann. Sie sind Grundlage von Entscheidungen und der Berechnung von Risiken. Diese machtvoll und universelle Mathematisierung der sozialen Verhältnisse ist längst nicht abgeschlossen. Wir wissen ungeheuer viel, aber wissen wir das Richtige?

Mathematik ist eine Leitwissenschaft, aber nur wenige haben wirklich fundierte Kenntnisse, die meisten eher Ehrfurcht oder gar unterschwellige Angst. Es gibt eine latente Zahlengläubigkeit und ein wenig entwickeltes Wissen, was Zahlen beziehungsweise Berechnungen aussagen und wie sie zustande kommen. Mathe gehört an vielen Schulen zu den unbeliebtesten Fächern, und die Methoden ihrer Vermittlung könnten oft ermutigender sein.

In öffentlichen Debatten ist die autoritäre Versuchung groß, das Ansehen der Mathematik auf sich zu übertragen und die jeweils passenden Zahlen als scheinbar alternative Logik ins Spiel zu bringen.

Oft wird dann mit Zahlen und deren Objektivität argumentiert, anstatt Konflikte offen auszutragen. Ein scheinbarer Sachzwang macht es Politikerinnen und Politikern einfacher, Auseinandersetzungen aus dem Weg zu gehen. Doch oft werden die Konflikte damit nur verlagert.

Wir haben in der Pandemie selbst einiges gelernt über Zahlen, ihren Nutzen und die Grenzen ihrer Geltung, die Beweglichkeit dieser Grenzen. Wir sind dabei bewusst abwägender geworden und mussten erfahren, dass es jederzeit anders kommen kann. Es liegt durchaus auch eine politische Tugend darin, wenn diese Erfahrungen bei der Verständigung über Werte, Interessen und Prioritäten in Konfliktsituationen genutzt werden können.



Vier verliert: Viele Zahlen verbinden sich mit einem Aberglauben: In Deutschland soll die 13 Unglück bringen, weswegen man in manchen Flugzeugen keine 13. Sitzreihe findet. In Italien fürchtet man sich vor der 17 – und in China wird die Zahl 4 gemieden. In vielen Häusern gibt es daher keine vierte Etage. Es gibt sogar Gebäude, in denen die Stockwerke 40 bis 49 ausgelassen werden

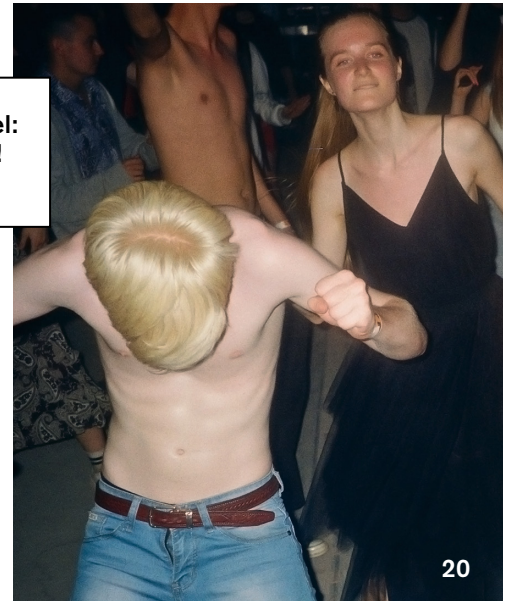
Klimakrise, soziale Ungleichheiten, ökonomische Krisen, technologische Revolutionen – auch in den drängendsten Fragen der Gegenwart geben Zahlen Hinweise auf die Dimensionen der anstehenden Probleme und Entscheidungen. Welche Daten, welche mathematischen Modelle, Methoden und Disziplinen werden relevant für diese Zukunftsfragen?

Wir brauchen einen neuen Mut zur Mathematik und ein selbstbewusstes Verhältnis zu ihrem Gebrauch in komplexen Situationen. Eine reichere Kenntnis der mathematischen Disziplinen würde die Gesellschaft kritikfähiger und ihren Zusammenhalt nachhaltiger machen. Zahlen sind unverzichtbar, aber nicht das Entscheidende.

Thorsten Schilling

Inhalt

Unsere Abrechnung ist simpel:
4 Ausgaben im Jahr für 0 Euro!
www.fluter.de/abo



6 Ziffern kennen
Was bedeutet eigentlich Inflation?
Und was steckt hinter dem
Wirtschaftswachstum? Ein paar
Erklärungen

8 Von fiesen Nummern
Anzahl der Likes und Follower,
Schritte zählen mit der Fitness-
App: ein Gespräch über Zahlen in
unserem Leben

12 Mama nicht besucht? Abzug!
In China vergibt die Regierung
Punkte für gutes und schlechtes
Benehmen

13 Es wird eng!
Vor allem in Afrika nimmt die
Bevölkerung zu

**14 Daraus folgt: Frauen
können nicht rechnen**
Über das Klischee, Mathe wäre
nichts für Mädchen – und ob
das was dran ist

16 Aus Mangel an Beweisen
Vergesst Hollywood und
Hip-Hop! Die wahren Exzentriker
machen Mathe

**20 And one, and two, and one,
two, three, four...**
Nicht taktlos gemeint:
Aber ohne Mathematik stünde
die Musik dumm da

22 Die Not mit den Noten
Zensuren bestimmen die
Schulzeit. Dabei gibt es gute
Gründe gegen sie

24 „Wie ein Exit-Game“
Kann Matheunterricht auch
Spaß machen? Interview mit
einer YouTube-Nachhilfe

26 Als ich Nerd war
Wie ich mal Mathe studierte
und den Spaß daran verlor:
Unser Autor zieht Bilanz



28 Die Burg der Daten
Besuch beim Statistischen
Bundesamt, das durch Zahlen
unser Leben verbessern will

**32 Dieser Text steigert dein
Wissen um 200 %**
Wie mit Statistiken
Stimmung gemacht wird

36 Was wir nicht wissen
Gasimporte oder Plastikmüll:
Viele Zahlen liegen im Dunkeln

38 What if?
In die Zukunft schauen?
Macht Sara Grundel ständig –
mit mathematischen Modellen

41 Andere Länder, andere Maße
Ist doch viel schöner,
mehrere Füße groß zu sein
als nur Zentimeter

42 Darf's noch etwas Gift sein?
Grenzwerte sind dazu da, Men-
schen zu schützen. Denkt man

44 Was messen wir heute?
Um den Klimawandel zu
bekämpfen, braucht es Zahlen.
Aber welche? Die Antwort ist
eine Grad-Wanderung

48 Da geht einer steil
Wir zeigen, wie Preise entstehen
und warum sie steigen oder fallen

50 Impressum & Vorschau

π

Die Konstante Pi ist ein Star
unter den Zahlen. Wenn man den Radius kennt,
lassen sich mit ihr der Umfang und die Fläche
eines Kreises bestimmen. Meist rechnet man mit
3,14 – dabei ist Pi unendlich viel länger.
Derzeit sind ca. 62,8 Billionen Nachkomma-
stellen bekannt. So viel Platz haben wir nicht
am unteren Heftrand. Aber einige Stellen
kriegt man schon unter. Ihr könnt ja
dann selbst entscheiden, wie
genau ihr rechnen wollt.



Du bist so eine Null! Das sagt sich so dahin, dabei ist die Null eine der wichtigsten Zahlen überhaupt und für unser Dezimalsystem – mit seinen Stellen für Einer, Zehner, Hunderter, Tausender, Zehntausender u.s.w. – unersetzlich. Denn wenn es die Null nicht gäbe, wäre 12.045 nur 1.245 und eine 10 eine 1. Die Babylonier waren noch ohne 0 und haben einfach ein bisschen Platz zwischen den Zahlen gelassen. Wenn man die Lücke nicht richtig erkannte, wusste man allerdings nicht, ob man dem anderen 102 Euro schuldet (Euro gab's natürlich nicht, aber ihr versteht schon) oder nur 12. Erst die Indianer schenken der Welt die Lösung: die Null! Schon vor 1.700 Jahren sollen sie damit gerechnet haben

– in einem Mathematikbuch. In den folgenden Jahrhunderten kam die Null dann über Handelswege weiter nach Westen, zuerst in den arabischen Raum, im 12. Jahrhundert schließlich nach Europa. Dann dauerte es aber noch mal über 300 Jahre, bis sich das Dezimalsystem durchsetzte – entscheidend trug dazu ein Lehrbuch des deutschen Mathematikers Adam Ries bei. Ries ersetzte darin die bis dato benutzten ziemlich sperrigen römischen Zahlen durch die indisch-arabischen, die wir bis heute verwenden. Die indische Null ist aber nicht die erste frühe Null der Menschheit. Auch die Maya in Südamerika kannten ein Zahlensystem, in dem es ein Zeichen für das Nichts gab: eine Muschel oder eine Schnecke.

Ziffern kennen

Vom Numerus
clausus über die
Arbeitslosenzahl
bis hin zur Inflation,
über die gerade
besonders häufig
gesprochen wird.
Ein paar Zahlen
tauchen echt ständig
auf. Wir haben mal
geschaut, wofür
sie eigentlich genau
stehen

1) Der Abischnitt

Ein bestanden es Abitur ist oft die Voraussetzung dafür, ein Studium an jeder beliebigen der gut **400** Universitäten, Hochschulen und Fachhochschulen im Land zu beginnen. Doch was und wo man studiert, ist nicht unbedingt frei wählbar. Fast jeder zweite Studiengang ist aktuell zulassungsbeschränkt – das heißt, bei diesen Studienangeboten bewerben sich mehr Personen, als Plätze zur Verfügung stehen. In diesen Fällen entscheidet der Numerus clausus (NC). Studieren darf nur, wer einen gewissen Abischnitt hat. Dass das nicht immer gerecht ist, hat vor ein paar Jahren sogar das Bundesverfassungsgericht beanstandet. Eines von seinen Argumenten: Die Anforderungen an das Abitur unterscheiden sich in den Bundesländern so stark, dass die Abschlussnoten wenig vergleichbar sind (siehe S. **22**). Tatsächlich erzielten Abiturienten und Abiturientinnen in Thüringen seit Jahren die mit Abstand besten Schnitte. Wer also in Erfurt zur Schule geht, hat statistisch gesehen deutlich bessere Chancen, einen der begehrten Studienplätze in Humanmedizin oder Psychologie zu ergattern, als Absolvierende aus Stuttgart, Kiel oder Mainz. Wegen dieser Verzerrung müssen Hochschulen mittlerweile auch andere Kriterien bei der Auswahl ihrer Studierenden berücksichtigen, etwa praktische Erfahrungen oder Eignungstests. Welche genau, das bleibt den Hochschulen überlassen. Das wichtigste Kriterium bei der Studienplatzvergabe ist aber nach wie vor: die Abinote.

2) Die Arbeitslosenzahl

Im Jahr **2019**, kurz bevor die Pandemie den Arbeitsmarkt lähmte, hatte die Bundesregierung Grund zum Feiern. Die Arbeitslosenzahl befand sich auf dem niedrigsten Wert seit der deutschen Wiedervereinigung: unter **2,3** Millionen. Keine **15** Jahre früher waren es schon mal mehr als doppelt so viele. Zu der Statistik werden in Deutschland alle Personen gerechnet, die sich bei einer Arbeitsagentur, einem Jobcenter oder einer Kommune arbeitssuchend melden und für eine Jobvermittlung zur Verfügung stehen. In Wahrheit ist die Zahl der Arbeitslosen aber höher – im Jubeljahr **2019** fielen nach

Schätzung des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung fast eine Million Menschen aus der offiziellen Statistik, unter anderem weil sie gar nicht beim Amt gemeldet waren, sich in Warteschleifen des Bildungs- und Ausbildungssystems befanden oder gerade an einer arbeitsmarktpolitischen Maßnahme wie einer Umschulung teilnahmen. Im internationalen Vergleich hat Deutschland eine eher niedrige Arbeitslosenquote, allerdings zum Preis eines florierenden Niedriglohnssektors, den die Politik in der Vergangenheit gezielt gefördert hat und in dem vor Corona fast acht Millionen Menschen beschäftigt waren. Hunderttausende dieser Minijobber haben nun in der Pandemie ihre Arbeit verloren – auch deshalb sprang die Zahl der Arbeitslosen im Jahr **2020** um fast eine halbe Million in die Höhe. Mittlerweile nähert sie sich aber wieder früheren Bestwerten.

3) Inflation

Sie ist ein Gradmesser für die Gesundheit einer Volkswirtschaft. Von Inflation spricht man, wenn das allgemeine Preisniveau anhaltend über einen bestimmten Zeitraum steigt. Je höher die Preissteigerung, desto schneller verliert die Währung ihren Wert. Heißt: Die Kaufkraft des Geldes sinkt, die Menschen können sich für ihr Geld weniger leisten. In Deutschland hat die Preisentwicklung – mit Ausnahme einzelner Steigerungen wie zuletzt bei den Mieten – selten für öffentliches Aufsehen gesorgt. Im vergangenen Jahr jedoch lag die Inflation im Jahresdurchschnitt mit **3,1** Prozent gegenüber **2020** plötzlich so hoch wie seit fast **30** Jahren nicht mehr. Und sie steigt munter weiter: Im Mai **2022** lag sie schon bei **7,9** Prozent. Ökonomen führen den Anstieg unter anderem auf pandemiebedingte Lieferengpässe und teurere Rohstoffe zurück. Aktuell treibt der Krieg in der Ukraine die Energiepreise in die Höhe. Um eine Inflation zu bremsen, können die Zentralbanken der jeweiligen Staaten den Geldumlauf drosseln – zum Beispiel über Leitzinserhöhungen. Weil das aber auch die Konjunktur abwürgen kann, schrecken Währungshüter vor solchen Maßnahmen zurück. Den EU-Staaten passt das gut, so können sie günstig Kredite aufnehmen, die sie derzeit dringend benötigen (siehe Punkt **4**). Für die Bürger aber bedeutet das: Die Preise werden erst mal weiter steigen.

4) Verschuldung

Das vergangene Jahr hielt gleich zwei haushaltspolitische Rekorde parat: **215** Milliarden Euro nahm die Bundesregierung **2021** an Nettokrediten auf – so viel wie nie zuvor. Und auch die öffentliche Verschuldung erreichte einen neuen Höchststand: **2,32** Billionen Euro. Vor **20** Jahren war der Schuldenberg noch etwa halb so groß. Und vor der Pandemie und den gewaltigen Hilfspaketen kam der deutsche Staat einige Jahre lang sogar ganz ohne neue Schulden aus. Jetzt benötigt er mehr Geld, als er über Steuern und andere Abgaben einnimmt. Er macht also Schulden, um seinen Haushalt auszugleichen. Auch in diesem Jahr will die Bundesregierung knapp

140 Milliarden Euro an neuen Krediten aufnehmen. Aus Sicht vieler Ökonomen kein Problem, solange die Zinsen niedrig sind und die Wirtschaft schneller wächst als die Schulden. So wie in den Jahren nach der Finanzkrise. Trotz massiver Neuverschuldung blieben Deutschland dank des Wachstums Steuererhöhungen oder drastische Einschnitte erspart. Ob es erneut so kommt, ist offen. Schließlich will die Ampelkoalition ab kommendem Jahr wieder die **2016** eingeführte (und seit Beginn der Pandemie ausgesetzte) Schuldenbremse einhalten. Sie bedeutet, dass Bund und Länder ohne neue Kredite auskommen sollen. Manche Experten befürchten, dass dringend notwendige Investitionen deshalb unterbleiben, und fordern mehr Flexibilität im Umgang mit Staatsschulden. Diesen Weg scheint auch die EU-Kommission gehen zu wollen. Der Stabilitäts- und Wachstumspakt, eine Art Schuldenbremse für den Euroraum (zurzeit ebenfalls ausgesetzt), soll reformiert werden, weil viele der Länder die Kriterien für Schuldenquoten und Haushaltsdefizite nicht mehr erfüllen. Auch Deutschland nicht.

5) Wirtschaftswachstum

Kaum eine Nachricht löst hierzulande so viele Sorgen aus wie die über einen bevorstehenden Wachstumseinbruch. Also darüber, dass das Wirtschaftswachstum über mindestens zwei aufeinanderfolgende Quartale abnimmt. Ökonomen sprechen dann von einer Rezession. Seit Beginn des russischen Angriffskrieges in der Ukraine und den damit verbundenen Folgen für die Wirtschaft haben die Warnungen vor dieser Entwicklung wieder zugenommen. Vorherige Rezessionen zeigen, warum: Immer wenn das Wirtschaftswachstum stark schrumpft, hat das meist erhebliche Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt – was wiederum der Wirtschaftsentwicklung schadet und damit potenziell den Wohlstand aller gefährdet. Zumindest nach der verbreiteten Auffassung, dass das Bruttoinlandsprodukt (BIP), das die Wirtschaftsleistung eines Staates misst, auch dessen Wohlstand treffend beschreibt. Diese Gleichsetzung greift jedoch selbst Ökonomen zu kurz. Wie gut es einer Gesellschaft geht, könne nicht allein an der Menge der produzierten Waren und Dienstleistungen gemessen werden. Demnach nämlich müsste es den Menschen in Deutschland heute deutlich besser gehen als vor **30** Jahren. In dem Zeitraum hat sich das BIP schließlich mehr als verdoppelt. Alternative Messinstrumente wie der Nationale Wohlfahrtsindex, der neben wirtschaftlicher Leistung etwa auch die Einkommensverteilung, Umwelteinflüsse oder Ehrenämter in den Blick nimmt, zeigen aber, dass es einer Gesellschaft schlechter gehen kann, selbst wenn die Wirtschaft wächst. Viel grundsätzlicher ist eine andere Kritik am Wirtschaftswachstum, nämlich dass kapitalistische Gesellschaften einem regelrechten Wachstumszwang unterworfen seien – die Ressourcen des Planeten aber endlich sind. Die Regierung in Berlin setzt wie die EU-Kommission daher neuerdings auf „klimaneutrales Wachstum“. Experten bezweifeln, dass dies überhaupt möglich ist. Sicher ist nur: Deutschland hat **1967** ein „angemessenes“ und „stetiges“ Wirtschaftswachstum als Ziel seiner Wirtschaftspolitik festgelegt – und ist seither nicht davon abgerückt. ☞

Von

Muss die Wirtschaft
immer weiter wachsen?
Kann man doppelt so
glücklich sein wie jemand
anders? Und können wir
nach der Pandemie besser
mit Zahlen umgehen?
Die Wahrscheinlichkeit
ist groß, dass der
Philosoph *Oliver Schlaudt*
Antworten darauf hat.
Denn er hat sich mit der
politischen Bedeutung
von Zahlen beschäftigt



fiesen

Interview: Oliver Gehrs
Fotos: Sergio Ramazzotti

Nummern



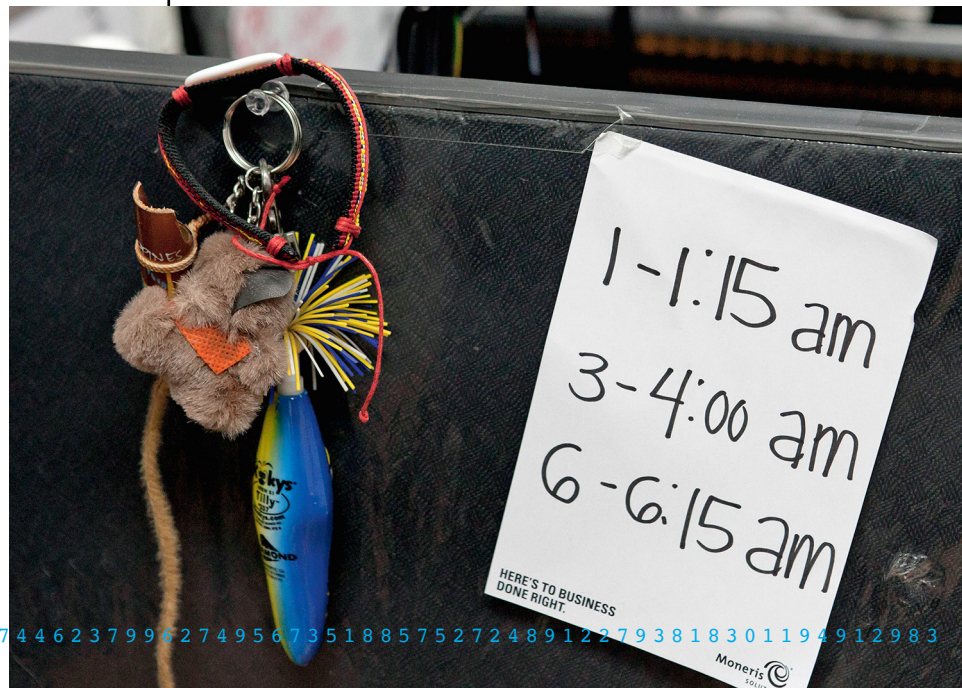
fluter: Inzidenz, Hospitalisierungsrate, exponentielles Wachstum: In den letzten Jahren ging es viel um Zahlen und darum, was sie aussagen. Haben wir in unserem Umgang mit Zahlen dazugelernt?

Wir sind heute kompetenter im Umgang mit Zahlen als vor der Pandemie. Am Anfang haben wir all diese neuen Indikatoren kennengelernt, die Orientierung geben sollten. Dann wuchs die Kritik an ihnen. Manche Zahlen verloren an Bedeutung, andere wurden wichtiger. Als klar wurde, dass die Krankheitsverläufe nicht mehr so schlimm sind, spielte die Inzidenz nicht mehr die Hauptrolle, sondern die Zahl der Hospitalisierungen. Welche Zahlen sind gerade die richtigen? Was drücken sie aus und was nicht? Das Diskussionsklima war in der Pandemie katastrophal. Dennoch gab es eine Art gemeinsamen Lernprozess, und wir haben alle verstanden: Die Objektivität von Zahlen ist oft eine Illusion.

Wann wurden Zahlen überhaupt für die Menschheit wichtig?

In dem Moment, als die Wirtschaft komplexer wurde. Statt zu jagen und zu sammeln, fingen die Menschen an, sesshafter zu werden, sie legten Vorräte an und bildeten erste Verwaltungsstrukturen. Man brauchte ein intellektuelles Werkzeug, um mit der neuen sozialen Komplexität umgehen zu können. Das ist die Stärke von Zahlen.

Auch der Arbeitsalltag vieler Menschen ist von Zahlen geprägt – von Dienstzeiten und strengen Zielvorgaben. Wie in diesem Callcenter auf den Philippinen, wo vor allem junge Menschen in der Nachtschicht arbeiten, weil die meisten Kunden aus den USA anrufen. Der italienische Fotograf Sergio Ramazzotti hat die Erschöpfung der Arbeitenden festgehalten, von denen sich die meisten nach wenigen Jahren einen anderen Job suchen



Und ihre Schwäche?

Zahlen sind mächtig, weil sie Komplexität herunterbrechen. Aber Komplexität herunterzubrechen bedeutet auch immer die Gefahr, Fehler zu begünstigen und falsche Entscheidungen zu treffen. Wir müssen immer den Kontext der Zahlen kennen, um die richtigen Schlüsse aus ihnen zu ziehen. Es ist das große utopische Versprechen von Zahlen, dass wir alle Uneindeutigkeiten ausschließen, alles mit einem Rechner erledigen können – im Sinne einer Kosten-Nutzen-Rechnung. Wenn dem so wäre, bräuchten wir kein Parlament mehr, keine Politiker.

Brauchen wir auch ein anderes Verhältnis zur Mathematik?

Nun, worin besteht denn Mathematik? Wir denken uns Zahlensysteme aus und studieren ihre Gesetzmäßigkeiten. Im Grunde ist die Mathematik eine Beschäftigung des Geistes mit seinen eigenen Erfindungen und steht damit Literatur und Philosophie eigentlich näher als den Naturwissenschaften! In der Praxis kommt die Mathematik aber erst dann ins Spiel, wenn die Welt schon in Zahlen übersetzt ist. Dann können wir die Antworten auf unsere Fragen einfach ausrechnen. Aber die Übersetzung und der Glaube, dass sich alles in Zahlen übersetzen ließe, sind der kritische Punkt.

Gibt es Gesellschaften, die nicht so zahlenfixiert sind wie unsere?

Zahlen sind in allen sogenannten Hochkulturen präsent. Man denke nur an Kalender, Maße und Zahlenmystiken. Aber es gibt innerhalb der Kulturen immer Zeiten, wo der Zahlengebrauch exzessiv wird. Die Planwirtschaften im Sozialismus sind ein gutes Beispiel dafür, aber auch unsere momentane kapitalistische Gesellschaft, in der die quantitativen Methoden des betriebswirtschaftlichen Managements als Allheilmittel gelten. Aber mächtig waren sie schon immer. Seit sie kurz nach der neolithischen Revolution entstanden sind, lassen sie uns nicht mehr los. Sie begleiten uns und sind unentbehrlich geworden.

Heute anscheinend mehr denn je: von der Anzahl der Follower und Likes in Sozialen Medien bis hin zu Fitness-Apps, die unsere Schritte zählen. Wird die Macht der Zahlen in unserem Leben zu groß?

Diese Entwicklung ist nicht per se schlecht. Es ist ja tatsächlich ein Problem, dass wir uns zu wenig bewegen. Wenn wir also aufgrund einer App 10.000 Schritte am Tag machen, ist das gut. Zum Problem wird es, wenn ich aufgrund der Zahlen persönlich haftbar dafür gemacht werde, dass ich mich nicht genug bewege. Dabei bewege ich mich nicht genug, weil ich Teil der modernen Industriegesellschaft bin – und die ist so eingerichtet, dass wir wenig laufen. Diese Ursache blenden die Zahlen aus. Stattdessen wird mit ihnen an mich als Individuum appelliert, das Problem zu lösen. So

„Ich will nicht nur mehr Follower als gestern haben, sondern mehr als die anderen. Damit zieht der Wettbewerb in alle möglichen Lebensbereiche ein“

kommt es zu einer Entsolidarisierung aufgrund von Daten. In anderen Lebensbereichen – etwa bei der Zahl der Follower – gibt es keine geltende Norm zur Orientierung, sondern nur den Fetisch des Wachstums. Und ich will nicht nur mehr Follower als gestern haben, sondern mehr als andere. Damit zieht der Wettbewerb in alle möglichen Lebensbereiche ein.

Dieses „Mehr, mehr, mehr“ gilt auch weiterhin in der Wirtschaft. Obwohl jemand, der mit dem Auto einen Schaden verursacht, mehr zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) beiträgt als jemand, der immer Fahrrad fährt und sich nachhaltig verhält. Ist Wachstum immer noch eine Art Fetisch?

Auf einer gewissen Ebene sehen wir ein, dass es so nicht weitergehen kann. Aber individuell hängen wir dennoch weiter am Wachstum. Es bedeutet Chancen für uns. Es steht für den nächsten Arbeitsvertrag, das nächste Gehalt.

Zerstören wir unsere Lebensgrundlagen nicht eher durch das Wachstum?



Viele VWLer erkennen die Herausforderungen durch den Klimawandel an, aber sie schließen daraus, dass wir unseren Kindern die finanziellen Mittel hinterlassen müssen, um mit den Problemen umzugehen. Wir benötigen Geld für Dämme, um uns gegen steigende Meeresspiegel zu wappnen, oder für neue Technologien. So gesehen wäre eine Abkehr vom Wachstum Selbstmord, weil der Menschheit dann finanzielle Mittel fehlen, um gegen den Klimawandel vorzugehen. Andererseits gäbe es den Klimawandel nicht, wenn wir nicht so wachsen würden. Es geht also um konkurrierende Vorstellungen von Verantwortung. In Zahlen ausgedrückt: 1,5 Grad versus BIP.

Es gibt aber auch Alternativen zum BIP – etwa den „Happy Planet Index“, bei dem Lebenserwartung, Zufriedenheit und ökologischer Fußabdruck einen Wert ergeben. Aber kann man doppelt so glücklich sein wie jemand anders?

Der Happy Planet Index kommt so daher, als wäre er nicht kontrovers. Aber man sieht sofort, dass er eine ganz bestimmte Vorstellung von Glück meint. Menschenrechte etwa oder politische Freiheit spielen keine Rolle. Außerdem lässt man sich damit auf die quantitative Sprache des BIP ein. Mich erinnert das an einen Satz von Erich Kästner. „Dich liebe ich noch einen Zentimeter mehr als das schöne Wetter“, heißt es in einem seiner Kinderbücher.

Müssen wir also noch mehr den Respekt vor Zahlen verlieren?

Den falschen Respekt auf jeden Fall. Wir müssen verstehen, dass Zahlen eine Form von Technik sind. Es sind reine menschliche Instrumente, die wir uns geschaffen haben, um manches besser in den Griff zu bekommen. Was macht die Zahl sichtbar und was nicht? Neben dieser Kernfrage geht es auch um die Transparenz von Messtechniken. Wenn wir ein Fieberthermometer benutzen oder im Supermarkt Obst auf die Waage legen, dann wissen wir, wie die Werte entstehen. Aber bei den Zahlen im politischen Raum – wie etwa dem BIP oder bei Grenzwerten für Chemikalien im Gemüse – sind die Messtechniken oft unsichtbar. Man weiß nicht so genau, wo sie herkommen. Ein kritischer und reflektierter Umgang mit den Zahlen besteht darin, dass wir die Maschinerie sichtbar machen, die die Zahlen hervorbringt.

Ist das nicht oft zu kompliziert? Für Grenzwerte etwa werden über Jahre Studien ausgetauscht. Aber wir können dennoch verstehen, dass Grenzwerte eine Art Handel sind. Der Grenzwert heißt nicht, dass wir auf der sicheren Seite stehen, son-

dern dass die Schäden noch nicht übermäßig skandalös sind. Man trifft da auf einen recht zynischen Pragmatismus.

Spätestens angesichts der Milliardensummen am Finanzmarkt haben viele Menschen das Gefühl, dass sie die Entstehung der Zahlen nicht mehr verstehen.

Da treffen wir auf Magie oder besser: Alchemie – im Gegensatz zu einer Praxis, die wir von Grund auf beherrschen. Die Zahlen sind da, sie werden von den Märkten geliefert in Form von Preisen oder Gewinnen. Aber dann kommen die Finanzjongleure und manipulieren dieses System, um eine Zeit lang davon zu profitieren. Und bei jedem Finanzcrash sehen wir, dass es auch für sie eine Blackbox ist. Hier müsste der Staat regulieren, aber der glaubt ja selbst an den Markt und die Preise.

Apropos Staat: In den 1980er-Jahren gab es in Deutschland riesige Proteste gegen die sogenannte Volkszählung. Die Menschen wollten nichts von sich preisgeben. Heute werden Daten freimütig weggegeben an Konzerne und den Staat.

Die meisten Menschen haben mit ihren Daten einen relativ unbefangenen Umgang, weil sie sie als Teil ihrer objektiven Realität akzeptieren. Sie nicht herzugeben hieße fast, einen Teil der Wirklichkeit zu verschleiern oder sogar zu lügen. Mein Verdacht ist, dass es in den Achtzigern ein gesünderes Misstrauen gegenüber Daten gab und den Stellen, die sie sammeln. Es bestand ein größeres Bewusstsein dafür, dass die Daten eben nicht die objektive Realität widerspiegeln, sondern auch Herrschaftsinstrumente sind – zur Domestizierung und Zähmung. In dem Moment, in dem man uns misst, verwandeln wir uns. Man kann uns ausrechnen.

Heißt das, dass wir unpolitischer geworden sind?

Unser komfortables Leben wird durch Zahlen erst möglich. Vieles funktioniert aufgrund von Algorithmen. Dann zahlen wir eben den Preis dafür und geben unsere Daten her, damit es so bleibt. Die Frage ist: Wogegen haben wir unsere Freiheit eingetauscht? In früheren Epochen bekamen die Menschen für die Freiheit immerhin so etwas wie Sicherheit – sie waren als Untertanen von König und Kirche durch diese geschützt. Das hatte einen großen Wert. Im Vergleich dazu machen wir heute ein recht schlechtes Tauschgeschäft. Für unsere Daten bekommen wir einen recht kindischen Komfort und drohen unversehens in eine Überwachungsgesellschaft im Wohlfühlmodus zu schlittern. ↩

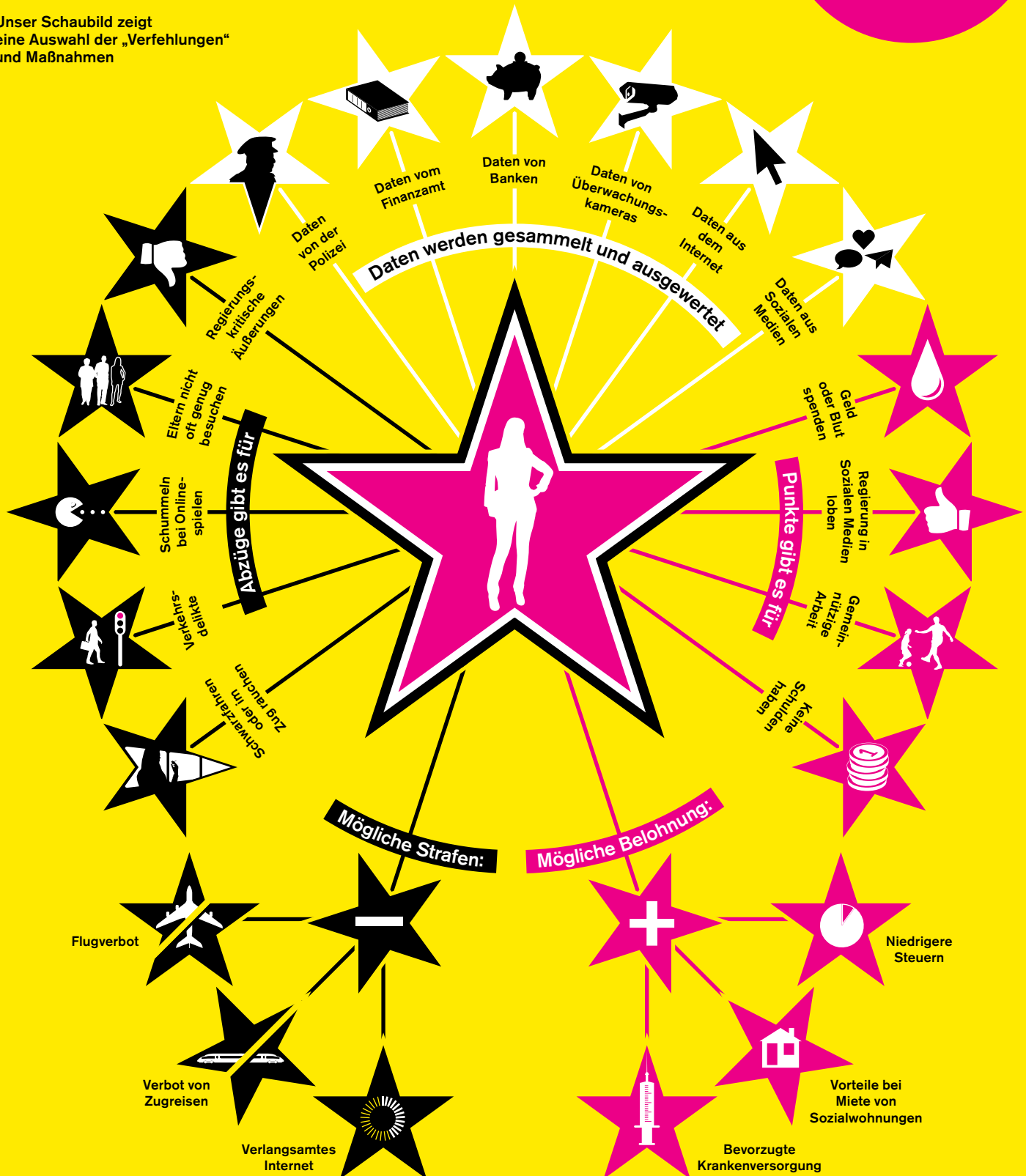


„Die politischen Zahlen“ heißt das Buch, das Oliver Schlaudt geschrieben hat. Er ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Philosophischen Seminar der Universität Heidelberg und arbeitet zu Fragen der Ökonomie, Technik und kulturellen Evolution.

Mama nicht besucht? Abzug!

In China
wird man für
sein Verhalten
mit einem
Score bewertet

Unser Schaubild zeigt
eine Auswahl der „Verfehlungen“
und Maßnahmen



Es wird eng!

Nicht nur im Sommer am Strand, sondern ganz global betrachtet: Laut einer Schätzung der UN wird die Weltbevölkerung von 7,8 Milliarden im Jahr 2020 auf 9,7 Milliarden Menschen im Jahr 2050 zunehmen. Allerdings wächst nicht jeder Kontinent gleich stark. Während Afrika von 1,3 Milliarden (2020) auf 2,5 Milliarden (2050) zulegt, schrumpft Europa sogar, von rund 748 auf rund 710 Millionen. Auch interessant: Die Hälfte des Weltbevölkerungswachstums bis zum Jahr 2050 geht auf nur neun Länder zurück (in der Reihenfolge ihres Anteils am gesamten Wachstum): Indien, Nigeria, Pakistan, Demokratische Republik Kongo, Äthiopien, Tansania, Indonesien, Ägypten und USA.

„In Mathe bin ich Deko“: Ein T-Shirt mit dieser Aufschrift sorgte vor einigen Jahren für einen Shitstorm. Das Shirt vom Otto-Versand gab es nur für Mädchen – und es hat sich sogar ganz ordentlich verkauft. Warum aber glauben viele Menschen tatsächlich, Jungs seien besser in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern, während den Mädchen angeblich „softere“ Fächer wie Deutsch und Fremdsprachen lägen?

Tatsächlich sind Frauen an den Universitäten in den sogenannten MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) in der Minderheit. Die Fields-Medaille, so etwas wie der Nobelpreis für Mathematik, hat seit 1936 nur eine einzige Frau gewonnen. Und in den PISA-Studien, die in zuletzt 79 OECD-Ländern schulische Leistungen von Kindern untersuchten, schneiden in Deutschland Mädchen in Mathematik immer noch schlechter ab als Jungen. Eine Studie des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung zeigt aber auch: Mädchen schätzten sich schon ab der fünften Klassenstufe schlechter in Mathe ein, ganz egal, ob sie in Wirklichkeit ebenso starke oder sogar bessere Leistungen im Vergleich zu Jungen erzielten.

Hier könnte also einer der Gründe für das immer noch verbreitete Klischee der mathematikbegabteren Jungen liegen: Mädchen trauen sich in Mathematik weniger zu – und schneiden dann tatsächlich schlechter ab, eine sich selbst erfüllende Prophezeiung also. Denn ohne Selbstvertrauen kein Erfolg.

In Bildungsstudien anderer Länder schnitten Mädchen in Mathematik genauso gut oder besser ab als die Jungen – allein das zeigt bereits, dass Jungen nicht von Natur aus besser mit Zahlen umgehen können als Mädchen. Hinter den Leistungsunterschieden zwischen Jungen und Mädchen steckt wahrscheinlich vielmehr die Sozialisation – also die Einflüsse von außen, mit denen Kinder aufwachsen. Wenn einem kleinen Kind entweder ein Bagger oder eine Puppe geschenkt wird, wenn Jungen im Kindergarten eher in die Bauecke geschickt werden und die Mädchen zu den Bügelperlen, dann bilden sich stereotype Rollenmuster heraus.

Stevie Schmiedel arbeitet für „Pinkstinks“. Die Organisation setzt sich für Geschlechtergerechtigkeit und gegen Sexismus ein. „Gender-Marketing für Kinder hat sich in den vergangenen 20 Jahren immer weiter intensiviert. Es setzt auf niedlich, Glitzer, häuslich und Beauty für Mädchen. Und auf Action, Technik und Eroberung für Jungen“, sagt Schmiedel. Wenn Mädchen wie Jungen schon früh an technisch heraus-

Man nehme Erziehung mal
soziales Konstrukt und dividiere
durch fehlendes Selbstvertrauen.
Schon hat man das Klischee,
dass Jungs besser in Mathe sind
als Mädchen. Eine Spurensuche,
wie dieses Vorurteil entstand
und was dran ist



Inter Nr. 83, Thema: Zahlen

Daraus folgt: Frauen können nicht rechnen

forderndes Lego oder andere Bausätze herangeführt würden, hätten sie auch ein besseres räumliches Denken.

Zu welchem Geschlecht gehöre ich? Dafür entwickeln Kinder bereits im Kindergartenalter ein Gefühl, wobei gesellschaftliche Erwartungen eine große Rolle spielen. Wer statt eines Baukastens eine Puppe geschenkt bekommt, wird damit auch spielen. Später in der Schule, das zeigen die bereits erwähnten Studien, bekennen sich Mädchen bewusst und offensiv zu ihrem angeblichen „Mathedefizit“ – weil ihnen seit Jahren von Bezugspersonen wie Eltern, Lehrkräften und Erziehern und Erzieherinnen vermittelt wurde, dass Mathe und Naturwissenschaften nicht ihr Ding seien.

Kleinere Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen, die von Eltern, Lehrkräften und anderen Bezugspersonen immer wieder betont werden, können so zu Gräben werden. Dazu forscht Inge Schwank. Sie ist Professorin für Mathematik und deren Didaktik an der Universität zu Köln und untersucht seit vielen Jahren, wie Jungen und Mädchen in der Grundschule an mathematische Probleme herangehen. Eine Aufgabe aus Schwanks Studien: „Im Zirkus Knobelix sitzen 224 Zuschauer. Es sind 38 Erwachsene mehr als Jungen und 6 Jungen mehr als Mädchen. Wie viele Mädchen, Jungen und Erwachsene sitzen auf den Zuschauerbänken?“ Um Aufgaben wie diese lösen zu können, ist funktional-logisches Denken gefragt – hierbei geht es um die gedankliche Konstruktion von Prozessen. Darin sind Jungen, das zeigen Schwanks Forschungen, stärker als Mädchen. Mädchen neigen eher zum sogenannten prädikativ-logischen Denken. Das heißt: Sie denken

eher in Beziehungen als in Funktionsweisen. Um aber den mathematischen Stoff der Grundschule gut zu bewältigen, ist laut Inge Schwank fast ausschließlich funktional-logisches Denken gefragt. Es sei also nicht auszuschließen, dass schon in der Grundschule die Weichen dafür gestellt werden, dass später mehr Jungen den Weg in den MINT-Bereich fänden. „Lehrkräfte müssen so ausgebildet werden, dass ihnen die unterschiedlichen Herangehensweisen von Mädchen und Jungen bewusst sind und sie Jungen und Mädchen gleichermaßen je nach ihren Bedürfnissen und Talenten fördern können“, so Schwank. So könnten Mädchen im Unterricht ermutigt werden, durch Ausprobieren einer Lösung näher zu kommen. Zudem würden sie von angeleiteter Gruppenarbeit und kooperativem Erarbeiten von Lösungen profitieren.

Aber warum sind in manchen Ländern Mädchen genauso gut in Mathe wie Jungen? In China und anderen asiatischen Ländern liegt es daran, dass die Kinder einfach geschlechterübergreifend gedrillt werden. In Skandinavien wiederum sieht man, dass der Stand der Gleichberechtigung einen Einfluss auf die Matheleistung hat. Kurz gesagt: je weniger Benachteiligung der Frauen, desto bessere Matheleistungen der Mädchen.

Aber auch Vorbilder sind wichtig. Hier hat sich in den vergangenen Jahren schon einiges getan, etwa im Fernsehen und in den Sozialen Medien – wo junge Frauen Mathe oder auch die Relativitätstheorie erklären. Durch solche Vorbilder ändert sich das gesellschaftliche Bewusstsein. Und wenn die Rechnung aufgeht, könnte das „In Mathe bin ich Deko“-T-Shirt in Zukunft nur noch Kopfschütteln auslösen. ☞

Zahlen, bitte! Teil 1:

Von Katharina Wellems

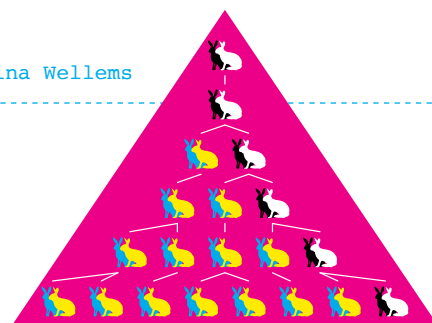
Mit Kaninchen ist zu rechnen

Vieles in der Natur wirkt eher krumm, schief, willkürlich und zufällig auf uns. Doch der Schein trügt. Die Natur ist voller exakter Berechnungen und perfekter Formen wie bei den Wabenzellen der Bienen, die durch ihre sechseckige Form den vorhandenen Platz ideal nutzen. Und manchmal scheint es fast, als hätte das Universum einen geheimen Code in der Natur versteckt: die Fibonacci-Folge. Dabei handelt es sich um eine bestimmte Zahlenreihe, bei der jede Zahl die Summe ihrer zwei Vorgänger ist (0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55...). Sie taucht in der Natur immer wieder auf: Zum Beispiel sind die Fruchtstände vieler Pflanzen in Spiralen angeordnet, wobei die Anzahl

dieser Spiralen den Fibonacci-Zahlen entspricht. Durch diese Anordnung bekommt die Pflanze maximal viel Licht und kann sich optimal verbreiten.

Auch die Anzahl der Ahnen einer männlichen Honigbiene oder der theoretisch möglichen Fettsäuren mit gleicher Kettenlänge, aber unterschiedlicher Struktur lässt sich mit dieser Zahlenfolge ermitteln. Der Mathematiker Leonardo Fibonacci hatte diese Regelmäßigkeit entdeckt, als er das Wachstum einer Kaninchenpopulation beobachtete.

Primzahlen spielen in der Natur ebenfalls eine wichtige Rolle. Einige Arten nutzen diese Zahlen sehr effizient, um Fressfeinden zu entgehen: Nordamerikanische Zikaden schlüpfen zum Beispiel massenhaft in einem Zyklus von 13 oder 17 Jahren. So haben ihre Populationen nur noch die Fressfeinde, deren Arten



jedes Jahr oder alle 13 Jahre auftreten – und nicht mehr die Räuber, die alle zwei, drei, vier, sechs oder zwölf Jahre erscheinen. Und auch Fichten nutzen diese Taktik und vermehren sich alle elf Jahre – ein Zyklus, mit dem sich Fressfeinde wie Eichhörnchen und Vögel nur schwer synchronisieren können. Schon Leonardo da Vinci wusste, dass man sich einiges von der Natur abschauen kann, und orientierte sich bei seinen Berechnungen für Flugmaschinen an den Vögeln. Auch die moderne Robotik beobachtet gern, wie Tiere und Pflanzen Aufgaben lösen, die einmal auf Roboter übertragen werden sollen.

Aus

Mangel

Von Kolja Haaf

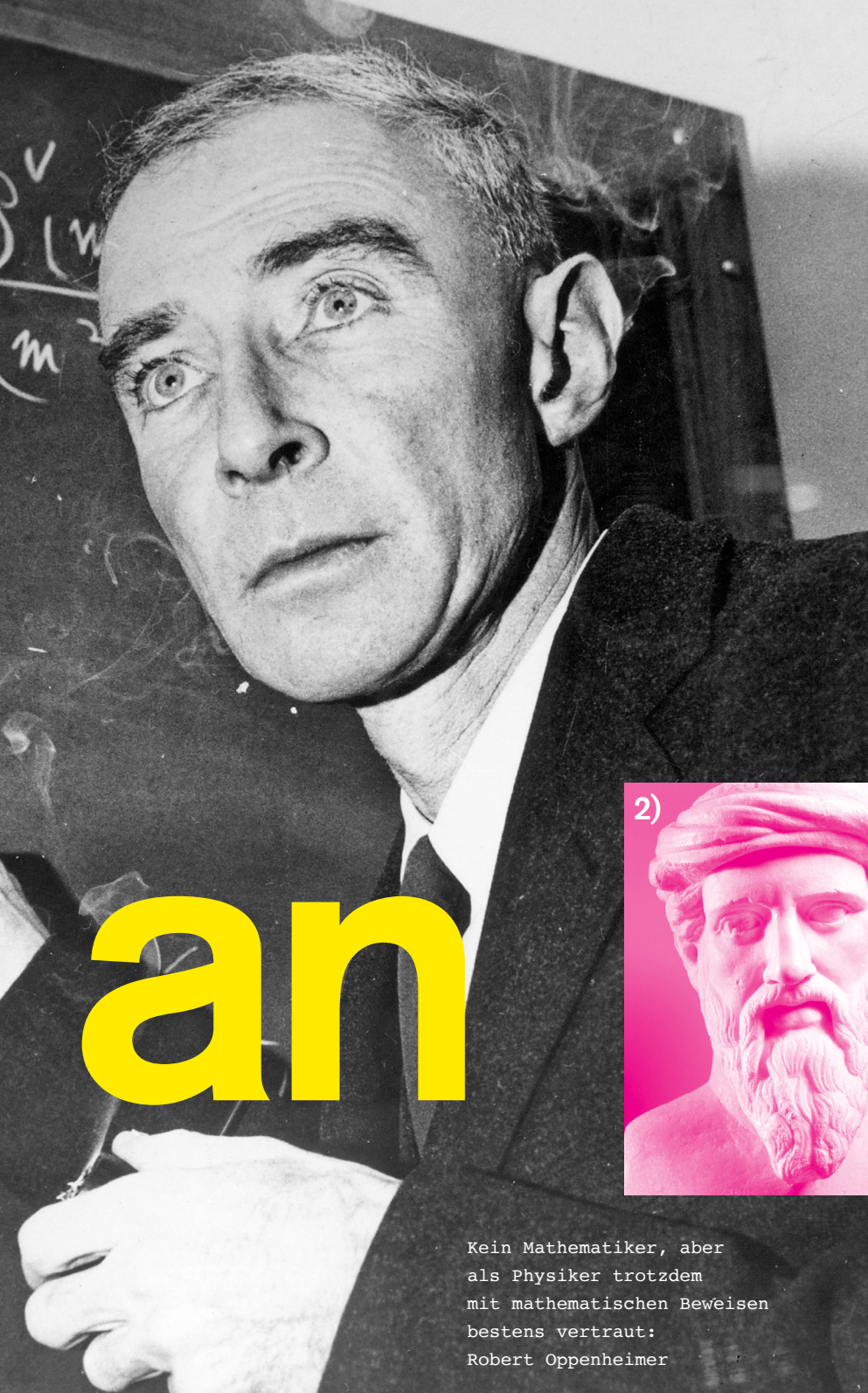
Duelle, Morde und Geniestreiche: Die Stars der Mathematik bieten schon seit Jahrhunderten eine legendäre Show. Eine kurze Wissenschaftsgeschichte

Spätestens als die Klinge seines Gegners sein Gesicht traf, muss sich der dänische Astronom Tycho Brahe¹⁾ gefragt haben, ob es wirklich nötig gewesen war, wegen einer mathematischen Formel ein Duell vom Zaun zu brechen. Tycho, der durch seine hochpräzisen Messverfahren berühmt wurde, hatte an diesem Abend maßlos getrunken und war irgendwann mit einem Cousin in Streit geraten. In nahezu völliger Dunkelheit griffen sie schließlich zu den Degen. Ob es dabei tatsächlich um eine mathematische Formel ging, wie mehrfach überliefert, ist nicht zweifelsfrei geklärt. Fest steht nur: Als Tycho nach dem ersten Schreck sein Gesicht betastete, fehlte etwas – ein ordentlicher Teil seiner Nase. Er trug seitdem eine künstliche aus Metall. Vielleicht das ideale Markenzeichen für einen der größten Exzentriker der Wissenschaftsgeschichte.

Wenn man an die großen Namen der Wissenschaft denkt, denkt man vielleicht an würdevolle Marmorbüsten, an Nobelpreise oder staubige Studierzimmer, in denen vergeistigte Stille herrscht. Aber die Geschichte der Wissenschaft war mitunter recht schrill. Und einige der spannendsten Figuren findet man in den Wissenschaftsdisziplinen, die sich auf die eine oder andere Art mit Zahlen befassen: Astronomie, Physik, Chemie und allen voran in der Mathematik. Sie zog seit jeher Menschen



Bew



Kein Mathematiker, aber
als Physiker trotzdem
mit mathematischen Beweisen
bestens vertraut:
Robert Oppenheimer



an, deren Ordnungsliebe fast schon ein geistiger Protest ist gegen die schmutzige Unordnung des Lebens. Menschen wie Pythagoras²⁾. Der war, pardon, ein kompromissloser Freak. Als er sich wegen seiner revolutionären Ideen in einer Höhle in den Bergen der Insel Samos vor seinen Verfolgern verstecken musste,

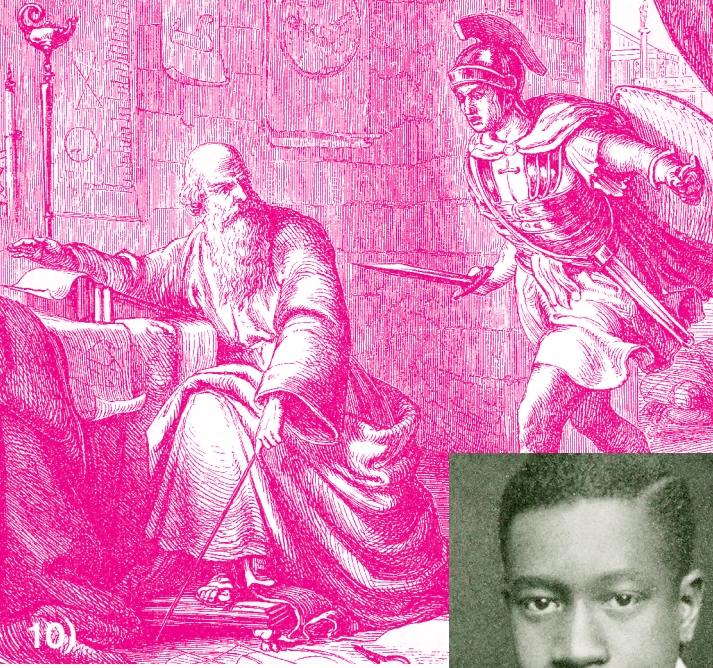
war er so gierig darauf, sein Wissen irgendjemandem mitzuteilen, dass er – der Legende nach – kurzerhand einem Jungen Geld dafür gegeben haben soll, ihm Matheunterricht geben zu dürfen.

Pythagoras war besessen von der Schönheit der Zahlen. Sie waren für ihn der Wesenskern der Welt. Pure Göttlichkeit. Angeblich ließ er zu Ehren der Götter 100 Ochsen schlachten, nachdem er seinen berühmten Lehrsatz bewiesen hatte. Besonders wichtig war ihm der Unterschied zwischen rationalen und irrationalen Zahlen.

Erstere waren ihm heilig, Letztere fand er abstoßend. Als er seinen Schüler Hippias dabei erwischte, wie der $\sqrt{2}$ als Dezimalzahl, also als irrationale Zahl, darstellen wollte, soll er befohlen haben, ihn ertränken zu lassen. Wer ist jetzt hier irrational?

Dem Wunsch, in den Zahlen nach Schönheit und Wahrheit zu suchen, sind viele Mathematiker und Mathematikerinnen verfallen. Es wirkt fast so, als ob sie die Mathematik als ein unendlich großes Kunstwerk verstehen, an dem pausenlos gebaut werden muss – um ihrer selbst willen. Jahrhundertlang haben sich Ma-



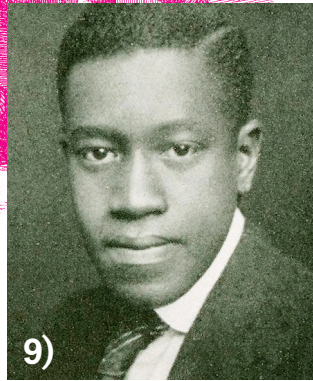


thematiker und Mathematikerinnen mit hochkomplexen, kaum lösbaren Rätseln beschäftigt, im vollen Bewusstsein von deren Nutzlosigkeit.

G. H. Hardy³⁾, Cambridge-Professor für „Pure Mathematics“, schrieb rückblickend ganz schonungslos: „Ich habe nie etwas Nützliches geschaffen. Gemessen an allen praktischen Kriterien ist der Wert meines Mathematikerlebens gleich null.“

Manche Mathematiker verhielten sich regelrecht divenhaft, wenn es um die konkrete Anwendbarkeit ihrer Forschung ging. Als ein Schüler von Euklid⁴⁾ wissen wollte, welchen Nutzen der Lernstoff habe, den sie gerade durchnahmen, soll Euklid zu seinem beistehenden Sklaven gesagt haben: „Gib dem Knaben eine Münze, da er noch aus allem, was er lernt, Nutzen schlagen will.“ Der Schüler wurde angeblich auf Lebenszeit vom Unterricht ausgeschlossen.

Frauen haben es in den Wissenschaften seit jeher besonders schwer, das gilt auch für die Mathematik: Hypatia⁵⁾ war eine der größten Mathema-



tikerinnen der Spätantike. Ihre angesehene Stellung als Universalgelehrte, die philosophische Themen in der Öffentlichkeit vortrug, und ihre selbstbewusste Weiblichkeit waren den Vertretern des an Macht gewinnenden

Christentums in Alexandria unerträglich. Also versammelte sich im Jahr 415 ein Mob, der Hypatia brutal ermordete: Hypatia wurde mit Scherben zerstückelt und ihre Überreste verbrannt.

Maria Agnesi⁶⁾ verweigerte die Académie des Sciences de Paris eine Anstel-

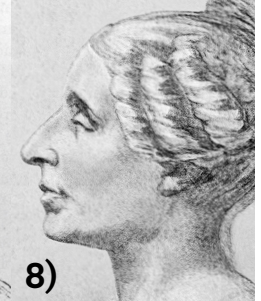
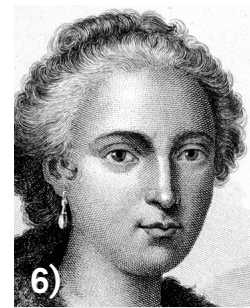
lung – weil sie eine Frau war. Immerhin: Ihre Leistungen in Analysis, Differential- und Integralrechnung waren so beeindruckend, dass ihr der Papst höchstselbst 1750 eine Professur an der Universität von Bologna anbot – die sie allerdings nie annahm. Aber selbst wenn weibliche Mathematikerinnen ausnahmsweise einmal ein bisschen Anerkennung von ihren männlichen Kollegen bekamen, mussten sie viel mehr dafür leisten. Zum Beispiel Emmy Noether⁷⁾, die Einstein ein Genie nannte, durfte erst nach langem Rumgedruckse der Fakultätsangehörigen an der Uni Göttingen unterrichten. Und auch nur, weil ihr Kollege David Hilbert argumentierte, dass ihr Geschlecht doch keine Rolle spielen solle, weil man „hier in einer Universität und nicht in einer Badeanstalt“ sei.

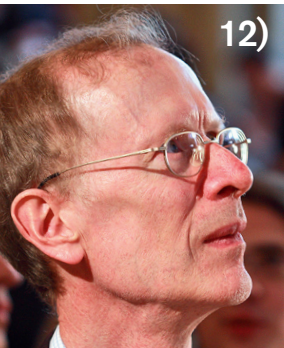
So weit schien es für Sophie Germain⁸⁾ gar nicht erst zu kommen. Weil ihr Vater ihre Leidenschaft für Mathematik angeblich für unschicklich hielt, soll er Kerzen und den Ofen aus ihrem Zimmer entfernt haben, damit sie nicht mehr heimlich studieren konnte. Sie tat es trotzdem. Um an der École Polytechnique studieren zu können, reichte Germain unter dem Pseudonym Antoine Auguste Le Blanc Lösungen von Übungsaufgaben ein. Die waren so überragend, dass der Professor den Absender persönlich treffen wollte. Als dann Sophie

Germain auftauchte, reagierte er positiv und wurde zu ihrem Mentor.

Nicht nur Frauen bekamen zu spüren, dass die Pforten zur Welt der Zahlen von weißen Männern streng bewacht wurden. Elbert Frank Cox⁹⁾ schaffte das bis dahin kaum Vorstellbare und promovierte 1925 als erster Schwarzer Mann in den USA – und weltweit – in Mathematik. Als Cox seine Doktorarbeit auch von Universitäten außerhalb der USA anerkennen lassen wollte, wurde sie in England und Deutschland abgelehnt. Erst eine Universität in Japan erkannte ihren Wert an und veröffentlichte sie in ihrem Mathematikjournal.

Aber was treibt Menschen an, selbst angesichts massiver Gegenwehr ihren Zahlenrätseln nachzugehen? Na ja, Mathematiker und Mathematikerinnen wollen, nein, müssen wissen, wie es weitergeht. Wie ein Ereignis auf dem anderen aufbaut. Die Welt der Mathematik bietet viele Theorien, aber oft einen Mangel an Beweisen. Viele sehen genau darin eine unwiderstehliche Herausforderung. Oder wie will man sonst erklären, dass Archimedes¹⁰⁾ selbst dann nicht aufgehört haben soll, an seinen Kugeln und Zylindern zu tüfteln, als bei einer Plünderung ein römischer Soldat in seine Studierstube eindrang und Archimedes ihn nur mit einem genervten „Störe meine Kreise nicht“ verscheuchen wollte? Der Soldat jedenfalls tötete ihn daraufhin.





12)

Évariste Galois¹¹⁾ wäre so etwas nicht passiert. Er war viel zu ungeduldig, um lange still zu sitzen. Er scheint in seinem kurzen Leben pausenlos durchs nachrevolutionäre Paris gehastet zu sein: Erst mit 15 Jahren kam er mit Mathematik in Kontakt,

veröffentlichte mit 17 seine erste Abhandlung und starb mit 20 bei einem Duell. Er wurde zweimal an der École Polytechnique abgelehnt, unter anderem, weil er keine Lust hatte, seine Gedankengänge an der Tafel aufzuschreiben, und weil er beim zweiten Versuch dem Prüfer einen Schwamm an den Kopf warf. Zudem hatte er einen unbändigen Hass auf Kleriker und Aristokraten und wurde mit 19 Jahren ins Gefängnis geworfen, weil er bei einem Bankett in aller Öffentlichkeit und mit einem Messer in der Hand dem König durch die Blume mit Mord gedroht hatte. Bei der Beerdigung seines Vaters kam es zu einer Schlägerei zwischen revolutionären Republikanern und Königstreuen, bei der sich der Priester eine klaffende Wunde am Kopf zuzog und des Vaters Sarg slapstickmäßig ins Grab geplumpst sein soll. Évariste trank, beleidigte alle und jeden und verfasste gleichzeitig auf höchstem Niveau Beweise zu Polynomen, Permutationen und anderem verwirrenden Mathekram. In seine Aufzeichnungen sind immer wieder Sätze wie „Ich habe keine Zeit“ hineingekritzelt. Und die hatte er wirklich nicht: Sein kurzes Leben endete durch einen Pistolenschuss in den Bauch bei einem Duell, angeblich wegen einer Frau, auf die er noch nicht einmal stand. Bei seiner Beerdigung kam es wieder zu einer Schlägerei.

Galois war trotz seiner hohen Begabung nur einem kleinen Kreis von Sachkundigen bekannt. Und damit teilte er das Schicksal vieler seiner Kollegen und Kolleginnen. Denn zu Lebzeiten besteht der ganze Lohn vieler Mathegenies meist allein darin, dass nur sie selbst und einige wenige Eingeweihte sich über ihre Entdeckungen freuen können. Der Brite Andrew Wiles¹²⁾ ist wohl einer der wenigen Mathe-

matiker der Geschichte, dessen Leben je die Welt der Schönen und Reichen berührt hat – wenn auch nur höchst tangential, wie er wohl sagen würde. Als er das sagenumwobene, jahrhundertealte Rätsel um Fermats¹³⁾ letzten Satz löste, erreichte er für kurze Zeit eine so große öffentliche Bekanntheit, dass ihm die Fashion-Marke Gap anbot, für ihre nächste Kollektion zu modeln. Wiles lehnte dankend ab.

Besagter Fermats letzter Satz (auch Großer Fermatscher Satz) hat übrigens seine ganz eigene Geschichte:

Der Franzose Pierre de Fermat wollte einen Beweis dafür gefunden haben, dass $a^n + b^n = c^n$ keine ganzzahligen Lösungen für $n > 2$ hat. Das ist eine ziemlich simple Aussage. Und gerade deshalb trieb sie 350 Jahre lang die größten Mathematikerköpfe in den Wahnsinn. Denn sie schafften es einfach nicht, den Satz zu beweisen. Der Satz wurde zur Legende, und diejenigen, die sich an seinem Beweis versuchten, dürften immer das verschmitzte Grinsen von Fermat im Hinterkopf gehabt haben. Dessen größte Freude war es nämlich, an seine Kollegen mathematische Aussagen, also Sätze, zu schicken mit der Bemerkung, dass er den Beweis dafür gefunden habe. Aber ohne ihn mitzuschicken. Sie sollten sich die Zähne daran ausbeißen. So war es auch mit seinem letzten Satz. In einer Randnotiz seines Exemplars der „Arithmetica“ des Diophant schrieb er zu seinem Satz nur genüsslich: „Ich habe hierfür einen wahrhaft wunderbaren Beweis entdeckt, doch ist dieser Rand hier zu schmal, um ihn zu fassen.“

Nur durch jahrelange obsessive Beschäftigung und unter Nutzung des sogenannten Modularitätssatzes der Japaner Gorō Shimura und Yutaka Taniyama gelang es Andrew Wiles schließlich, ihn zu beweisen. Glaubte er. Denn



14)

nachdem er 1993 seinen Beweis der Crème de la Crème der Matheexperten und -expertinnen in Cambridge vorgestellt

hatte, machten sich seine Kollegen und Kolleginnen darüber her und versuchten akribisch, einen Fehler in der Beweisführung zu finden – was ihnen auch gelang. Das hatte Wiles wohl gemerkt aber auch in Kauf genommen. Denn die Mathematik kann nur durch ständige gegenseitige Kontrolle und Widerlegung funktionieren. Ein Jahr später schaffte er es schließlich, den Fehler zu beheben, und wurde zum Jahrhundertgenie ausgerufen.

Wie übrigens auch Peter Scholze¹⁴⁾, der 2018 als erst zweiter Deutscher mit der seit 1936 verliehenen Fields-Medaille ausgezeichnet wurde – inoffiziell auch der Nobelpreis der Mathematik genannt. Schon mit 16 hatte Scholze versucht, Wiles' Beweis des Fermatschen Satzes zu verstehen, und wurde mit 24 Professor. Das Einzige, was ihm jetzt noch fehlt, um wirklich zur Legende zu werden, sind haarsträubende Eskapaden. Ein Duell zum Beispiel. ⌘



13)



And one,
and two,
and one, two,
three,

four...

Von Annett Scheffel

Musik ist die vielleicht emotionalste Kunstgattung, die der Mensch je hervorgebracht hat. Sie versetzt uns seit Jahrtausenden in Ekstase. Oder rührt uns zu Tränen. Vom Säuglingsalter an reagiert jeder Mensch instinktiv und emotional auf Musik. Eine ganz natürliche Sache. An der aber so ziemlich alles komplett berechenbar ist: Warum uns ein Rhythmus in die Beine fährt zum Beispiel oder warum uns ein bestimmter Akkord wehmütig macht – all das hat mit einem komplexen System aus Zahlen zu tun.

Denn Musik ist im Kern nichts als reine Mathematik: messbare Luftschwingungen. Je schneller die Teilchen schwin-

gen, desto höher die Frequenz, desto höher der Ton, den wir hören. Der tiefste Grundton eines Cellos liegt zum Beispiel bei 65 Hertz (Hz), das deutsche Telefonfreizeichen bei ungefähr 425 Hz, eine Piccoloflöte erreicht ihren höchsten Grundton bei etwa 4.200 Hz. Welche Töne – in westlichen Ohren – „harmonisch“ zusammenklingen, folgt mathematischen Regeln, die Pythagoras bereits vor 2.500 Jahren entdeckte. Je einfacher das Zahlenverhältnis der Frequenzen zwischen zwei Tönen, desto besser, reiner und wesensverwandter klingen sie: Verdoppelt man die Frequenz des einen Tons, hat man eine reine Oktave, im Verhältnis 3:2 eine reine Quinte. Was die alten Griechen schon wussten und Komponisten wie Bach und Mozart später verfeinerten, gilt für die Songs von Beyoncé und Justin Bieber immer noch.

Auch andere Kulturen musizieren mit einem Tonsystem aus Grundtönen und als harmonisch empfundenen Abständen, die sich in den Einzelheiten

aber stark unterscheiden: Während sich die europäische Oktave in zwölf Halbtonschritte unterteilt, besteht die arabisches wahlweise aus 17, 19 oder 24 ungleichmäßigen Intervallen. Diese Vierteltöne erscheinen uns in Europa fremd. Noch anders funktioniert es in chinesischen, indischen oder afrikanischen Tonsystemen südlich der Sahara. Musiker sind Mathematiker, manchmal ohne es zu wissen. Sie bauen komplexe Strukturen aus Melodien und Harmonien, Takten und Tonarten. Denkt man sich in ihre Systematik hinein, ist Musik eine Anordnung von Zahlenreihen, Zählweisen und proportionalen Verhältnissen. Je nachdem, wie lang ein Ton gespielt wird, gibt es wie beim Bruchrechnen in der Schule ganze, halbe, Viertel-, Achtel- und Sechzehntelnoten. Und je nachdem, wie groß die Abstände zwischen den einzelnen Tönen auf einer Tonleiter sind (oder genauer: wie viele Halbtöne zwischen einem Dreiklang liegen), klingt ein Stück hell, klar und fröhlich (Dur) oder eher dunkel und traurig (Moll).

Daraus ergeben sich sehr, sehr viele Kombinationsmöglichkeiten. Dass die Songs im Radio dennoch oft ziemlich gleich klingen, hat damit zu tun, dass sich ganz gut berechnen lässt, welche Formeln und Muster uns an Musik berühren. Forscherinnen und Forscher haben einige Akkordfolgen identifiziert, die die Basis vieler Songs sind, die zu Hits wurden. Lenas „Satellite“ oder Helene Fischers „Atemlos“ folgen dem „Four-Chord“-Schema C-Dur / G-Dur / a-Moll / F-Dur. Auch die Beatles setzten schon auf dessen Ohrwurmqualität.

Berührend kann aber auch ein plötzlicher Lautstärkewechsel sein. Oder sogenannte Synkopen, wie sie oft in Jazz, Funk und Reggae vorkommen: Diese Musik empfinden wir nur deswegen als schwungvoller und weniger mechanisch, weil der Rhythmus anders als beim starren Viervierteltakt der Marschmusik leicht verschoben ist – beziehungsweise die Betonung zwischen den Taktschwerpunkten liegt. Es wird also einfach anders gezählt. Mit der Disco- und elektronischen Tanzmusik erlebte aber der gleichmäßig betonte Rhythmus als „4-to-the-floor“ ab den Siebzigern ein Revival.

Wichtig ist natürlich auch, wie schnell oder langsam ein Song ist. Wer sich von Musik antreiben lassen will – beim Joggen oder auf einer Dubstep-Party –, hört am besten 140 Beats per minute, kurz BPM. Härterer Techno in den Clubs ist mit 160 BPM etwas schneller. Herzmassagen funktionieren mit dem Rhythmus von Songs mit einem Tempo von 100 bis 120 BPM besonders gut, also etwa mit „Stayin’ Alive“ von den Bee Gees oder „Dancing Queen“ von Abba.

Zwischen 2012 und 2017 wurden die meisten Popsongs immer langsamer: Das durchschnittliche Tempo der 25 erfolgreichsten Tracks auf Spotify ging von 113,5 auf 90,5 BPM zurück. Erklären kann man das unter anderem mit der kulturellen Dominanz von Hip-Hop, der schon immer langsamer war als andere Genres. Zudem wurden zwischenzeitlich viel mehr Songs in Moll- als in Dur-Tonarten geschrieben als zum Beispiel in den Sechzigern.

Mittlerweile scheint sich der Trend aber wieder umzukehren: Heute liegt das durchschnittliche Tempo von erfolgreichen Songs auf Spotify wieder bei 122 BPM. Die Vermutung ist, dass härtere Zeiten auch dazu führen können, dass wir uns mit positiven, schnellen Songs ablenken wollen.

Auch außerhalb der Musiklehre spielen Zahlen in der Popmusik eine große Rolle, weil technische Veränderungen sie stets genauso prägten wie die kreativen Entscheidungen der Musiker. Dass die meisten Popsongs um die drei Minuten dauern, ist kein Zufall: Song- und Album-längen (und damit auch ihr Aufbau) veränderten sich mit den Speichermedien. Auf eine Schallplatte passte früher eben nur eine begrenzte Länge: zum Beispiel rund vier-einhalb Minuten auf eine Sieben-Inch-Single bei 45 Umdrehungen pro Minute. Mit der Weiterentwicklung der Tonträger wurden Popsongs bis in die Neunziger immer länger und mit üppigeren Intros und Bridges ausgestattet. Seit ein paar Jahren – mit dem Erfolg von Spotify und TikTok – werden sie wieder viel kürzer. Etwa 80 Prozent der meistgestreamten Songs sind heute unter vier Minuten lang. Wer nicht geskippt werden will, muss schnell zum Punkt kommen. ☞

Hört sich doch gut an! Warum Musik unheimlich viel mit Mathematik zu tun hat

Federal Housing Estate
Primary School, Victoria Island,
Lagos, Nigeria, Religion

Die Not



mit den

Noten



Agnes-Miegel-Realschule,
Düsseldorf, Deutschland,
Politik

Wer kennt es nicht: dieses Gefühl, wenn der Notendurchschnitt der Klassenarbeit an die Tafel geschrieben wird und man unauffällig im Klassenraum die ängstlichen Gesichter auszumachen versucht. Wie gut stehe ich da? Oder bringe ich die nächste Vier mit nach Hause? „Ich halte es für wichtig, vom Notensystem wegzukommen“, sagt Imke Hamann. „Es erzeugt extrem viel Druck, und man verliert etwas den Spaß an der Schule.“ Die 16-Jährige besucht aktuell die zehnte Klasse der IGS List in Hannover. Noten hat sie erstmals in der achten Klasse bekommen. Davor bestand die Leistungsbewertung aus einer Feedbackkultur, für die ihre Schule 2018 mit dem Deutschen Schulpreis ausgezeichnet wurde.

„Ich halte Noten nicht für lernförderlich“, stimmt auch Schulleiterin Petra Hoppe zu. „Sie führen dazu, dass sich die Schülerinnen und Schüler untereinander vergleichen, und zu Frustration.“ Mit dieser Meinung ist die 56-Jährige nicht allein. Seit Jahren wird über den Sinn von Schulnoten gestritten. Verschiedene Studien haben nachgewiesen, dass Noten nur bedingt aussagekräftig sind. Das fängt bereits beim Notendurchschnitt an der Tafel an: So können sich Schülerinnen und Schüler zwar im Vergleich zur eigenen Klasse einschätzen. Der Vergleich mit anderen Klassen, Schulen oder sogar Bundesländern ist jedoch kaum möglich. Zudem: Wie die Noten entstanden sind, bleibt oft unklar und ist auch je nach Leistungsstärke der Klasse verschieden.

Mit der Einführung des Zentralabiturs sollte zumindest eine Vergleichbarkeit innerhalb der einzelnen Bundesländer erreicht werden – schließlich schwitzen dort dann alle vor denselben Abituraufgaben. Doch trotz vorgegebener Bewertungskriterien hängt besonders in den Sprachen oder gesellschaftlichen Fächern viel von der Einschätzung der einzelnen

Lehrkräfte ab. Dennoch wird auch über ein bundesweites Zentralabi diskutiert, um die schulischen Leistungen besser vergleichen zu können.

Aber wäre ein Zentralabi wirklich gerechter? Schulleiterin Hoppe hat Zweifel. „Eine Drei sagt bei dem einen Schüler etwas ganz anderes aus als bei einem anderen Schüler.“ So kann etwa bei der einen die mündliche Mitarbeit gut sein, während der andere bei Klassenarbeiten

glänzt. Auch persönliche Entwicklungen und Lernerfolge können Noten nicht darstellen. Eine Note, die für sich steht, ist nicht in der Lage, die Bandbreite und Vielfalt der einzelnen Fächer treffend abzubilden. So sagt etwa eine Zwei in Deutsch wenig darüber aus, ob der Schüler oder die Schülerin über eine gute Grammatik und Rechtschreibung verfügt, kreativ schreiben kann oder pointiert Gedichte analysiert.

An Imkes Schule läuft es daher anders – statt Noten steht hier ein regelmäßiges Feedback im Vordergrund. Neben dem Lernentwicklungsbericht, kurz LEB, der halbjährig als Zeugnis dient, spielt auch die Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler eine große Rolle. Regelmäßig füllen sie einen Feedbackbogen aus, in dem sie ihre Stärken und Schwächen einschätzen. Anschließend können sie sich mit Lehrkräften oder ihren Mitschülerinnen und Mitschülern darüber austau-

Die ganze Schulzeit hängt von Zensuren ab. Aber sind die überhaupt gerecht? Und ginge es nicht auch anders? Analyse eines „ungenügenden“ Systems

Von Lea van der Pütten

Fotos: aus der „Classroom Portraits“-Serie von Julian Germain

schen. „Das Ziel ist es, den Lernprozess in die Hände der Schülerinnen und Schüler zu legen“, erklärt Schulleiterin Hoppe die dahinterliegende Idee. Ergänzt wird dieses Feedback durch regelmäßig stattfindende Gespräche zwischen den Schülerinnen und Schülern, Eltern sowie den Lehrkräften. Das gesammelte Feedback wird über das ganze Schuljahr im sogenannten Lernentwicklungsordner, LEO, zusammengetragen.

Dieses Bewertungssystem kommt auch bei den Schülerinnen und Schülern gut an. „Mich hat es immer motiviert, gesagt zu bekommen, was man gut gemacht hat, und auch, welche Punkte man noch verbessern kann“, sagt Imke. „Die Mischung den Gesprächen und Feedbackbögen, Lob und Kritik, macht es aus.“ Und ihr Mitschüler Joshua Derksen ergänzt: „Außerdem müssen die Lehrer das Feedback viel stärker begründen und erklären, warum sie einen so eingeschätzt haben. Das macht es im Vergleich zu Noten objektiver.“

Aber warum sind Noten bei all der Kritik noch immer vorherrschend im deutschen Bildungssystem? „Ich denke, Schulnoten sind einfach zu vergeben. Sie erfüllen das Bedürfnis nach Rückmeldung und implizieren einen objektiven Charakter, ohne dabei aber objektiv zu sein“, glaubt Schulleiterin Hoppe. Gerade an Bildungsübergängen, etwa vor dem Schulwechsel auf die weiterführende Schule oder die gymnasiale Oberstufe, aber auch nach dem Schulabschluss, erfüllen Schulnoten wichtige Funktionen: Sie sind einfach, verrechenbar und justiziabel. Das erkennt auch Rebecca Barchet. Die Schülerin steht kurz vor ihrem Wechsel in die gymnasiale Oberstufe. „Jetzt, kurz vor dem Abschluss der zehnten Klasse, ist es schon gut, zu sehen, welche Noten man hat. So kann man besser einschätzen, wo man steht, und sieht, wo man sich noch verbessern muss.“

Seit der achten Klasse bekommen auch Imke, Joshua und Rebecca Schulnoten – eine Regelung, die die Schule auch zur Vorbereitung auf die Abschlussprüfungen in der zehnten Klasse getroffen hat. Eine Umstellung, an die sich die drei erst einmal gewöhnen mussten. „Die Noten erzeugen auf mich einen ziemlichen Druck. Wenn ich zuvor die Rückmeldung bekam, dass ich die Lernziele erreicht habe, war ich immer zufrieden. Um jetzt zufrieden zu sein, muss ich schon eine Eins oder Zwei schreiben“, erzählt Imke. Ein Anspruch, den sie nicht immer erfüllen kann und der ihr teilweise den Spaß an der Schule nimmt. ⌞

Ob in Deutschland oder in Nigeria: Fast überall in der Welt werden Schulnoten vergeben. Für seine Fotoserie „Classroom Portraits“ geben wir dem Fotografen Julian Germain ein glatte 1

Mathe so erklären, dass es Spaß macht? Susanne Scherer scheint das hinzubekommen, jedenfalls lassen sich von ihr Hunderttausende auf ihrem YouTube-Kanal „MathemaTrick“ das Rechnen erklären. Wir haben sie mal gefragt, was ihre Erfolgsformel ist – und wie man den Matheunterricht verbessern könnte

Interview: Noelle Konate

„Wie ein Exit-Game“

Susanne, du bist eigentlich gelernte Mediengestalterin. Wie kommst du denn zur Mathematik?

Vor meiner Ausbildung zur Mediengestalterin habe ich einen Mathematik-Bachelor gemacht. Ich war bereits in der Schule sehr gut in Mathe, weil ich mich mit der Struktur und den Regeln wohlfühlt habe. Außerdem hatte ich in der Oberstufe das Glück, einen richtig guten Mathelehrer zu haben. Nach der Stunde gab es immer eine schriftliche Zusammenfassung des Gelernten, damit man währenddessen nicht mit-schreiben musste. So konnte ich mich auf den Stoff konzentrieren.

Wie ließe sich denn Mathe lebensnäher vermitteln?

Eine Möglichkeit wäre, Leute vom Fach in die Schule einzuladen. Input aus der Realität würde den Schülern zeigen, wofür sie Mathe später brauchen. Ich könnte mir zum Beispiel einen Vortrag von einem Steuerberater gut vorstellen, das kommt in der Schule zu kurz.

Das ist ja auch eine häufige Kritik am Matheunterricht. Statt sich lebensnah mit der Steuererklärung auseinander-

zusetzen, muss man zum Beispiel Vektoren lernen. Braucht man das später im Leben überhaupt noch mal?

Kann schon sein. Tatsächlich hat mich neulich eine Freundin angerufen, die sich von mir die Vektorenrechnung erklären ließ. Sie brauchte diese für eine Arbeit in Psychologie. In einem Kommentar unter meinem Video stand mal: „Von allem, was man lernt, braucht man irgendwann nur noch 20 Prozent. Aber man weiß jetzt nicht, welche 20 Prozent.“

Welche Rückmeldungen bekommst du, was Schülerinnen und Schüler am Matheunterricht in der Schule stört?

Meist liegt das Problem gar nicht am Thema, sondern an den Grundlagen. Die wenigsten können zum Beispiel so etwas wie ein halb plus ein Drittel im Kopf rechnen. Oft erzählen mir die Leute, dass die Lehrer die Basics nicht noch einmal erklären. Lehrkräfte sollten jedoch nicht voraussetzen, dass jemand das Wissen aus der fünften Klasse in der zehnten Klasse noch beherrscht. Das geht einfach verloren, und das ist normal.

Siehst du darin auch einen Grund, warum so viele Angst vor Mathe haben?

Wer Mathe gut kann, gilt als intelligent. Ist das nicht der Fall, wird man schnell als dumm abgestempelt. Ich glaube, das hemmt viele, Fragen zu stellen. Gleichzeitig ist Mathe ein abstraktes Fach, das oft wenig mit unserem Alltag zu tun hat. Viele fragen sich: „Wozu soll ich das machen?“ Sie fühlen sich gefangen in diesem System und müssen da irgendwie durch. Besonders fehlt vielen der Bezug zur Realität im Matheunterricht.



San Chung Senior High School, Sanchong City, Taipei County, Taiwan, Shin (Glaube)

Was versuchst du, in deinen Videos besser zu machen?

Ich versuche, alles sehr ausführlich Schritt für Schritt zu erklären. Außerdem spreche ich langsam, damit alle mitkommen. Einer hat einmal geschrieben: „Du erklärst es so, als wäre man ein bisschen dumm, aber das ist perfekt.“ Die Wortwahl, die ich benutze, ist nicht besonders wissenschaftlich, denn Leute können sich unter einer „Hochzahl“ viel mehr vorstellen als unter einem Exponenten. Mir ist es wichtig, dass ich mit meiner Sprache niemanden abschrecke. Ich merke auch, dass Mathe-rätsel vielen Spaß machen. Sie können knobeln, lernen nebenbei noch viel Mathematik und merken es gar nicht. Es ist wie ein Exit-Game, bei dem man den Satz des Pythagoras braucht oder Primzahlen wissen muss. ↩



Susannes Tutorials gucken nicht nur Schülerinnen und Schüler – sondern Menschen aus allen Altersklassen.

Omar Bin Alkahabab Science
Secondary School for Boys, Doha,
Katar, Religion



Nab Wood School,
Bingley, West Yorkshire,
England. Mathematik

- Dagon. 1 $\Rightarrow$ Rank
- Dagon. 2 $\Rightarrow$ Rank
- Seitenlage Mittendurch $\Rightarrow$ 1/2 Seiten $\Rightarrow$ (Strahlentherapie)
- 400h best. Umkreis $\Rightarrow$ $\frac{1}{x} = 1$
- Reinphasenverteilung: Seite $\Rightarrow$ "verschoben" = gleich lag

Mittelsenkrechte: $d(M, A) = d(M, B)$

Strahlenlsg: • Strahlensatz

Höhenlsg: • Höhensatz

• Umkehr: $\cos \alpha = \frac{\text{Ank}}{\text{Hypothen.}}$
 • offene Abzählung: Welches St.
 (z.B. Bewegungen (Spiegeln, Drehen))

f. $\mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$ Stetig
 $\sigma = (\sigma_1, \dots, \sigma_n) \in$
 $\text{Var}(\sigma_1, \dots, \sigma_n) = \sigma$
 alle σ mit $\sigma_i \neq \sigma_j$
 alle σ Permutationen

f. $\mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$
partial offener
 alle $\text{Diff}^k(\sigma)$ Permutationen
 $\mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$
partial offener
 alle $\text{Diff}^k(\sigma)$ Permutationen

$f(x) = \frac{1}{x^2} = x^{-2}$
 $f'(x) = -2x^{-3} = -\frac{2}{x^3}$
 $f''(x) = \frac{6}{x^4}$
 $f'''(x) = -\frac{24}{x^5}$
 $f^{(4)}(x) = \frac{120}{x^6}$
 $f^{(5)}(x) = -\frac{720}{x^7}$
 $f^{(6)}(x) = \frac{5040}{x^8}$
 $f^{(7)}(x) = -\frac{35280}{x^9}$
 $f^{(8)}(x) = \frac{302400}{x^{10}}$
 $f^{(9)}(x) = -\frac{2721600}{x^{11}}$
 $f^{(10)}(x) = \frac{27216000}{x^{12}}$
 $f^{(11)}(x) = -\frac{299376000}{x^{13}}$
 $f^{(12)}(x) = \frac{3592512000}{x^{14}}$
 $f^{(13)}(x) = -\frac{50695056000}{x^{15}}$
 $f^{(14)}(x) = \frac{749325830400}{x^{16}}$
 $f^{(15)}(x) = -\frac{11239887456000}{x^{17}}$
 $f^{(16)}(x) = \frac{187838199296000}{x^{18}}$
 $f^{(17)}(x) = -\frac{3381087589248000}{x^{19}}$
 $f^{(18)}(x) = \frac{62840665895616000}{x^{20}}$
 $f^{(19)}(x) = -\frac{1213972632017280000}{x^{21}}$
 $f^{(20)}(x) = \frac{24279452640345600000}{x^{22}}$
 $f^{(21)}(x) = -\frac{485589052806912000000}{x^{23}}$
 $f^{(22)}(x) = \frac{9711781056138240000000}{x^{24}}$
 $f^{(23)}(x) = -\frac{194235621122764800000000}{x^{25}}$
 $f^{(24)}(x) = \frac{3884712422455296000000000}{x^{26}}$
 $f^{(25)}(x) = -\frac{77694248449105920000000000}{x^{27}}$
 $f^{(26)}(x) = \frac{1553884968982118400000000000}{x^{28}}$
 $f^{(27)}(x) = -\frac{31077699379642368000000000000}{x^{29}}$
 $f^{(28)}(x) = \frac{621553987592847360000000000000}{x^{30}}$
 $f^{(29)}(x) = -\frac{12431079751856947200000000000000}{x^{31}}$
 $f^{(30)}(x) = \frac{248621595037138944000000000000000}{x^{32}}$
 $f^{(31)}(x) = -\frac{4972431900742778880000000000000000}{x^{33}}$
 $f^{(32)}(x) = \frac{99448638014855577600000000000000000}{x^{34}}$
 $f^{(33)}(x) = -\frac{1988972760297111552000000000000000000}{x^{35}}$
 $f^{(34)}(x) = \frac{39779455205942231040000000000000000000}{x^{36}}$
 $f^{(35)}(x) = -\frac{795589104118844620800000000000000000000}{x^{37}}$
 $f^{(36)}(x) = \frac{15911782082376892416000000000000000000000}{x^{38}}$
 $f^{(37)}(x) = -\frac{318235641647537848320000000000000000000000}{x^{39}}$
 $f^{(38)}(x) = \frac{6364712832950756966400000000000000000000000}{x^{40}}$
 $f^{(39)}(x) = -\frac{127294256659015139328000000000000000000000000}{x^{41}}$
 $f^{(40)}(x) = \frac{2545885133180302786560000000000000000000000000}{x^{42}}$
 $f^{(41)}(x) = -\frac{50917702663606055731200000000000000000000000000}{x^{43}}$
 $f^{(42)}(x) = \frac{1018354053272121114624000000000000000000000000000}{x^{44}}$
 $f^{(43)}(x) = -\frac{20367081065442422292480000000000000000000000000000}{x^{45}}$
 $f^{(44)}(x) = \frac{407341621308848445849600000000000000000000000000000}{x^{46}}$
 $f^{(45)}(x) = -\frac{8146832426176968916992000000000000000000000000000000}{x^{47}}$
 $f^{(46)}(x) = \frac{162936648523539378339840000000000000000000000000000000}{x^{48}}$
 $f^{(47)}(x) = -\frac{3258732970470787566796800000000000000000000000000000000}{x^{49}}$
 $f^{(48)}(x) = \frac{65174659409415751335936000000000000000000000000000000000}{x^{50}}$
 $f^{(49)}(x) = -\frac{1303493188188315026718720000000000000000000000000000000000}{x^{51}}$
 $f^{(50)}(x) = \frac{26069863763766300534374400000000000000000000000000000000000}{x^{52}}$
 $f^{(51)}(x) = -\frac{521397275275326010687488000000000000000000000000000000000000}{x^{53}}$
 $f^{(52)}(x) = \frac{10427945505506520213749760000000000000000000000000000000000000}{x^{54}}$
 $f^{(53)}(x) = -\frac{208558910110130404274995200000000000000000000000000000000000000}{x^{55}}$
 $f^{(54)}(x) = \frac{4171178202202608085499904000000000000000000000000000000000000000}{x^{56}}$
 $f^{(55)}(x) = -\frac{834235640440521617099980800}{x^{57}}$
 $f^{(56)}(x) = \frac{16684712808810432341999616000}{x^{58}}$
 $f^{(57)}(x) = -\frac{3336942561762086468399923200}{x^{59}}$
 $f^{(58)}(x) = \frac{6673885123524172936799846400}{x^{60}}$
 $f^{(59)}(x) = -\frac{133477702470483458735996928000}{x^{61}}$
 $f^{(60)}(x) = \frac{26695540494096691747199385600}{x^{62}}$
 $f^{(61)}(x) = -\frac{533910809881933834943987712000}{x^{63}}$
 $f^{(62)}(x) = \frac{106782161976386766988797542400}{x^{64}}$
 $f^{(63)}(x) = -\frac{2135643239527735339775950848000}{x^{65}}$
 $f^{(64)}(x) = \frac{427128647905547067955190169600}{x^{66}}$
 $f^{(65)}(x) = -\frac{8542572958110941359103$

$\{ + f(x) - g(x) \} \cdot \frac{i-1}{1+i} \cdot \frac{i-1}{1+i} = -1$
 also $\frac{x}{x^2+1} \leq \frac{x}{x^2} = \frac{1}{x}$
 $\Rightarrow |1| \Rightarrow \|f_n - f_m\| \leq \|f_n \cdot \frac{1}{n}\|$
 $\exp^{y \ln x} = e^{\frac{y}{\ln x} \ln x}$ $x^n = a \Leftrightarrow x = a^{\frac{1}{n}}$
 $a = b \cdot c \Rightarrow a^2 =$
 $f-g > 0 \Rightarrow f > g$
 $g = \ln x + \ln y$ $\frac{\exp x}{\exp y} = \exp$
 $\frac{2K}{\infty} = \exp(2) - \sum_{k=0}^{\infty} \frac{2^k}{k!}$
 $(\forall k) \sum_{k=0}^{\infty} 2^k \leq \frac{2 \cdot a \cdot n}{|2-1|}$
 $R_0(x) \leq 2 \cdot |x|$
 $\frac{y^2}{2} \leq \text{passend}$
 $? |f'(c)| \in \varepsilon$ Kontext
 falls f diff'bar $\Rightarrow$ hastetly! $\lim$
 $\lim \frac{n!}{n!} = 0$ Polard: $S. 60$

Links seht ihr den Spickzettel unseres Autors. Und an dem sieht man schon: So ein Mathestudium ist hart. So hart, dass er froh war, auch noch Philosophie zu studieren. Eine persönliche Bilanz

Von Timo Reuter

Da saß ich nun in der Klausur – ausgerüstet mit zahllosen Stiften, einem Taschenrechner und einem riesigen Spickzettel. Doch der konnte mir ohnehin nicht mehr als ein paar Formeln liefern – auf den Lösungsweg musste ich selber kommen. Selbst ein Telefonjoker hätte mir nicht weitergeholfen: Wen hätte ich anrufen sollen? Kaum jemand aus meinem Bekanntenkreis konnte noch verstehen, was hier vor sich geht: dass z.B. Bernstein-Polynome keine fossilen Schmuckstücke sind, sondern ein geeignetes Hilfsmittel, um den Weierstraßschen Approximationssatz zu beweisen. Man könnte sagen, mein Mathestudium war bisher eine stetige Funktion – und die war gerade an ihrem lokalen Tiefpunkt angelangt.

Immerhin: Vier Semester hatte ich bereits durchgehalten. Ein beachtlicher Erfolg, wie ich fand. Denn um an besagtem Freitagmittag überhaupt über der Klausur zur „Funktionentheorie“ verzweifeln zu dürfen, musste ich jede Woche mindestens die Hälfte aller Übungsaufgaben lösen – so wie in all den Semestern für all die Klausuren zuvor auch schon. Ein Übungsblatt beanspruchte dabei schon mal ein ganzes Wochenende.

Mathe ist hart, da gab es längst keine Zweifel mehr. Und diese Härte hat Folgen: 58 Prozent der Studierenden brechen ihr Bachelorstudium an Univer-

sitäten vorzeitig ab. Warum also tat ich mir das überhaupt an?

Eigentlich begann die Geschichte harmlos: Weil ich Mathe als jugendlicher weniger schlimm fand als andere Fächer, entschied ich mich für den Leistungskurs. Und nachdem ich auch dort keine größeren Probleme hatte, landete ich an der Marburger Philipps-Universität: Mathematik und Philosophie auf Gymnasiallehramt. Am Anfang meiner persönlichen Mathefunktion stand also jugendliche Intuition.

Das Studium veränderte mein Denken. In meinem Kopf ging es mitunter äußerst abstrakt zu: Überall sah ich Formen und Formeln. Oft rechnete ich Beträge beim Einkauf schneller aus als die Kasse. Ich lernte, Probleme zu lösen, indem ich alle möglichen Sachverhalte in die Sprache der Mathematik übersetzte. Das heißt: Man verallgemeinert und vergleicht, man klassifiziert und konkretisiert. Ja, ich wurde zum Freak.

Ich versuchte sogar, mein Umfeld mit dem Mathevirus zu infizieren, vergebens. Wurde ich auf Unipartys gefragt, was ich denn studiere, verschwieg ich das mit den Zahlen irgendwann lieber – einfach um einen schönen Abend zu haben. Schließlich gilt man schnell als Nerd.



Der große Universalgelehrte Galileo Galilei glaubte, dass „das Universum in der Sprache der Mathematik geschrieben“ sei. Ich habe während meines Studiums unzählige Stunden mit den Fibonacci-Zahlen (siehe S. 15), der ebenso magischen Kreiszahl Pi oder dem Umgang der Mathematik mit der Unendlichkeit verbracht.

Bei alledem tauchte immer wieder die Frage auf: Hatte Galilei recht – oder ist die Mathematik doch nur eine KopfgGeburt, wenngleich eine sehr ausgefuchste?

Solch spannende philosophische Fragen aber wurden im Mathestudium nicht

diskutiert – man kann dabei schließlich weder rechnen noch etwas beweisen. Für mich blieb die Mathematik daher leider in ihrem eigenen System gefangen. Besser aufgehoben war ich in meinem anderen Studienfach. Auch dafür ist Logik wichtig – und doch ist Philosophie so viel mehr: Sie stellt sich selbst infrage und kommt aphoristisch daher, sie ist politisch, kreativ – und lässt den Studierenden Freiheiten.

Je mehr mich die Philosophie faszinierte, desto schwieriger war es, mich für Mathe zu begeistern. Meinen Abschluss habe ich nach einigen Semestern Unipause dennoch gemacht. Am Ende war es weniger meine Faszination als mein Ehrgeiz, der mich dorthin brachte – aber nicht weiter. Nach dem Studium bin ich weder Lehrer geworden, noch habe ich mich weiter mit Mathe befasst. Vielmehr bin ich endlich meiner Leidenschaft gefolgt. Irgendwann muss eine jugendliche Entscheidung ja auch mal ein Ende finden. Nach echten Punkten, konkaven Vielecken und Fibonacci-Zahlen freilich halte ich noch immer Ausschau.

Die Burg der Daten

Von Arno Frank
Fotos: Marc Krause

Als das letzte Mal penibel nachgezählt wurde, lebten in Deutschland nicht 83.222.441 oder 83.222.443, sondern ganz genau 83.222.442 Menschen. Es dauert gute fünf Sekunden, diese Zahl überhaupt nur auszusprechen. Dreiundachtzig-millionenzweihundertzweiundzwanzigtausendvierhundertzweiundvierzig. Diese Zahl ist ein Monstrum.

Sie wird auch nicht handlicher, wenn man sie unterteilt – etwa in 42.161.888 weibliche, 41.060.554 männliche oder insgesamt 10.787.175 Menschen ohne deutschen Pass, die aber in der Bundesrepublik gemeldet sind. Eine Illusion ist außerdem ihre absolute Präzision.

Der aktuelle Stand der Erhebung ist der 30. September 2021. Und die Zahl war vielleicht schon an diesem Stichtag nicht mehr korrekt. Es gibt Umzüge, Sterbefälle und Ge-

Wer kommt, wer geht? Sarah Weißmann und Jan Eberle wissen genau, wer in Deutschland lebt



burten, Menschen wechseln die Staatsangehörigkeit oder das Geschlecht. Die Daten in den Meldeämtern ändern sich von Tag zu Tag. Und trotzdem ist diese Illusion etwas, mit dem gearbeitet werden kann – alles andere also als eine Schätzung oder eine „gefühlte Wahrheit“. Die Zahl ist ein Näherungswert, wie er näher derzeit nicht machbar ist. Und an dieser Zahl hängt viel: von der Sitzverteilung im Europäischen Parlament über Zahlungen aus Deutschland nach Brüssel oder die Zuschnitte von Wahlkreisen. Und auch, wie viel Geld jedes Bundesland zur Verfügung hat.

Destatis, wie das Statistische Bundesamt abgekürzt wird (und wie auch seine Internetadresse lautet), ist ein gigantischer Datenstaubsauger, der die Zahlenkolonnen und Ziffernpartikel nicht nur sammelt, sondern auch in Zusammenhänge bringt und auswertet. Demografie, Handwerk, Sozialhilfe, Haushalt, Gewerbe, Bildung, Forschung, Wirtschaft, Steuern, Verkehr, Energie, Arbeitsmarkt, Wohnungen – wo und wie auch immer sich Deutschland statistisch erfassen lässt, geschieht das hier, immer in Abstimmung mit den Melderegistern, Finanzämtern und anderen Erhebungsstellen der Länder und Kommunen.

Die Behörde hat ihren Hauptsitz in der hessischen Landeshauptstadt Wiesbaden. Rechnet man die Standorte in Bonn und Berlin hinzu, arbeiten gut 2.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei Destatis. Einer davon ist Stefan Dittrich, der lächelnd erklärt: „Vielleicht kann man sagen, dass wir erst die Wirklichkeit in Zahlen verwandeln und dann die Zahlen wieder in Wirklichkeit.“

Wie viele sind wir?
Wo wohnen wir? Was machen wir beruflich – und wie kommen wir zur Arbeit?
Brauchen wir wirklich mehr Straßen oder doch eher Radwege? Beim Statistischen Bundesamt sucht man in den Zahlen nach Antworten.
Ein Besuch

Schon das Haus hat was
Mathematisches: Zentrale
des Statistischen Bundes-
amtes in Wiesbaden



Etwa 400 Statistiken aus allen nur denkbaren Bereichen werden in der Behörde laufend erstellt und bearbeitet, und Dittrich ist in leitender Funktion für eine wahre Herkulesaufgabe zuständig: den Zensus 2022. Es ist, nach dem Zensus 2011, die zweite komplette Volkszählung seit der Wiedervereinigung. Dafür werden in den kommenden Monaten etwa 10,3 Millionen Menschen per Zufall ausgewählt und befragt – u. a. nach Alter und Geschlecht, Staatsangehörigkeit, Bildungsstand und Beruf. Ein Schwerpunkt liegt dieses Mal auf dem Thema Wohnen – es geht also um Miethöhe, Wohnungsgrößen und Leerstand.

Von der Insel in der Nordsee bis zum Einsiedlerhof in den Alpen: Ein Heer von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern wird bundesweit ausschwärmen und an Türen klopfen. Die Mithilfe verweigern darf man nicht. Wer zufällig ausgewählt wurde, muss Auskunft erteilen, Bürgerpflicht. Die Bundesrepublik wiederum ist von der EU verpflichtet, diese Erhebung durchzuführen. „Was wir tun, ist kein Selbstzweck“, sagt Dittrich. „Es dient der Wissenschaft, es dient der Politik, es dient der Objektivierung – und damit uns allen.“

Das sehen manche anders: Bei den vorherigen Zählungen formierte sich zum Teil starker Widerstand. Vor der damals noch „Volkszählung“ genannten Erhebung unter sämtlichen Einwohnern 1987 legten Bürgerinnen und Bürger sogar Be-

Auf uns könnt ihr nicht zählen! Gegen die „Volkszählung“ 1987 gingen noch Tausende auf die Straße





„Die Wirklichkeit
in Zahlen verwandeln“ –
Destatis-Mitarbeiter
Stefan Dittrich

schwerde beim Verfassungsgericht ein, da sie fürchteten, die erhobenen Daten könnten missbraucht werden.

Die große Zählung ist so etwas wie die Inventur im Supermarkt. Was ist da, was nicht? Wo braucht es mehr Kindergärten? Wo lohnen sich neue Straßen, neue Bahnlinien? Wie wird in Deutschland geheizt? Wer ist erwerbstätig, arbeitslos oder zu jung zum Arbeiten? Im Grunde gibt es zu den meisten Punkten Auskünfte bei den Meldeämtern, aber die sind zu unvollständig, um Aussagen im bundesweiten Zusammenhang treffen zu können. Daher braucht es die Volkszählung.

Sarah Weißmann vom Referat für die Bevölkerungsfortschreibung beschäftigt sich mit der Zusammensetzung der Bevölkerung. Auch für ihren Bereich liefert der Zensus 2022 neue, wichtige Daten. Sie weist auf die sogenannte Bevölkerungspyramide hin, „die man ja meistens schon aus der Schule kennt“. Hier wird die Einwohnerschaft grafisch so dargestellt, dass sich auf den ersten Blick schon ihre Überalterung ablesen lässt. „In den letzten Jahren“, fügt Weißmanns Kollege Jan Eberle hinzu, „ist Deutschland nur deswegen nicht geschrumpft, weil wir so viel Zuwanderung

haben.“ Momentan kommen die meisten Menschen aus der Ukraine nach Deutschland. Auch wenn viele von ihnen wieder in die Heimat wollen, werden einige dauerhaft hier leben. Auch hierzu hält Destatis Politiker und Medien auf dem Laufenden. Dasselbe gilt für die Coronapandemie: Beim Versuch, ihren Verlauf im Blick zu behalten und in den Griff zu bekommen, tauscht man sich mit dem Robert-Koch-Institut aus. „Unsere Zahlen“, sagt Sarah Weißmann, „machen die Lage auch international erst vergleichbar.“

Gespannt sind alle im Amt nun auf den „Zensus 2022“, auch weil die Zahl von 83.222.442 höchstwahrscheinlich keinen Bestand haben wird. „Unsere Berechnungen“, erklärt Eberle, „tendieren dazu, über lange Zeit gewisse Fehler aufzubauen.“

Die Ergebnisse des Zensus wirken sich auf viele politische Prozesse aus – nicht nur auf die Anzahl der Schulen oder Kindergärten oder etwa auf neue Radwege im Land. Für die Bundesländer, Städte und Gemeinden geht es ganz handfest um Geld. Darum, wie viel jedes Bundesland aus dem Länderfinanzausgleich bekommt oder wie viele Fördermittel der EU wo in der Land- und Stadtentwicklung ausgegeben werden können.

Beim letzten Zensus 2011 stellte sich heraus, dass Berlin quasi über Nacht rund 180.000 Einwohner und Einwohnerinnen weniger hatte, als zuvor angenommen worden war. Als Ergebnis bekam die Hauptstadt 470 Millionen Euro weniger aus dem Topf des Länderfinanzausgleichs überwiesen. $\blacktriangleleft$

Zahlen, bitte! Teil 2:

Von Katharina Wellems

Sportlich, die Nummer

Klar, gerade während der Coronapandemie war ein Trikottausch keine gute Idee. Doch auch in den Jahren vor der Pandemie bekamen Fans nur noch selten nackte Haut im Fußball zu sehen – denn immer mehr Fußballprofis tragen eine Art Sport-BH drunter. Was das soll? Ganz einfach: Darin steckt eine Menge Technik, die die Leistung der Sportlerinnen und Sportler während des Spielens misst und berechnet. Solche Trackingsysteme liefern per GPS und Sensoren Daten über jede Bewegung auf dem Platz. So werden Schrittzahl, Herzfrequenz und viele weitere Parameter gemessen. Wer hat die meisten Sprints gemacht? Welche Geschwindigkeiten wurden erreicht? Alles wird in einer Daten-

bank gesammelt und über einen Algorithmus miteinander in Beziehung gesetzt, um Stärken und Schwächen der Sportprofis zu erkennen. Mittlerweile können so komplexe Daten erhoben werden, dass sie auch Aufschluss darüber geben, wie hoch die körperliche Belastung der Spielerinnen und Spieler ist. Verletzungen könnten so vermieden werden. Im Football, wo die Verletzungsgefahr durch Tacklings besonders hoch ist, werden dazu auch Tracker im Mundschutz eingesetzt. Die Sensoren zeichnen auf, was mit dem Kopf der Spieler passiert, wenn sie zum Beispiel zu Boden gerissen werden. Mithilfe der Daten soll zukünftig Equipment wie Helme und Gesichtsschutz verbessert werden.

Studien zeigen jedoch, dass die Datenfülle, die die Tracker liefern, auch überfordern kann: Die verschiedenen Systeme bieten so viele Analysemöglichkeiten, dass man genau wissen muss, welche Informationen



wirklich relevant sind. Und nur weil ein Sportprofi einen Kilometer mehr läuft als ein anderer, muss er nicht unbedingt besser im Spiel sein.

Das Tracking liefert Ergebnisse in Echtzeit – theoretisch könnten Trainerinnen und Trainer also schon während des Spiels reagieren –, doch zumindest in Deutschland ist der Zugriff auf die Analysedaten während laufender Spiele verboten. Schließlich liegt der Reiz im Sport ja nicht darin, dass das Ergebnis von außen beeinflusst werden kann. Es sei denn, man hat darauf gewettet.

Dieser Text steigert dein Wissen um 200

%

Zahlen besitzen eine enorme Überzeugungskraft. Kein Wunder, dass Statistiken in den Medien so oft zum Einsatz kommen. Doch sie zeigen immer nur einen Ausschnitt aus der Wirklichkeit. Ein paar Tricks, mit denen Statistiken uns zu manipulieren versuchen – und wie du sie entlarven kannst

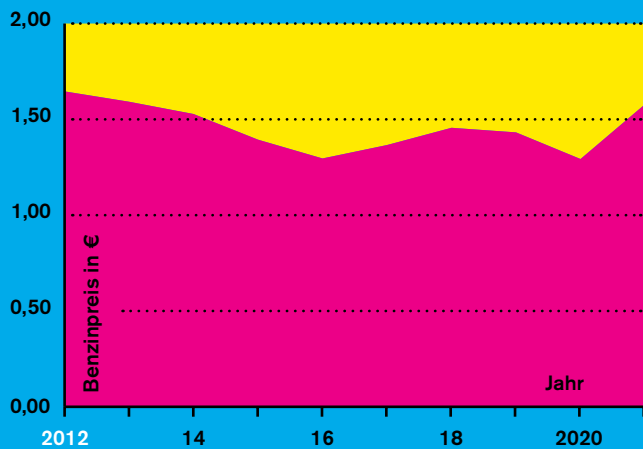
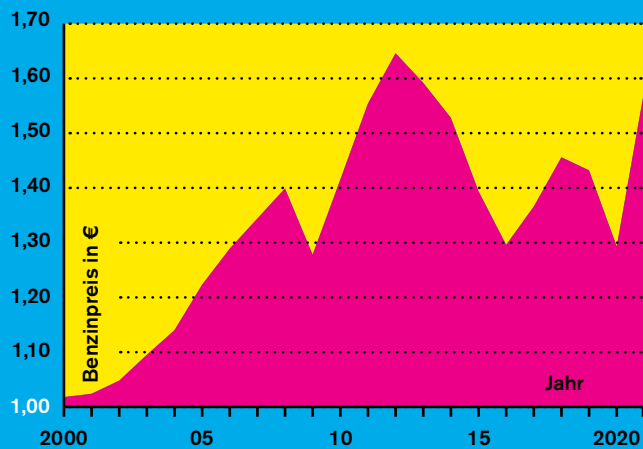
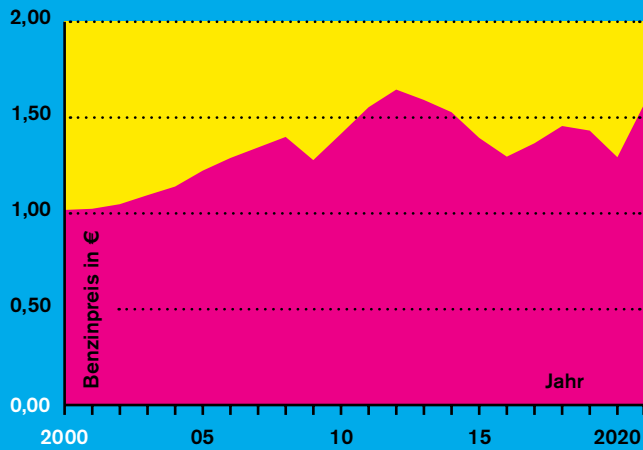
„Es gibt drei Arten von Lügen“, soll schon vor rund 150 Jahren der damalige britische Premierminister Benjamin Disraeli gesagt haben: „Lügen, verdammte Lügen und Statistiken.“ Ganz so drastisch muss man es nicht sehen, denn oft besitzen Statistiken einen hohen Informationswert. Dennoch lohnt es sich, genauer hinzuschauen, denn viele Statistiken machen einen Ausschnitt der Wirklichkeit zwar leicht verständlich, aber manche lassen dabei auch viele Informationen weg – und manchmal vielleicht sogar die entscheidenden.

Trick 1

Mehr Drama, Baby!

Wer in den letzten Wochen tanken musste, hat wahrscheinlich spätestens beim Bezahlen wegen der kräftig gestiegenen Benzinpreise geflucht. Klar, dass in den Medien viel darüber berichtet wurde – auch in Form von Grafiken. Und falls manchen Medien der Anstieg der Benzinpreise noch nicht dramatisch genug war, griffen sie zu einem der am häufigsten genutzten Tricks: der abgeschnittenen Achse. Denn wenn die Preisachse nicht bei null Cent beginnt, sondern beispielsweise bei 1,50 Euro, wirkt jede Veränderung wie unter einer Lupe gleich deutlich bedrohlicher. Auf dieselbe Weise kann man auch die Tendenz bestimmen: Im Jahr 2021 kostete ein Liter Super im Schnitt 1,58 Euro, im Jahr zuvor nur 1,29 Euro. Aber steigen die Benzinpreise auch langfristig an? Je nachdem, mit welchem Jahr eine Statistik beginnt, lassen sich völlig unterschiedliche Aussagen treffen. Beginnt sie mit dem Jahr 2000, ergibt sich eine steigende Tendenz. Damals kostete ein Liter Super rund 1,02 Euro. Wer dagegen eine fallende Tendenz aufzeigen möchte, lässt die Grafik im Jahr 2012 beginnen. Denn mit rund 1,65 Euro war der Liter damals noch teurer als im Jahr 2021.

1



Was tun?

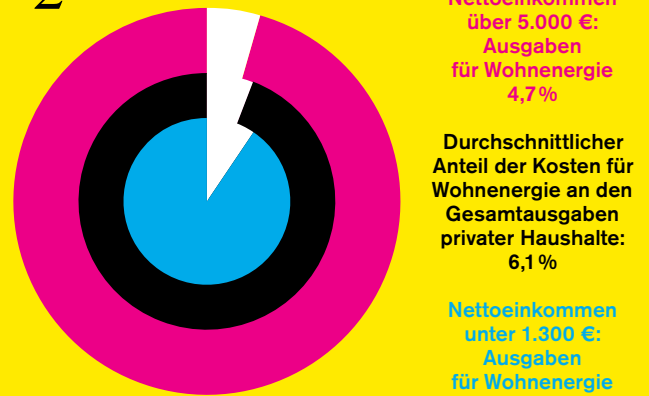
Frag dich, ob die Achsen des Diagramms bei null beginnen oder abgeschnitten sind. Wie haben sich die Daten vor und nach dem gewählten Ausschnitt entwickelt? Ändert dies die Aussage der Statistik?

Trick 2

Was der Durchschnitt nicht zeigt

Wir alle leben ziemlich verschieden, weswegen bei Durchschnittswerten Vorsicht geboten ist. Sie sind natürlich sehr praktisch, um schnell einen allgemeinen Überblick zu bekommen. So haben z. B. in Deutschland Haushalte 2020 im Schnitt 6,1 Prozent ihres monatlichen Nettoeinkommens für Wohnenergie ausgegeben. Doch dieser Durchschnitt verschluckt gleichzeitig jede Menge interessanter Details. So geben Haushalte mit einem Nettoeinkommen von unter 1.300 Euro im Monat im Schnitt sogar 9,5 Prozent für Heizung und Strom aus. Haushalte mit einem Nettoeinkommen von 5.000 und mehr Euro im Monat wenden hingegen nur 4,7 Prozent ihres Einkommens für Heizung, Strom und Warmwasser auf. Steigende Energiepreise treffen also ärmere Haushalte härter als reiche.

2



Was tun?

Manchmal gilt der Durchschnitt nur für wenige, während am oberen und unteren Ende viele betroffen sind. Am besten, du schaust bei solchen Statistiken mal im Internet nach, wie groß die Bandbreite ist, von der der Durchschnitt ablenkt.

Trick 3

Ungleichheit verstecken

Was ist überhaupt der Durchschnitt? Häufig werden zwei unterschiedliche „Durchschnittswerte“ verwendet: das arithmetische Mittel und der Median. Mit dem arithmetischen Mittel wird der Mittelwert errechnet, wenn etwa der Gesamtstromverbrauch durch die Zahl der Haushalte geteilt wird. Nach dieser Berechnung verbrauchen Haushalte pro Jahr im Durchschnitt etwa 3.650 Kilowattstunden Strom. Beim

Median hingegen wird geschaut, welche Haushalte genau in der Mitte aller Stromverbraucher liegen. Eine Hälfte aller Haushalte verbraucht dann weniger und die andere Hälfte mehr Strom als der Median. Der liegt mit rund 3.300 Kilowattstunden pro Jahr niedriger als der Durchschnitt. Der Hintergrund: Einige Haushalte verbrauchen sehr viel mehr Strom als andere. Das treibt den Stromverbrauch im arithmetischen Mittel stark nach oben.

Was tun?

Am besten ist es, jeweils sowohl nach dem arithmetischen Mittel als auch dem Median zu fragen. Das arithmetische Mittel allein kann große Unterschiede verdecken.



Trick 4

Trugschlüsse

In Deutschland geben die Menschen mit dem höchsten Einkommen den niedrigsten Anteil ihres monatlichen Nettoeinkommens für Wohnenergie aus. Es wäre allerdings ein Trugschluss, zu glauben, sie würden besonders wenig Energie verbrauchen (oder besonders günstige Tarife ausgewählt haben). Ihr Einkommen ist lediglich so hoch, dass die Kosten für Energie weniger ins Gewicht fallen, obwohl sie sogar mehr Energie verbrauchen. In den Medien stoßen wir immer wieder auf Trugschlüsse dieser Art. Bei Vermutungen über die Ursachen von scheinbar verknüpften Entwicklungen ist deshalb immer besondere Vorsicht geboten.

Was tun?

Gibt es Faktoren, die in der Statistik nicht hervorgehoben (oder nicht erwähnt) werden, die die dargestellte Entwicklung begründen können? Dieser Trick kommt oft beim Vergleich verschiedener Durchschnittswerte zur Anwendung.

Trick 5

Mit einsamen Zahlen beeindrucken

Vergleiche sind eine tolle Sache. Schon weil es sehr schwerfällt, eine allein stehende Zahl sinnvoll einzuordnen. Deutschland hat im Jahr 2019 644,1 Millionen Tonnen des klimaverändernden Gases Kohlenstoffdioxid (CO₂) in die Atmosphäre ausgestoßen. Die Zahl klingt riesig, aber wie ist sie zu bewerten? Hier kann ein Vergleich helfen: Im Jahr 1990 hat Deutschland noch 940 Millionen Tonnen CO₂ ausgestoßen. Bevor wir uns aber zu sehr auf die Schulter klopfen: Der französische CO₂-Ausstoß lag im Jahr 2019 mit 293,9 Millionen Tonnen deutlich niedriger.

Was tun?

Vorsicht bei allein stehenden Zahlen. Frag dich, welche anderen Zahlen es gibt, um sie ins Verhältnis zu setzen? Wie ist die Lage in anderen Ländern, wie war sie in früheren Zeiten?

Trick 6

Große Zahlen verstecken

Selbst unvorstellbar große Zahlen wie die deutschen CO₂-Emissionen (wie viel sind mehrere Hundert Millionen Tonnen CO₂?) lassen sich in Statistiken verstecken. Diese Zahl schrumpft auf Miniaturgröße, wenn sie als Prozent des gesamten CO₂-Ausstoßes angegeben wird: Weltweit wurden im Jahr 2019 nämlich rund 33.621,5 Millionen Tonnen CO₂ ausgestoßen. Die deutschen 644,1 Millionen Tonnen entsprechen also 1,92 Prozent aller CO₂-Emissionen. Wer argumentieren will, dass die deutschen Bemühungen, CO₂ einzusparen, zu teuer sind, wird auf die 1,92 Prozent verweisen: „So gering ist der deutsche Anteil!“ Wem die Maßnahmen dagegen nicht weit genug gehen, wird eher auf die absolute Zahl verweisen: „Schaut her, so viel CO₂ verursacht Deutschland!“

Was tun?

Bei Prozentangaben auch nach absoluten Zahlen fragen. Dieser Trick ist gewissermaßen das Gegenstück zum Aufblasen kleiner absoluter Zahlen.

Statistiken können Sachverhalte verdeutlichen, aber auch Informationen verstecken. Daher ist es manchmal wichtig, dass man noch ein paar zusätzliche Fakten recherchiert

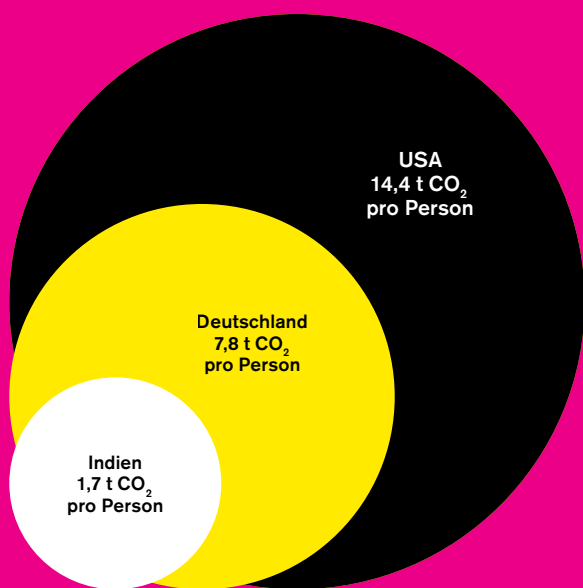
Trick 7

Alles relativieren

Und? Sind die deutschen CO₂-Emissionen – verglichen mit anderen Ländern – nun hoch oder niedrig? Für einen guten Vergleich muss die Basis stimmen. Und da die Länder der Erde sehr unterschiedlich groß sind, bietet sich in diesem Fall ein Vergleich pro Person an. Und da zeigt sich: Die Emissionen in Deutschland betrugen im Jahr 2019 7,8 Tonnen CO₂ pro Person – im internationalen Vergleich ist das ein ziemlich hoher Wert. In Indien beispielsweise lagen sie im selben Jahr nur bei 1,7 Tonnen CO₂ pro Person. In den USA verbrauchte allerdings jeder Mensch im Durchschnitt 14,4 Tonnen im Jahr. Man kann also mit der Auswahl der Vergleichsgrundlage bei vielen Statistiken die Aussage ändern.

Wenn man den CO₂-Ausstoß pro Person in Deutschland mit dem von Indien vergleicht, ist er hoch. Wenn man die USA zum Vergleich nimmt, ist es eher wenig.

7



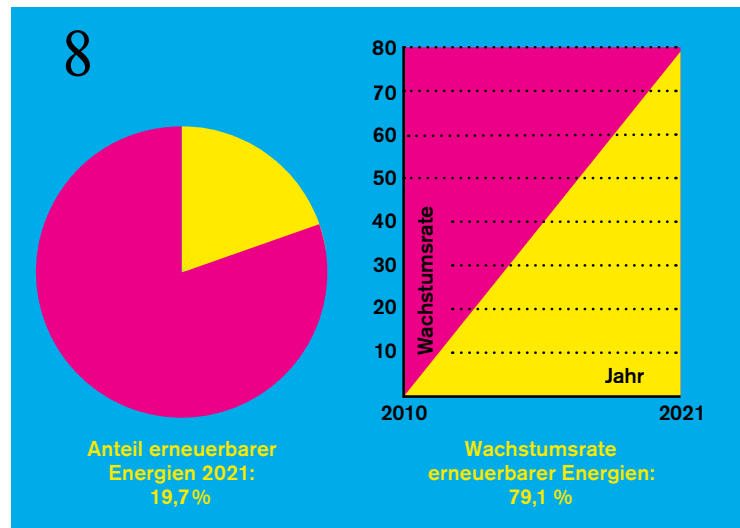
Was tun?

Ist die gewählte Vergleichsgrundlage wirklich die am besten geeignete? Macht es zum Beispiel Sinn, unseren Verbrauch mit Staaten zu vergleichen, in denen die Verhältnisse ganz andere sind? Das sind Fragen, die man sich stellen sollte.

Trick 8

Mit Zahlen angeben

Was, wenn eine Zahl viel größer erscheinen soll, als sie eigentlich ist? Kein Problem, und zwar mit der Angabe der Wachstumsrate. In Deutschland trugen erneuerbare Energien im Jahr 2021 zu 19,7 Prozent zur Energieproduktion bei – also nicht mal ein Fünftel. Doch immerhin ist die Versorgung mit erneuerbaren Energien zwischen 2010 und 2021 um rund 79,1 Prozent gestiegen. Und das ist eine Zahl, die sich sehen lassen kann. Oder?



Was tun?

Besonders bei spektakulären Wachstumsraten lohnt sich ein Blick auf die zugrunde liegenden Zahlen. Wie groß sind sie, und welchen Anteil an der Gesamtmenge nehmen sie ein? Dieser Trick wird gern verwendet mit abgeschnittenen Achsen, einem geschickt ausgewählten Startpunkt und der Fortschreibung eines Trends.

Fazit: Die Kraft von genauen Zahlen zieht viele Menschen fast magisch in ihren Bann. Schon eine geschickte Datenauswahl genügt, um Argumente zu untermauern. Auch wenn es nicht immer ganz leicht ist, kleinen oder großen Manipulationen auf die Schliche zu kommen: Die Detektivarbeit kann sogar Spaß machen.



Dunkelziffern nennt man Zahlen, die statistisch nicht erfasst werden können. Manchmal geht es um Kriminalität, manchmal um Plastikmüll. Wir bringen etwas Licht in die Materie

Was wir nicht wissen

Von Annett Scheffel



Wie oft werden Frauen Opfer von häuslicher Gewalt?

Einmal im Jahr veröffentlicht das BKA Statistiken zu häuslicher Gewalt in Deutschland. 2020 wurden 148.031 Fälle von Gewalt in bestehenden oder ehemaligen Partnerschaften gemeldet. Die meisten davon, mehr als 80 Prozent, richten sich gegen Frauen. Eine sehr hohe Zahl, zu der man eine noch höhere Dunkelziffer summieren muss. Denn viele Frauen gehen aus Scham, Angst oder anderen Gründen nicht zur Polizei. Wie hoch die Zahl tatsächlich ist, das kann man nur schätzen. Ein paar Anhaltspunkte gibt es aber. Ende 2021 gab das Familienministerium bekannt, dass in Deutschland jede dritte Frau mindestens einmal in ihrem Leben Opfer von physischer und/oder sexualisierter Gewalt wird. Etwa jede vierte Frau erfährt körperliche oder sexuali-

sierte Gewalt durch ihren aktuellen oder durch ihren früheren Partner.

Laut einer großen EU-Studie aus dem Jahr 2014 meldeten nur 14 Prozent der Betroffenen den schwerwiegendsten Vorfall der Polizei. Hochgerechnet wäre die realistische Zahl also, dass in Deutschland jährlich mehr als 850.000 Frauen Opfer von häuslicher Gewalt werden. Oder: jede Stunde 97 Frauen.

Wie viel Gas kommt aus Russland?

Wie sich Deutschland von russischem Öl und Gas lösen kann, darüber wird seit Beginn des Ukrainekriegs viel diskutiert. Und immer wieder hörte man in den Medien oder aus dem Wirtschaftsministerium Zahlen, die es zu senken galt: 35 Prozent der Ölimporte kamen 2021 aus Russland (Mitte April 2022: 12 Prozent); 55 Prozent waren es beim Gas (Mitte April 2022: 35 Prozent). Nur dass man beim Gas gar nicht genau weiß, ob die Zahlen stimmen. Im Gegensatz zum Erdöl, für dessen Einfuhr es



eine amtliche Meldepflicht gibt, stammen die 55 Prozent ausgerechnet aus einem Bericht des britischen Ölkonzerns BP. Messungen der Durchflussmengen in den Pipelines stützen diese Zahlen zwar, aber ganz sicher scheint es niemand zu wissen, denn die Importzahlen beziehen sich vor allem auf die in den Importverträgen festgelegten Mengen. Kurz gesagt: Deutschland arbeitet an einer Umstellung von riesigem Ausmaß, ohne die zugrunde liegenden Daten genau zu kennen. Bei mehr als 100 Milliarden Kubikmeter Erdgas (ohne Flüssiggas), die 2020 über Pipelines nach Deutschland gelangten, stünden selbst hinter kleinen Abweichungen riesige Zahlen: Ein Prozent entspräche einer Milliarde Kubikmeter Erdgas. Damit lassen sich ein ganzes Jahr circa 450.000 Einfamilienhäuser heizen.

Wie viel kostet uns Plastik?

Wie viel ein Produkt im Laden kostet und wie viel es fairerweise kosten müsste, das liegt oft weit auseinander. Besonders beim Plastik bezahlen wir am Ende der Rechnung nämlich sehr viel mehr, wenn man die negativen Effekte auf Umwelt, Gesellschaft und Wirt-

schaft hinzurechnen würde. Die Kosten für die Müllentsorgung und die Emission von Treibhausgasen kann man vielleicht noch kalkulieren. Schwerer wird es bei Gesundheitsausgaben und den Schäden in den Ökosystemen der Meere. 90 Prozent der Kosten seien im Marktpreis gar nicht inbegriffen – zu diesem Ergebnis kommt ein Bericht der Umweltorganisation WWF. Sie hat ausgerechnet, dass allein die Lebenszeitkosten des Plastiks, das 2019 produziert wurde, bei geschätzten 3,7 Billionen US-Dollar liegen. Zur Erinnerung: Eine Billion sind 1.000 Milliarden. Noch unvorstellbarer wird es, wenn man weiter in die Zukunft rechnet: 2040 wären wir bei 7,1 Billionen Dollar, weil sich die Plastikproduktion voraussichtlich verdoppelt und die Meeresverschmutzung durch Plastik verdreifacht haben wird. Das ist dann mehr als das Bruttoinlandsprodukt aus dem Jahr 2020 von Deutschland, Kanada und Australien zusammen.

Was hält unser Universum zusammen?

Der Weltraum, unendliche Weiten, und vom allergrößten Teil haben wir keinen blassen Schimmer. Denn unser kosmologisches Standardmodell hat viele mysteriöse Bestandteile. Neben der uns wohlbekannten Materie – also Atome, Moleküle, Planeten, Asteroidengürtel, Erdschichten – gibt es noch die sogenannte Dunkle Materie. Über sie weiß die Physik erstaunlich wenig, obwohl sie schätzungsweise mehr als 80 Prozent des Universums ausmacht. Kein einziges dieser völlig unbekannten Teilchen konnte bisher direkt nachgewiesen werden. Bemerkbar machen sie sich ausschließlich durch ihre Gravitationskraft. Allein deswegen fiel Physikerinnen und Physikern irgendwann auf: Moment mal, gäbe es nur die sichtbare Materie, müssten Galaxien rein rechnerisch aus-



einanderfliegen, anstatt sich wie unsere Milchstraße um ein Zentrum zu bewegen. Man kann sich die Dunkle Materie also wie eine Art Klebstoff vorstellen, der alles zusammenhält. Aber was heißt schon alles: eigentlich nur die 15 Prozent, über die wir Bescheid wissen. Im Grunde wissen wir also eigentlich gar nichts. Trotzdem ist die Dunkle Materie immer da: auch hier auf der Erde. Laut einer Theorie rauschen ihre Teilchen ständig durch uns hindurch – etwa in dieser Sekunde 100.000 Stück durch deinen Daumennagel. ↯

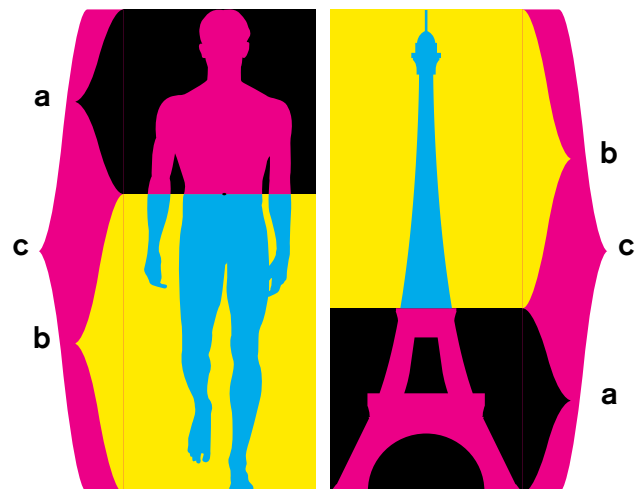
Zahlen, bitte! Teil 3:

Von Katharina Wellems

Gold, der Schnitt

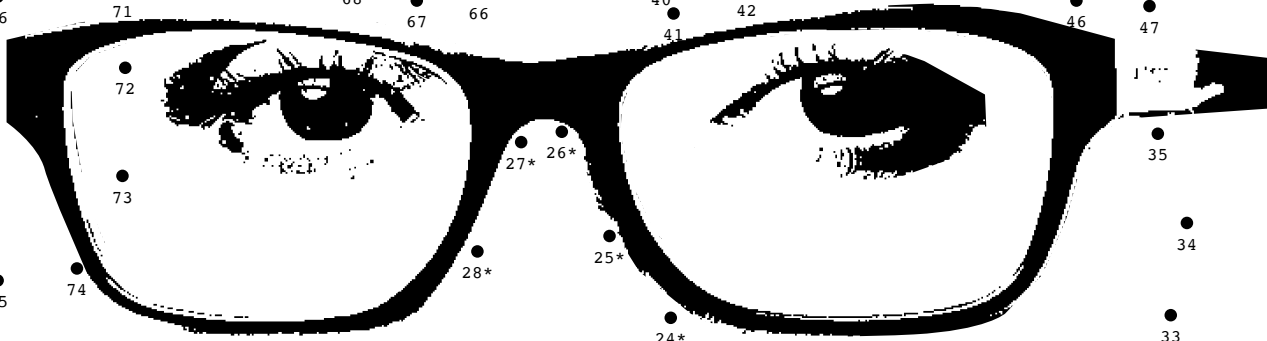
Gute Künstlerinnen und Künstler werden nicht einfach Rotwein trinkend von der Muse geküsst – rechnen können müssen sie!

Das wurde spätestens in der Frührenaissance klar, als der florentinische Bildhauer und Baumeister Filippo Brunelleschi die mathematisch berechenbare Zentralperspektive entdeckte und für seine Planzeichnungen und Bauten anwandte: Um ein zweidimensionales Bild so dreidimensional wie die Wirklichkeit erscheinen zu lassen, sollten alle Linien, die in die Tiefe gehen, auf einen einzelnen Punkt zulaufen: den Fluchtpunkt. Diese Entdeckung revolutionierte die Kunst und machte aus den Darstellungen der Antike und des Mittelalters räumlichere Abbildungen der Wirklichkeit. Und dann entdeckte man noch einen Trick: den Goldenen Schnitt. Dieses Prinzip kannte wahrscheinlich schon der antike griechische Mathematiker Euklid, aber erst in der Renaissance erreichte der Goldene Schnitt seine Blütezeit. Er ist ein Mittel zur harmonischen Bildgestaltung, das auf einem Zahlenverhältnis basiert. Man erhält den Goldenen Schnitt, wenn sich der kleinere Abschnitt einer Strecke zum größeren Abschnitt so verhält wie der größere Abschnitt zur gesamten Strecke. Rechnet man das Verhältnis aus, erhält man die Konstante Phi: ungefähr 1,618 (plus eine unendliche Menge Nachkommastellen mehr).



Klingt kompliziert, aber eigentlich findet sich diese besondere Harmonie überall in der Natur: Bei Bäumen verhalten sich Stamm und Baumkrone beispielsweise oft genauso zueinander, wie der Goldene Schnitt es erfordern würde. Und auch im menschlichen Körper findet man dieses perfekte harmonische Verhältnis. Allerdings ist für die meisten Kunstfans die einzig wichtige Berechnung sowieso, wie ein Bild endlich gerade an der Wand hängt.

What



Wenn du wissen willst,
wie Sara Grundel aus-
sieht, musst du die
Zahlen der Reihenfolge
nach verbinden

if?

Diese Frage stellt sich *Sara Grundel* ständig. Mithilfe mathematischer Modelle versucht sie, das Chaos einer immer stärker miteinander vernetzten Welt zu beherrschen. Und die Zukunft ein Stück weit vorhersehbarer zu machen. In der Coronapandemie war ihre Kunst besonders gefragt

Beruflich beschäftigt sich Sara Grundel viel mit Erdgas. Doch Grundel ist keine Ingenieurin, sie ist keine Klempnermeisterin und auch nicht in einem Chemielabor tätig. Sara Grundel ist Mathematikerin. Und gemeinsam mit ihrem Team am Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme in Magdeburg versucht die 41-Jährige, das Gasnetz in Deutschland zu optimieren.

Das sei bisher ein eher starres System, erklärt Grundel: „Sehr vereinfacht gesagt kommt das Gas von außen über ein paar Pipelines rein, dann wird es verteilt. Dazu gibt es noch ein paar Verdichter, damit der Druck auch immer hoch genug ist.“ Doch weil die Gasversorgung im Zuge der Energiewende vor großen Veränderungen steht, wird das System zunehmend komplexer. Immer häufiger kommt es auch zu Einspeisungen innerhalb des Netzes, von Biogas etwa oder von Wasserstoff, der dieselben Leitungen nutzt, aber andere Eigenschaften hat.

„Wir versuchen zu verstehen, wie sich der Druck und die Flüsse in einem so großen Netz verändern“, sagt Sara Grundel. „Und dabei ist die Frage: Schaffen wir es, ein derartig dynamisches System im Minutenbereich aufzulösen?“ Sprich: zu modellieren, wie sich einzelne Einspeisungen unmittelbar auswirken, und das möglichst schnell. „Denn das ist im operativen Bereich von einem Gasnetz ja relevant. Wenn ich die Entscheidung treffen muss, welchen Regler ich in den nächsten 15 Minuten bediene, aber das Ergebnis meiner Simu-

lation kommt erst in einer Woche bei mir an – dann bringt mir das nichts.“ Deswegen beschäftigen sich Grundel und ihr Team mit sogenannten Modellreduktionsmethoden: Werkzeuge, mit denen solch umfangreiche Simulationen schneller hinzubekommen sind.

Im Alltag modellieren wir im Prinzip auch immer mal wieder. Wenn wir zum Beispiel für ein Sommerfest den Einkauf planen, dann rufen wir nicht einzeln jede eingeladene Person an und fragen nach, was sie möchte. Wir nehmen die Zahl der Gäste und überschlagen, wie viel jeder isst und trinkt. Vielleicht berücksichtigen wir, wer vegetarisch isst und dass Schweinesülze und Knoblauchsauce nicht jedermanns Sache sind. Und außerdem, wie viele Kinder kommen. Der Verbrauch alkoholischer Getränke dürfte höher liegen, wenn die Feier abends steigt. Und auch die Wettervorhersage – ganz nebenbei gesagt: ebenfalls eine riesige Modellierung, vielleicht die bekannteste – beeinflusst unsere Rechnung. Ist Regen angesagt, wird kein Grillgut eingekauft, bei 30 Grad mehr Eis. Welche dieser Gedanken wir am Ende wie sehr berücksichtigen, ist Typfrage. Aber am Ende steht die Liste.

Gästezahl, Wetteraussichten, Uhrzeit, Sülze: Das sind Variablen, die sich noch mit Stift und Papier beherrschen lassen. Vieles auf der Welt ist komplexer. Wie verhalten sich 50.000 Menschen, die ein Fußballspiel besuchen: Wie viele kommen aus welcher Richtung, und wie lassen sich Engpässe verhindern? Wie hoch ist der Gesamtschaden, wenn ein Herbststurm über Nord-

deutschland zieht? Wie entwickeln sich Lieferketten? Oder die Rentenkassen?

Manche Modelle operieren im Minutenbereich, andere, wie die von Klimaforscherinnen und Klimaforschern, nehmen Jahrhunderte und Jahrtausende in den Blick. Aber immer stellen sich die gleichen Fragen: Was passiert, wenn? Und wie viele dieser „Wenns“ können berücksichtigt werden?

Weil Computer immer schneller und leistungsstärker werden, können Modelle immer genauer und komplexer sein. Und doch bleiben sie stets eine Vereinfachung, eine Reduktion der Wirklichkeit. „Es sind letztlich drei Schritte“, beschreibt Sara Grundel: „Es gibt die echte Welt, von der abstrahiere ich erst mal. Was soll das Modell aussagen? Was sind die Annahmen, die hineinfließen? Und was sagt es eben nicht aus, was wird nicht berücksichtigt? Denn ich kann die Realität nie zu 100 Prozent mit allem und jedem abbilden. Daraus baue dann ich die mathematischen Formulierungen, die ein Computer auch versteht. Und am Ende muss es mir der Computer noch ausrechnen, und ich muss die Daten richtig interpretieren.“

Diejenigen, die diese Modelle bauen, sind in der Regel Mathematikerinnen und Mathematiker. Die Modellinhalte kommen aber aus ganz verschiedenen Fachgebieten, und so gehört es zu Sara Grundels Aufgabe, mit Expertinnen und Experten zu sprechen, sich die Sachverhalte erklären zu lassen und die Mechanismen hinter den Dingen zu verstehen, um sie dann in die Sprache der Mathematik zu übersetzen. Beson-

Eine Party zu planen ist auch eine Art Modell: Wie viele kommen, wer isst vegetarisch, und wie wird das Wetter? Alles wichtige Variablen

ders gut funktioniere das in den Naturwissenschaften, sagt Grundel, oder wenn es darum geht, physikalisch-technische Prozesse abzubilden, sowie in einigen Bereichen der Medizin. Komplexer wird es, wenn Menschen mit im Spiel sind. Denn die handeln weniger vorhersehbar als Erdgas und halten sich nicht immer an die Regeln.

In Sara Grundels Berufsalltag krachte der Faktor Mensch im Frühjahr 2020 mit Wucht – mit dem Beginn der Coronapandemie.

Sie selbst stürzte sich in die vielen neuen Zahlen und Daten, auch weil sie ihr Halt gaben und die komplett neue Situation erfassbar machten. Früh erzählte Grundel im Freundeskreis, dass die Ausgangsbeschränkungen aus anderen europäischen Ländern sehr bald bei uns kommen würden. Und sie begann, ein eigenes Modell zu bauen, erst privat, dann auch beruflich. „Dabei ging es am Anfang um die Frage: Wie können wir die Tests am besten einsetzen?“, erinnert sich Grundel. „Also PCR-Tests in Kombination mit Kontaktbeschränkungen – andere Steuermöglichkeiten hatten wir damals ja noch nicht. Und da wurde dann ganz schnell klar, dass die Testkapazitäten bei Weitem nicht ausreichen würden, um auf Kontaktbeschränkungen zu verzichten.“

Mit der Zeit wurde das Modell immer weiter verbessert und verfeinert: Erkenntnisse aus neueren Studien, etwa über Inkubationszeiten oder Ansteckungswahrscheinlichkeiten, wurden eingepflegt, Schnelltests kamen dazu und irgendwann die Impfungen. Und, wie gesagt, der Faktor Mensch. Denn natürlich kann man berechnen, was es bringt, wenn alle ihre Maske korrekt tragen – nur tun das eben nicht alle

Menschen, manche absichtlich, manche eher versehentlich. Und um es noch komplexer zu machen, ändert sich ihr Anteil im Laufe der Zeit, wenn Vorsicht und Geduld nachlassen. In die Modelle sollen solche Unwägbarkeiten mit einfließen, deswegen hat Sara Grundel unter anderem mit einem Public-Health-Experten gesprochen, der viel Erfahrung in der Aidsprävention hat – eine andere Krankheit, für die es gute Methoden gibt, ihre Verbreitung einzudämmen, sofern die Leute informiert sind und auch mitmachen.

Nicht nur Sara Grundels Themenschwerpunkt änderte sich mit der Pandemie, sondern auch der öffentliche Blick auf ihre Arbeit: Auf einmal waren Zahlen ein ständiger Begleiter und ihre Bedeutung relevant für alltägliche Entscheidungen. Auf einmal waren Modelliererinnen und Modellierer gefragte Leute. Auf einmal stellten ihnen die Menschen Fragen. „Es ist natürlich ein schönes Gefühl, wenn so ein Interesse da ist. Sonst war die Reaktion, wenn man sagt: Ich bin Mathematikerin, oft ja eher: Ähem, Mathe ... das fand ich schon in der Schule doof“, sagt Grundel und lacht.

Ihr selbst fiel der Umgang mit Zahlen als Kind leicht. Dass es vielen Leuten anders geht, das musste sie sich während der Pandemie hin und wieder vergegenwärtigen. Und dass viele mit Latenzzeiten oder Wahrscheinlichkeiten ihre Schwierigkeiten hatten und von Erkrankungen oder Nichterkrankungen in ihrem direkten Umfeld auch gern mal auf den allgemeinen Pandemieverlauf schlossen, daran ist sie manchmal auch ein wenig zweifelt. „Ich weiß nicht, ob man da schon früher ansetzen und mehr Leute mitnehmen könnte, vielleicht schon in der Grundschulbildung – denn man macht ja keine Mathematik in der Grundschule. Man rechnet“, sagt sie.

Gehört wurde Grundel in der Pandemie nicht immer. Als es um die Priorisierung der Impfungen ging, kam sie

zu dem Ergebnis, dass es am effektivsten sei, zunächst die mittelalte Bevölkerungsgruppe zu immunisieren, die das Virus am häufigsten weitertrage – und erst danach ältere und vorerkrankte Menschen. Gemacht wurde es andersherum.

Grundel steht zu ihren Ergebnissen, versteht aber auch die Entscheidungen der Politik. „Klar kommt in der Wirklichkeit immer noch eine psychologische Komponente mit hinzu. Ich denke, die Vulnerablen waren auch verunsichert, und man musste ihnen zeigen, dass sie gehört und gesehen werden – was ja auch gesamtgesellschaftlich ganz wichtig ist.“ Weil Modelle immer nur einen Teil der Wirklichkeit abbilden, liefern sie keine alleinige Antwort auf die komplexen Fragen, die eine Pandemie eben mit sich bringt. Sondern nur eine Hilfestellung für die Politik, um zu Entscheidungen zu kommen. „Ich denke, man sollte die Zahlen verstehen, die Modelle

und was sie aussagen – aber dann eine menschliche Entscheidung treffen“, sagt Grundel.

Noch ist die Coronapandemie nicht vorüber, doch aus dem Fokus der Öffentlichkeit verschwindet sie immer weiter. Epidemiologen und Mathematikerinnen sind nur noch selten Talkshowgäste. Auch Sara Grundel kümmert sich jetzt wieder hauptsächlich um die Simulation der Erdgasnetze – einen Themenkomplex, der auf einmal ebenfalls im Zentrum der Aufmerksamkeit steht.

Diesmal, wenn es um die Frage der Abhängigkeit von russischem Erdgas geht, den Füllstand deutscher Gasspeicher und die Versorgungssicherheit.

Eine gesteigerte Dringlichkeit seitens der Betreiber spürt auch Grundel. Aber muss sie ihr Modell jetzt noch einmal von vorne bauen? „Nein“, sagt sie. „Wir machen ja Grundlagenforschung.“ Und wenn der russische Gashahn wirklich zugedreht würde? „Das ist für das Modell egal. Das Gerüst bleibt das gleiche. Da mache ich einfach an dieser Stelle eine Null dran – und fertig.“

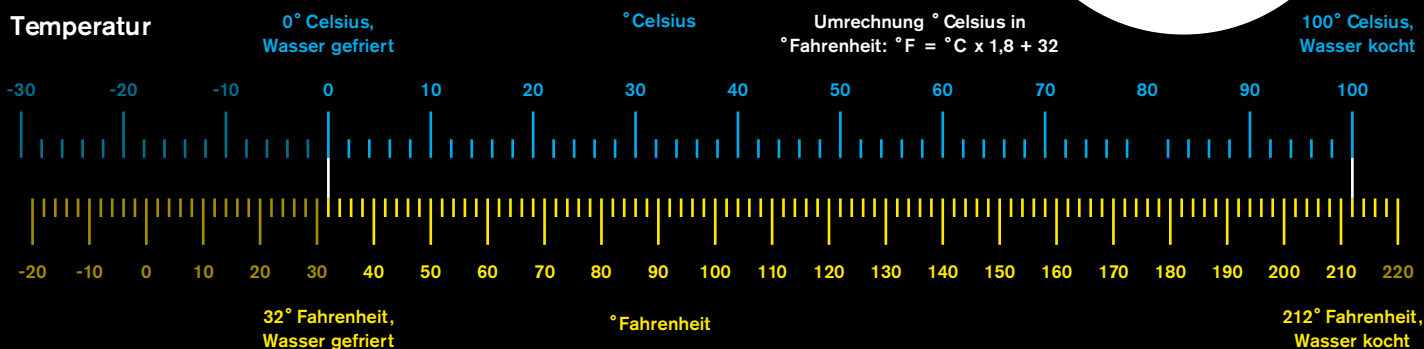


Wenn du die Zahlen richtig verbunden hast, müsste das Bild diesem hier ähneln

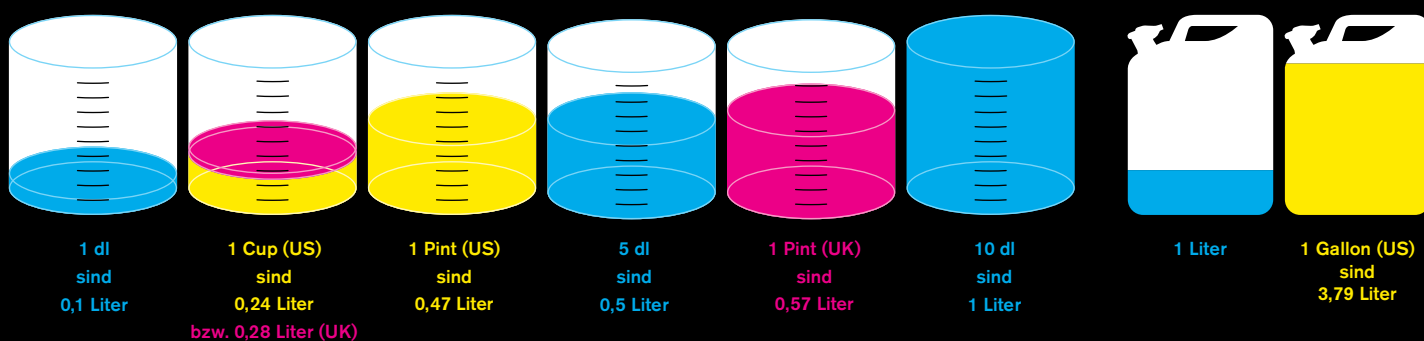
Andere Länder, andere Maße

In einigen
Ländern kommt
man mit Meter und
Zentimeter kein
Stück weiter

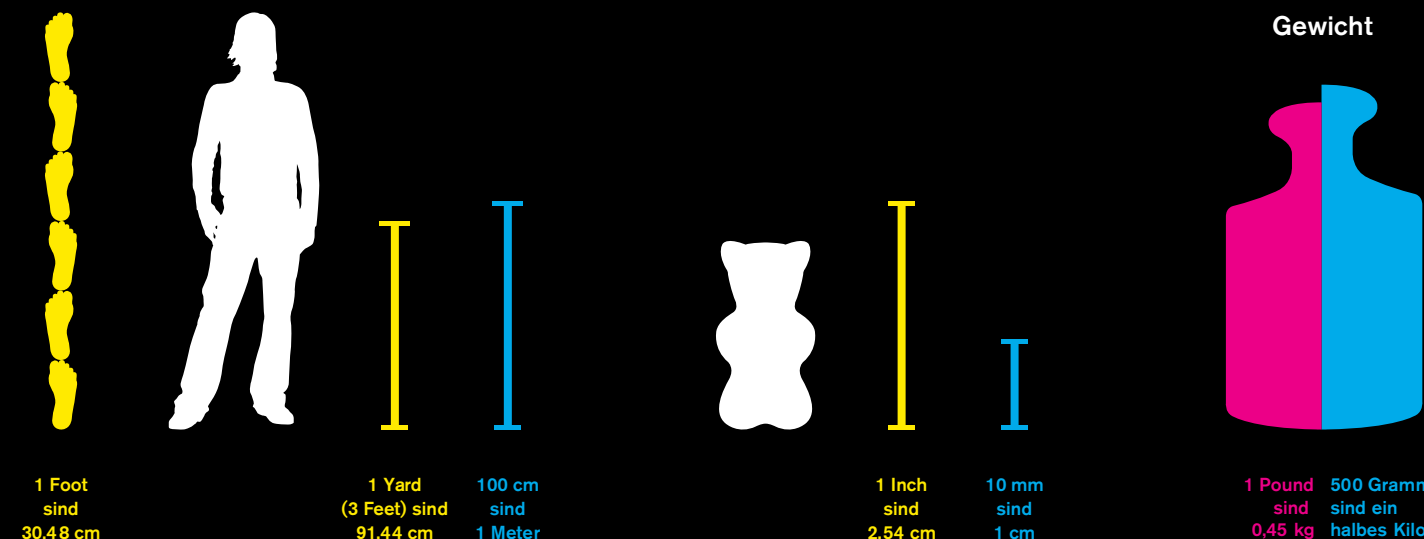
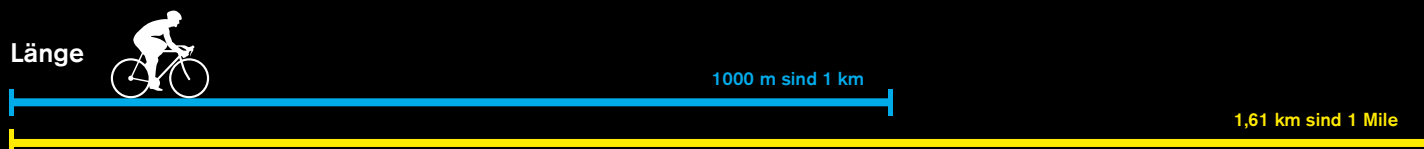
Temperatur



Volumen



Länge



Darf's noch etwas Gift



sein?

Um gesundheitliche Schäden zu vermeiden, gibt es Grenzwerte. Zum Beispiel für Pestizide auf Obst und Gemüse. Aber wer legt die eigentlich fest? Über Risiken im Milligrammbereich und wie über sie gestritten wird

Von Julia Lauter

Für viele Menschen ist ein Sommer ohne Erdbeeren kaum vorstellbar. 3,8 Kilo Erdbeeren isst jede und jeder Deutsche durchschnittlich im Jahr – ziemlich viel dafür, dass die Früchte hierzulande außerhalb von Gewächshäusern nur zwischen Ende Mai und September reif sind. Daher stillen auch Importe den deutschen Erdbeerhunger: Fast 130.000 Tonnen wurden im Jahr 2021 importiert. Zu den weltweit führenden Exportländern von Erdbeeren zählen Spanien, Mexiko und die USA.

Für das Sommergefühl mag es nicht so wichtig sein, auf welchen Feldern die Erdbeeren geerntet wurden. Für die Risikoabschätzung aber schon: Drei Viertel der Erdbeeren wiesen im Jahr 2020 Mehrfachrückstände durch Pestizide

auf. Das sind chemische Stoffe, die in der Landwirtschaft zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt werden – und den Menschen gefährlich werden können. Um zu vermeiden, dass Pestizide außer Käfern, Fliegen und Pilzen auch Konsumenten schaden, legt die EU Grenzwerte fest. Und hier fängt der Streit an: Umwelt- und Verbraucherschützer fordern weniger Gift auf dem Acker, viele Bauern dagegen weniger rigide Pestizidverbote. Wer hat nun recht?

Das Beispiel der Erdbeere zeigt, dass eine Antwort nicht leicht ist: Für die süßen Früchte sind Stand März 2022 etwa in Bayern 37 Fungizide, 22 Insektizide und 15 Herbizide zugelassen. Über die Zulassung entscheidet die EU-Kommission. Dafür stellen die Pestizidproduzenten einen Antrag auf

Nicht so lecker:
Im Erdbeershake darf
in Zukunft mehr Chemie
enthalten sein

Genehmigung eines neuen Produkts in der EU. Hierzu müssen zahlreiche Studien vorliegen, die die Gefährlichkeit des Stoffes in Tierversuchen, der Anbaupraxis und im Endprodukt untersuchen.

Was auf den ersten Blick nachvollziehbar klingt, wird schnell kompliziert. Das zeigt der Fall Flutianil. Das Fungizid wird eingesetzt, um Erdbeerpflanzen vor Pilzbefall durch Mehltau zu schützen. In der EU ist der Wirkstoff seit 2019 genehmigt, verwendet wird er bisher nur in Italien, Portugal und Deutschland – hierzulande allerdings nur als Produkt für Zierpflanzen in Gewächshäusern.

Im März gab die EU-Kommission bekannt, dass sie den Importgrenzwert für das Fungizid anheben wolle: Äpfel, Süßkirschen, Gurken, Zucchini und, ja, auch Erdbeeren aus den USA sollten künftig ein Vielfaches an Flutianil enthalten dürfen. Das japanische Unternehmen OAT Agrio Co. Ltd., das in den USA gute Geschäfte mit dem Fungizid macht, hatte den Antrag dafür gestellt. Nun soll mit der Anhebung der EU-Werte für Produkte aus den USA ein erster Schritt dahin gemacht werden, dass das Fungizid den europäischen Markt erobert. Die EU-Kommission spricht von der „Vermeidung von Handelshemmnissen“. Das bedeutet, dass der Verkauf von Waren zwischen den USA und der EU vereinfacht wird, wovon die Wirtschaft auf beiden Seiten profitieren soll.

Zwar wäre die in Europa zulässige Menge immer noch sehr gering – 0,3 Milligramm Flutianil pro einem Kilo US-Erdbeeren, bisher waren es 0,01 Milligramm –, allerdings hat der Stoff den Ruf, auch schon in geringen Mengen gesundheitsschädlich zu sein: Studien zeigen, dass sich Flutianil bereits in sehr kleinen Dosen auf das Hormonsystem von Lebewesen auswirken kann. Zudem wurde das Fungizid zwischenzeitlich als krebserregend, fortpflanzungshemmend und hormonell wirksam eingestuft. Diese Einstufung wurde 2016 trotz Kritik rückgängig gemacht, sodass der Stoff 2019 schließlich für die EU zugelassen wurde. Die diesjährige Ankündigung, den Grenzwert nun sogar noch erhöhen zu wollen, lehnte der Umweltausschuss des EU-Parlaments zunächst ab. Mehrere Parlamentarier hatten zudem Einspruch gegen den Vorstoß der Kommission eingelegt, allen voran die Pharmazeutin Jutta Paulus von den Grünen. „Die erste

Frage, die sich aufdrängt, ist doch: Wie wichtig ist es wirklich, Erdbeeren aus den USA in die EU zu importieren?“, sagt sie. Den Parlamentariern würden immer wieder Grenzwertanhebungen für Pestizide vorgelegt mit der Begründung, dass man damit Handelshemmnisse beseitige. Dabei seien die USA nicht einmal unter den wichtigsten sechs Erdbeer-Lieferländern für Deutschland.

Paulus und einige andere EU-Abgeordnete kritisieren, dass neue Studien, die die Anhebung des Grenzwerts für unproblematisch erklären, nur geschwärzt zur Verfügung gestellt würden. Dadurch sollen die Geschäftsgeheimnisse des Antragstellers gehütet werden. „Wenn es um die Gesundheit von Menschen geht, darf das kein Geschäftsgeheimnis sein. Denn mit geschwärzten Studien ist es schwierig nachzuvollziehen, ob das Risiko tatsächlich niedriger ist“, sagt Paulus.

Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), das an der Zulassung von Pestiziden in Deutschland mitwirkt, merkt an, dass das EU-Genehmigungsverfahren für einen Wirkstoff wie Flutianil sehr komplex sei. Den offenen Fragen wie der nach der hormonellen Wirkung des Stoffes gingen eine Vielzahl von Bewertungsberichten von Expertengremien ausführlich nach. „Diese Prozesse dauern einige Jahre, das passiert nicht von heute auf morgen“, erklärt die Lebensmittelchemikerin Marina Rusch vom BVL. Auch wenn die abschließende Bewertung der endokrinen Wirkung von Flutianil noch ausstehe, gelte bis dahin, dass eine Erhöhung beantragt werden dürfe, wenn der Wirkstoff in der EU zugelassen ist. „Alles andere wäre gegen das EU-Recht“, so Rusch.

Über die Grenzwertanhebung von Flutianil stimmte am 24. März 2022 das EU-Parlament ab und lehnte den Einwand der Parlamentarier um Paulus knapp ab. Das heißt: Aus den USA importierte Erdbeeren dürfen ab sofort die 30-fache Menge Flutianil enthalten. Ähnliches gilt für Äpfel, Süßkirschen und in geringerer Menge auch für Gurken und Zucchini. Diese Entscheidung bedeutet auch: Sobald es ein entsprechendes Produkt auf dem EU-Markt gibt, gilt dieser höhere Grenzwert auch dafür.

Ist die Anhebung der Werte für Importware also eine Hintertür für neue und mehr Pestizide auf dem Acker? Sicher ist, dass Importgrenzwerte ein kritischer Punkt sind. Nicht nur, weil man in eingeführten Produkten immer wieder Rückstände von Pestiziden nachweisen konnte, die in Europa nicht mehr zugelassen sind oder nie zugelassen waren. Sondern auch, weil diese Werte in Krisenzeiten schnell fallen gelassen werden.

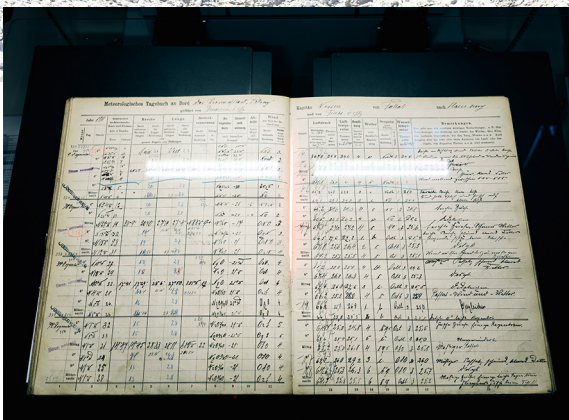
So beschloss die EU-Kommission im März 2022, dass die Mitgliedstaaten eigene, zeitlich befristete Regeln für die Menge an Pestizidrückständen in importierten Pflanzen festlegen können, weil viele EU-Länder angesichts des Ukrainekrieges eine Getreidefuttermangel für ihren Viehbestand befürchteten. Spanien lockerte daraufhin die Einfuhrnormen für Futtermais aus Brasilien und Argentinien, wodurch unter anderem zwei in der EU verbotene Pestizide die festgelegten Grenzwerte überschreiten, die die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) noch als sicher für die Konsumenten bewertet – und nun dennoch auch auf unseren Tellern landen könnten.

↖

Was messen wir heute?

Die Klimaforscher warnen seit Jahren, und dennoch tut sich zu wenig im Kampf gegen die Erderwärmung. Liegt das womöglich an der Kommunikation? An zu vielen Zahlen? Eine kühle Analyse von *Selmar Schüle*





Die Bilder auf diesen Seiten zeigen, wie Forschende den Klimawandel messen: Vom Schrumpfen der Gletscher über das Absterben der Korallenriffe bis hin zum Anstieg der Meeresspiegel gibt es viele Indikatoren dafür, wie weit die Erderwärmung fortgeschritten ist

Es ist die wahrscheinlich existenziellste politische Zahl unseres Jahrhunderts: Steigt die globale Mitteltemperatur um mehr als 1,5 Grad im Vergleich zur vorindustriellen Zeit, werden weite Teile des Planeten unbewohnbar sein. 197 Staaten der Erde haben bislang eine Verpflichtung unterzeichnet, alle Anstrengungen zu unternehmen, es bis zum Jahr 2100 nicht so weit kommen zu lassen – darunter auch Deutschland. Dieses Versprechen gaben sie sich 2015 in Paris. Seitdem ist die Zahl – 1,5 Grad – überall: in Zeitungen, im Fernsehen oder in den Sozialen Medien. Mal eingebettet in Katastrophenszenarien, mal naturwissenschaftlich nüchtern. Aber egal wie: Viel bewirkt hat sie nicht. Der Flugverkehr ist fast wieder auf dem Niveau der Vor-Corona-Zeit, SUVs gehören zu den beliebtesten Autos – und Deutschland verfehlt sein Emissionsziel nach aktuellem Stand deutlich. Eigentlich muss Deutschland in spätestens 23 Jahren gänzlich klimaneutral sein. Daher gelten für jeden Wirtschaftssektor – ob Energie, Industrie, Gebäude, Abfall, Landwirtschaft oder Verkehr – verbindliche Obergrenzen für Emissionen und Vorgaben zur jährlichen Minderung. Bislang sieht es nicht so aus, als wäre das zu schaffen. Aber nicht nur in Deutschland passiert zu wenig: Eine Studie der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) kam sogar jüngst zu dem Ergebnis, dass die Grenze von 1,5 Grad womöglich schon in den nächsten fünf Jahren überschritten wird. Was nutzt diese Zahl also noch, und wie könnte es gelingen, diese entscheidende planetare Grenze besser zu kommunizieren?

Was Medien und Politik in der Coronapandemie streckenweise gut gelungen sei – das Manövrieren durch eine Krise mit Hilfe von Kennzahlen (Inzidenzen nach Altersgruppen und Regionen, Hospitalisierungsrate, Aus-

lastung der Intensivbetten) –, fehle im Umgang mit der Klimaerwärmung bislang in weiten Teilen, sagt Michael Brüggemann, Professor für Klimakommunikation an der Universität Hamburg. „Die Zahl 1,5 Grad sagt lediglich, dass sich alles massiv ändern muss, doch niemand bekommt eine Vorstellung, welche Maßnahmen genau heute getroffen werden müssten, um irgendein Ziel im Jahr 2100 zu erreichen.“ Zahlen rund um das Klima seien zwar genügend da – schmelzendes Eis, steigender Meeresspiegel, Hitzerekorde –, doch sie ließen den Menschen und auch die Politik oft hilflos und überfordert zurück, so Brüggemann. Zusammen mit seinem Team untersucht er, welches Wissen



über den Klimawandel in der breiten Gesellschaft tatsächlich vorliegt und inwiefern viele Erkenntnisse schnell in Vergessenheit geraten. Die Berichterstattung rund um die Klimakrise sei zwar präsent, verwandele sich aber nur selten in greifbares, längerfristiges Wissen, so das bisherige Fazit.

Die Neurowissenschaftlerin und Medienpsychologin Maren Urner wie-



Oben: An der Universität Bremen werden Kerne verwahrt, die man aus dem Eis herausgebohrt hat. Links: Die Umwandlung von CO₂ durch Bäume und ein Mineral aus einer Höhle werden untersucht

derum hat festgestellt, dass der Unterschied von einem halben Grad Klimaerwärmung oft als nicht so schlimm wahrgenommen werde. Was zu der weitverbreiteten Fehlannahme geführt habe, dass „2 Grad Erwärmung zwar schlimm sind, aber alles darunter noch okay ist“, so Urner. Dabei ist in diesem halben Grad viel Platz für sogenannte Kippunkte im globalen Klimasystem: So mehrten sich zuletzt die Vorzeichen, dass Grönlands Eisschild bereits bei 1,6 Grad komplett schmelzen könnte, was einen dramatischen Anstieg des Meeresspiegels um sieben Meter zur Folge hätte. Der Unterschied zwischen 1,5 und 1,6 Grad bestünde darin, dass ganze Länder wie Bangladesch, Inselstaaten im Südpazifik, aber auch zahlreiche Metropolen wie Shanghai, New York oder Hamburg im Meer versinken oder nicht. Dieses Risiko könne den blanken Zahlen – 1,5 und 2 Grad – jedoch niemand ansehen, sagt Urner.

Längst machen sich weltweit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Gedanken darüber, wie man mehr Menschen dazu bekommt, ihr Verhalten zu ändern. Zu diesem Thema findet im Herbst in Zürich ein großer Kongress

statt, an dem auch Maren Urner als Hauptrednerin teilnimmt. Ihre Arbeit kann unter anderem zeigen, wie sich die Verhaltensmuster der Menschen im Laufe der Coronapandemie änderten – unter anderem durch das Kommunizieren von Zahlen, die mal sehr fern waren (das „chinesische“ Virus) und mal ganz nah an uns dran. Davon könne die Politik im Kampf gegen den Klimawandel lernen, so Urner.

Tatsächlich lassen sich die Erwärmung und die Konsequenzen, die für uns mit der Überschreitung der 1,5-Grad-Grenze einhergehen würden, ziemlich konkret beschreiben. So geht die Anzahl der Hitzetoten in Deutschland seit Jahren steil nach oben. Ein Temperaturanstieg um 0,5 Grad mehr (also auf 2 Grad) würde zudem gleich doppelt so viele Wirbeltier- und Pflanzenarten weltweit bedrohen. Bei den Insekten sind es sogar dreimal so viele,

die von dem halben Grad Erwärmung mehr betroffen wären. „Zahlen müssen einen greifbaren Schaden sichtbar machen und die Perspektive eröffnen, diesen abzuwenden. Abstrakte und ferne Daten sind dagegen nicht geeignet, politisches und privates Handeln anzuleiten“, sagt Klimakommunikations-experte Brüggemann.

Auch Mirjam Jenny will verstehen, welche Zahlen rund um das Klima die Menschen wirklich bewegen und welche sie kalt lassen. Jenny ist Psychologin mit Schwerpunkt auf Risiko- und Gesundheitskommunikation im Kontext der Klimakrise und berät u. a. die Weltgesundheitsorganisation WHO. „Verstehen wir den Verursacher und einzig möglichen Bekämpfer der Klimakrise psychologisch besser, lassen sich aktuelle Zahlen rund um die Erwärmung des Planeten auch wirksamer verbreiten“, sagt sie. Krisenkommunikation ver-

puffe, wenn sie auf der Vorstellung beruhe, dass die Gesellschaft nur mehr Fakten über das Klima benötige, um dann schon angemessen handeln zu können. So zentral die 1,5-Grad-Grenze zweifelsohne sei, so wenig helfe sie weiter, wenn ihre mediale und politische Vermittlung nicht von der menschlichen Psyche her gedacht werde.

In einem sind sich die Forschenden rund um die Frage einer wirksameren Klimakommunikation ziemlich einig: Wer immer nur Katastrophen an die Wand malt, stößt schneller auf taube Ohren. Sinnvoller wäre es, den Menschen nicht nur klarzumachen, was sie alles verlieren – sondern auch, was es zu gewinnen gibt. Aus einem „Wogegen“ würde so ein „Wofür“. Nicht nur gegen Hitze, Dürre und Extremwetter, sondern für ein gesünderes Leben auf einem lebenswerten Planeten Erde. Das wäre dann quasi das Gesunde-Welt-Ziel. ∞

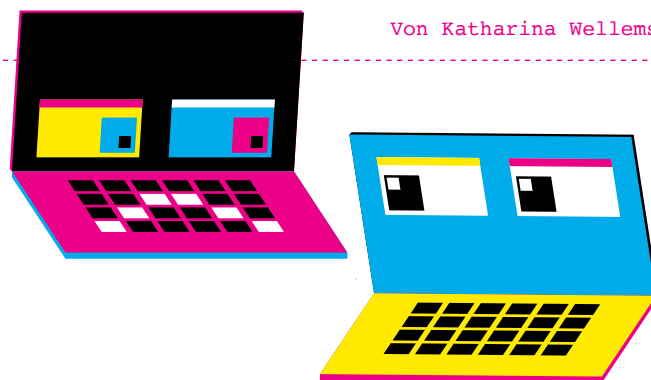
Zahlen, bitte! Teil 4:

Von Katharina Wellems

Ganz schön kryptisch

Vom Taschenrechner bis zur künstlichen Intelligenz – die Menschheit hat schon immer darauf hingearbeitet, unliebsame

Zahlenoperationen an Maschinen auszulagern. Stets wurde die wachsende Macht dieser Maschinen aber auch kritisch beäugt: Wie lange werden wir noch fähig sein, die Berechnungen, auf deren Basis die Maschinen arbeiten, zu verstehen? Die Durchschnittsbürgerinnen und -bürger sind wohl schon bei der Technik, die hinter einem Smartphone steckt, längst abgehängt, aber nun drängt sich eine neue Entwicklung in unser Leben, bei der sogar viele Mathematikerinnen und Mathematiker mit dem Rechnen kaum noch hinterherkommen: der Quantencomputer. „Normale“ Rechner arbeiten mit Bits, die entweder den Wert 0 oder den Wert 1 annehmen können. Quantencomputer hingegen arbeiten mit Qubits, die nicht nur 0 oder 1 annehmen können, sondern beide Werte – und auch alles dazwischen – gleichzeitig. Berechnungen, die normale Computer nur hintereinander vornehmen können, lösen Quantencomputer gleichzeitig in wahnsinniger Geschwindigkeit. An der Entwicklung wird schon seit Jahren geforscht, es wird wohl aber auch noch Jahre dauern, bis ein solcher Computer alltagstauglich ist: Für zuverlässige Berechnungen braucht man Computer mit einer großen Menge Qubits. Quantenzustände bleiben aber immer nur



Bruchteile von Sekunden stabil – Berechnungen müssen also in dieser Zeit abgeschlossen sein – und sind schwer zu kontrollieren. Irgendwann könnten solche Rechner allerdings beispielsweise bei der Medikamentenherstellung helfen oder entscheidend zu Modellrechnungen in der Klimaforschung beitragen.

Einige Experten blicken sorgenvoll auf die Entwicklung: Quantencomputer könnten zukünftig in der Lage sein, Verschlüsselungen zu knacken. Bisher basieren Verschlüsselungen, die wir aus unseren Messenger-Chats kennen oder die unsere Onlinebezahlssysteme sicher machen sollen, hauptsächlich auf Primzahlen, da ein Produkt aus zwei großen Primzahlen sehr schwer wieder in seine beiden Primfaktoren zerlegbar ist. Daher wird gleichzeitig an neuen Kryptographiesystemen geforscht, die quantensicher sind. Die Maschine erfinden und sie dann wieder austricksen müssen – der Mensch schafft sich seine Herausforderungen wie immer selbst.

Wie entstehen Preise überhaupt?
Warum steigen oder fallen sie?
Wir haben uns das mal im Fall des
Weizens angeschaut

Da

Von Celine Schäfer

Die vergangenen zwei Jahre waren für Nudelliebhaber wirklich nicht leicht. Immer wieder standen die Fans von Spaghetti, Fusilli und Co. vor leeren Regalen. Schuld daran waren in der Regel die pandemiebedingten Hamsterkäufe. Zum Glück hatte sich die Hamsterei bald wieder erledigt. Doch es folgte das nächste Problem: Die Preise für Hartweizen schossen in die Höhe. Die Betreiber von Mühlen, die den Weizen für Nudelhersteller mahlen, haben das schon im November 2021 gemerkt. Am Handelsplatz in Bologna, wo Hartweizen vertrieben wird, kostete eine Tonne nun nicht mehr 280 Euro wie durchschnittlich im Jahr 2020, sondern fast das Doppelte, nämlich 540 Euro. Der Grund: die schlechte Ernte in Kanada, einem der wichtigsten Exportländer für Hartweizen, infolge einer historischen Dürre. Die kanadische Statistikbehörde schätzt die Hartweizenernte auf 3,5 Millionen Tonnen für das Jahr 2021 – das ist nur halb so viel wie im Vorjahr. Viele Nudelhersteller haben deshalb ihre Preise erhöht und die Kostensteigerung an die Kunden weitergegeben.

Knappheit macht Weizen teuer

Die Preise der meisten Supermarktprodukte hängen mehr oder weniger von den Rohstoffpreisen ab. Laut dem Verband der Getreide-, Mühlen- und Stärkewirtschaft (VGMS) machen die Rohstoffkosten für Hartweizengrieß oder Mehl einen „erheblichen Anteil an den Produktionskosten“ aus. Daher macht der hohe Weizenpreis Produzenten und Käufern das Leben schwer. Weizen ist für viele Menschen auf der Welt ein Grundnahrungsmittel, und sie sind daher von den starken Preisschwankungen unmittelbar betroffen. Die Gründe für das Auf und Ab sind vielfältig. Grundsätzlich entscheidet die Ernte darüber, wie teuer das Getreide ist. Wenn eine Ernte schlecht ausfällt, müssen die Landwirte diese teurer verkaufen, um trotzdem ihre Kosten decken zu können. Gleichzeitig gilt der Grundsatz, dass hohe Nachfrage und geringes Angebot zu hohen Preisen führen.

geht einer

Wegen des mangelnden Angebots ist der Weizenpreis seit Beginn des Krieges in der Ukraine noch einmal rapide in die Höhe geschossen. Denn sowohl Russland als auch die Ukraine gehören zu den wichtigsten Weizenexporteuren der Welt. Nun werden beide Kriegsgegner vorerst nicht liefern. Eine Verknappung hat indes großen Einfluss auf den Teil des Weizens, der an Börsen gehandelt wird – das ist rund ein Viertel des weltweit angebauten Weizens. Das Ergebnis: Ende April 2022 hat eine Tonne Weizen an der Pariser Terminbörse, der wichtigsten Leitbörse für deutsche und europäische Landwirte, knapp 420 Euro gekostet – rund 45 Prozent mehr als am 25. Februar. Die Verbraucher merken den Preisanstieg vor allem beim Bäcker und im Supermarkt.

Kaufverträge statt Weizensäcke

Wenn Rohstoffe wie Gold, Silber, Kaffee, Kakao oder eben Weizen über die globalen Handelsplattformen gehandelt werden, funktioniert das so: Die Landwirte verkaufen ihre Erzeugnisse an den jeweiligen Börsen – für Weizen ist das zum Beispiel die MATIF in Paris. Sie stehen dabei allerdings nicht mit Tausenden von Weizensäcken in einer Markthalle, sondern vertreiben den Weizen in Form von Verträgen. Diese sogenannten Kontrakte sind Abnahmeverträge für festgelegte Mengen zu einem bestimmten Preis. Der Vertrag hat außerdem ein End- beziehungsweise Lieferdatum, darum nennt man das auch Warentermingeschäft. Die Abnehmer sichern sich heute den Weizen, bekommen ihn aber erst Monate später.

Franz Sinabell, Agrarökonom am Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO) in Wien, erklärt das so: „Ein Müller weiß schon im Herbst, dass er im Dezember viel Mehl für das Weihnachtsgeschäft der Bäcker braucht, die er beliefert.“ Über diese Menge schließt er einen Kontrakt ab. „Das verschafft sowohl dem Müller als auch dem Bäcker Planungssicherheit für die Weihnachtszeit“, sagt Sinabell. Das bedeutet aber auch: Wenn der Müller dem Landwirt Weizen für eine bestimmte Summe pro Tonne abkauft und der Weizen zum Liefertermin viel teurer ist, hat der Landwirt ein schlechtes und der Müller ein gutes Geschäft gemacht. Warentermingeschäfte sind also Sicherheit und Wette zugleich.

Rohstoffe als Geldanlage

Dieses Spiel mit dem Risiko lockt Finanzspekulant. Denn Rohstoffe, die an der Börse gehandelt werden, können nicht nur diejenigen einkaufen, die diese Rohstoffe wirklich brauchen. Spekulant sind Menschen oder Unternehmen, die auf kurzfristige Preisentwicklungen wetten und ihr Geld an der Börse vermehren möchten. Das gelingt ihnen zum Beispiel, wenn sie jetzt Weizenkontrakte kaufen und sie, wenn der Preis gestiegen ist, wieder verkaufen.

In den Jahren 2007 und 2008, als es zu einer Preiskrise in der Nahrungsmittelindustrie kam und auch Weizen sehr teuer wurde, hatten Spekulanten die Preise für Weizen hochgetrieben. Wegen der Finanzkrise wollten sie das Geld nicht mehr in Aktien und Immobilien anlegen und investierten stattdessen in Rohstoffe.

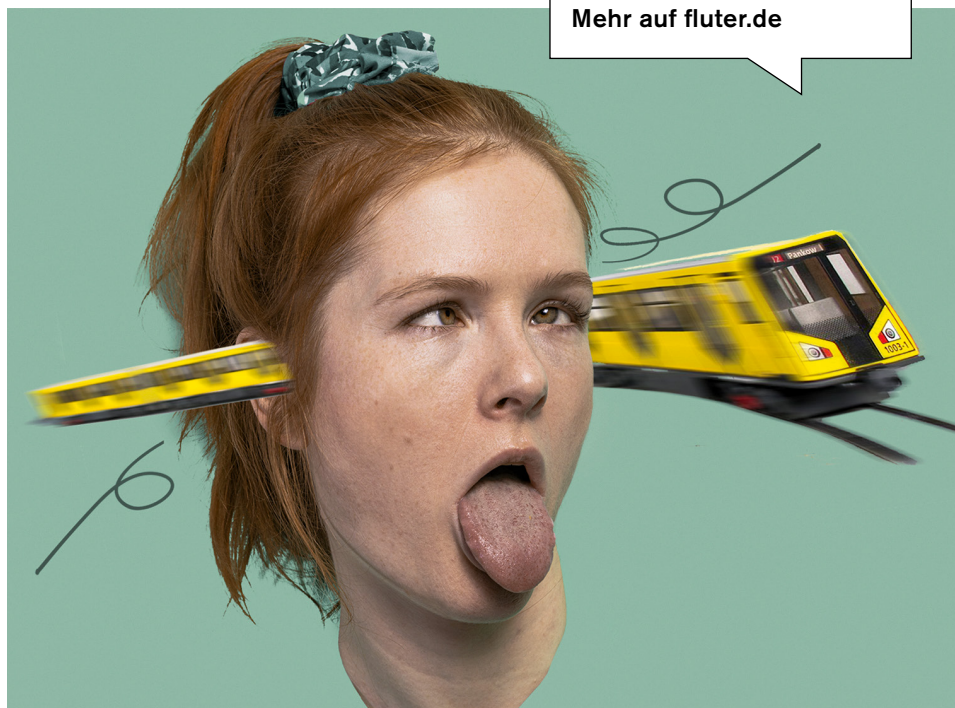
Aus dieser Nahrungsmittelkrise hat die EU ihre Lehren gezogen. Nun gibt es strengere Regeln, die Spekulationen mit Lebensmitteln einschränken. Zum Beispiel dürfen Weizenkäufer an der Börse kurzfristig immer nur eine begrenzte Anzahl an Verträgen halten. „Solche Regeln sind wichtig, denn kurzfristige starke Preisschwankungen erhöhen die Unsicherheit in den Märkten“, sagt Martin Qaim, Agrarökonom und Direktor des Zentrums für Entwicklungsforschung (ZEF) der Universität Bonn. „Das sorgt dafür, dass die Marktteilnehmer, die wirklich Weizen kaufen oder verkaufen und nicht damit spekulieren wollen, weniger Planungssicherheit haben und deshalb auch weniger in Maschinen und Technologien investieren. Solche Investitionen sind aber ganz wichtig für produktive Erzeugung und effiziente Marktabläufe.“

Wie kann der Preis wieder sinken?

Agrarökonom Qaim ist wie auch die Welthungerhilfe der Meinung, dass der rasante Weizenpreisanstieg der vergangenen Monate ein Ende finden muss. Denn sonst könnten seinen Schätzungen zufolge bald bis zu 100 Millionen Menschen mehr an Hunger leiden. Doch wie können Preise wieder sinken? Zum Beispiel durch politische Maßnahmen. Beim Weizen kann das bedeuten, trotz der Engpässe weiter zu exportieren. „Es ist wichtig, dass Exportländer ihre Grenzen offen halten und nicht der Verlockung erliegen, nur die eigene Bevölkerung abzusichern“, sagt Qaim. „Dann würden die importabhängigen Länder gar keinen Weizen mehr bekommen.“ Außerdem gebe es Stellen, an denen der Konsum eingeschränkt werden könnte. So wird zum Beispiel viel Getreide an Tiere verfüttert. Es würde also helfen, weniger Fleisch zu essen, so Qaim. Er rät auch dazu, so wenig Getreide wie möglich für Biokraftstoffe zu verwenden.

Die Welthungerhilfe, die wie Qaim angesichts der hohen Weizenpreise vor einer steigenden Zahl hungernder Menschen warnt, verlangt von der deutschen Regierung, dass sie mehr Geld in Nahrungsmittelhilfe steckt. Agrarökonom Sinabell aus Wien verfolgt einen ähnlichen Ansatz: „Wenn Menschen von Hunger bedroht sind, müssen reiche Länder Weizen kaufen und ihn günstiger an Hilfsorganisationen in jene Länder abgeben, in denen sich Menschen Mehl zum gängigen Preis nicht mehr leisten können.“

fluter ist nicht nur ein Heft!
Mehr auf fluter.de



Warum stressen Städte?

Es ist eng, es ist laut und manchmal furchtbar einsam: In Metropolen zu leben kann sprichwörtlich auf die Nerven gehen. Der Stressforscher Mazda Adli erzählt im fluter-Podcast, warum das so ist, wie es sich ändern ließe und warum er selbst am liebsten gegen den Stress ansingt. fluter.de/runterkommen

Ukrainian Voices

Millionen Ukrainer sind auf der Flucht – weitaus mehr aber bleiben im Land, um Angehörige zu pflegen oder zur Waffe zu greifen: Für den neuen fluter-Film haben wir mit drei ukraini-

schen Kunschtchaffenden gesprochen, die ihre Heimat nicht verlassen haben und deren Alltag von Krieg und Zerstörung geprägt ist. Wie setzen sie ihre Kunst im Krieg ein? fluter.de/ausharren

Bitte durchdrücken

Mit vielen „Wir werden“ und „Wir wollen“ hat die Ampelregierung im Koalitionsvertrag jungen Menschen so einiges versprochen. Zum Beispiel den Führerschein ab 16, besseren Klimaschutz und endlich unkompliziertere BAföG-Anträge. Wie schaut's aus mit diesen Vorhaben – jetzt und bis zum Ende der Legislaturperiode? Der große fluter-Check. fluter.de/checken

Vorschau

In der Redaktion sehen wir täglich tolle Arbeiten von Fotografinnen und Fotografen aus aller Welt – und oft fehlt der Platz, euch diese Fotoreportagen zu präsentieren. Das soll sich beim nächsten Heft ändern. Denn darin wollen wir vor allem Bilder zeigen zu einem ziemlich wichtigen Thema: dem Meer. Ob Flüchtende in Booten ihr Leben riskieren, der Klimawandel das Wasser ansteigen lässt, auf dem Meeresboden nach Rohstoffen gesucht wird oder – wie aktuell in der Ukraine – Kriege um Hafenstädte geführt werden: Auf dem Meer bündeln sich viele Konflikte unserer Zeit. Aber keine Sorge: Wir wollen uns auch den schönen Seiten des Meeres widmen. Ahoi!

Impressum

fluter – Magazin der Bundeszentrale für politische Bildung
Ausgabe 83, Thema Zahlen
Sommer 2022
Herausgegeben von der Bundeszentrale für politische Bildung (bbp)
Adenauerallee 86, 53113 Bonn
Tel. 0228/99515-0

Redaktion

Thorsten Schilling (verantwortlich / Bundeszentrale für politische Bildung / schilling@bbp.de),
Oliver Gehrs (redaktionelle Koordination)

Bildredaktion

Trine Skraastad

Artdirektion

Sabine Kornbrust

Mitarbeit

Marion Bacher, Michael Brake, Arno Frank, Sabrina Gaisbauer, Kolja Haaf, Noelle Konate, Julia Lauter, Ralf Pauli, Lea van der Pütten, Timo Reuter, Natascha Roshani, Tobias Sauer, Celine Schäfer, Annett Scheffel, Selmar Schüle, Lisa Seelig, Katharina Wellems

Dokumentation

Kathrin Lillenthal

Korrektur

Tina Hohl, Florian Kohl

Redaktionsanschrift / Leserbrief

fluter – Magazin der Bundeszentrale für politische Bildung,
DUMMY Verlag GmbH, Kirchstraße 1, 10557 Berlin,
post@fluter.de

Redaktionelle Umsetzung

DUMMY Verlag GmbH, Kirchstraße 1, 10557 Berlin
ISSN 1611-1567
Bundeszentrale für politische Bildung
info@bbp.de
www.bbp.de

Abonnement & Leserservice

Ernst Kaufmann GmbH & Co. KG, Druckhaus
im Auftrag der Bundeszentrale für politische Bildung
Raiffeisenstraße 29, 77933 Lahr
Tel. 07821/945-295, Fax 07821/945-22295
abo@heft.fluter.de

Kostenloses Abo bestellen, verlängern oder abbestellen

www.fluter.de/heft-abo
abo@heft.fluter.de

Nachbestellungen

Publikationsversand der Bundeszentrale für politische Bildung/bbp, Postfach 501055,
18155 Rostock
Fax 038204/66-273,
www.bbp.de/shop
Nachbestellungen von fluter werden von
1 kg bis 20 kg mit 5 Euro kostenpflichtig.

Druck

Ernst Kaufmann GmbH & Co. KG, Druckhaus
Raiffeisenstraße 29, 77933 Lahr
Tel. 07821/945-0, info@druckhaus-kaufmann.de
www.druckhaus-kaufmann.de

Bildnachweise

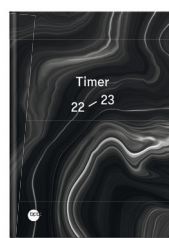
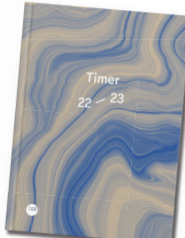
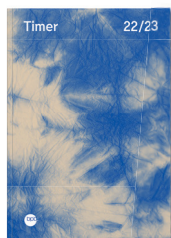
Illustrationen Ole Häntzschel; U2 Sam Gregg;
S. 3 Mk2010/commons.wikimedia.org; S. 4 Elina-Alem Kent, aus der „Classroom Portraits“-Serie von Julian Germain, Privat; S. 5 M. Gottschalk / Photothek via Getty Images; S. 8-11 Sergio Ramazzotti/parallelzero; S. 11 (r.) Privat; S. 13 Yasuyoshi Chiba/AFP/Getty Images; S. 14 Hakotowi; S. 16-17 ullstein bild, Leemage / picture alliance, sciencesource / akg-images, Bible Land Pictures, Album / akg-images; S. 18-19 Bildagentur-online / picture alliance, unknown author / commons.wikimedia.org, LookatSciences / laif, AFP via Getty Images, Leemage picture alliance, akg-images, adoc-photos / ullstein bild, Leemage / picture alliance, SciencePhoto Library / akg-images (2); S. 20 Elina-Alem Kent; S. 22-25 aus der Classroom Portraits Serie von Julian Germain; S. 24 (u.) Privat; S. 26-27 Privat; S. 28-29, 31 Marc Krause; S. 30 R. Holschneider/dpa/picture alliance, Dirk Eisermann / laif; S. 36 Anika Maaß, S. Maina / AFP/Getty Images, Jessica Barthel / Connected Archives; S. 37 aldebaran-s / unsplash.com; S. 40 Privat; S. 42 Martin Parr / Magnum Photos / Agentur Focus; S. 44-45 Thorsten Klapsch; S. 45 (u.), 46 Jan Richard Heinicke; S. 50 Jan Q. Maschinski; U4 Renke Brandt

Papier: Dieses Magazin wurde auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Ausführliche Informationen zu Datenschutz und Betroffenenrechten findest du hier:
www.fluter.de/datenschutz



Nicht die Übersicht verlieren!



**Behalte alles im
Blick mit dem
Timer 2022/23.**

Der Notizkalender der Bundeszentrale für politische Bildung bietet täglich Wissenswertes aus aller Welt zu Politik, Geschichte und Gesellschaft. Einfach bestellen auf: bpb.de/timer

bpb:
Bundeszentrale für
politische Bildung



Foto: Renke Brandt

Täglich *tiefer* blicken

Auf fluter.de gibt's immer
was Neues

