DAS UNTERNEHMENSMAGAZIN

EVONIK INDUSTRIES

2/2016

WOHER KOMMT WISSEN? WAS LERNEN WIR HEUTE? WIE BEGREIFEN WIR DAS NEUE? WIE STUDIEREN WIR MORGEN? WER BESTIMMT, WAS WICHTIG IST?

Die Zukunft der Bildung

FOTOGRAF **SEBASTIAN VAN DEN AKKER** AUS SEINER SERIE „AUFGETISCHT“

KNSK

Im Evonik Cyber-Classroom ist Chemie nicht nur ein Fach. Sondern einfach.

Lust auf eine Reise ins Innere eines Moleküls? Mit dem Cyber-Classroom von Evonik eröffnen sich Schülern begeisternde Einblicke in die Welt der Chemie. Seine 3-D-Lernmodule haben wir in enger Zusammenarbeit mit Chemielehrern entwickelt, damit Schüler sich auf zeitgemäße Weise mit Naturwissenschaft beschäftigen können – unterhaltsam und interaktiv. Da passt dann selbst die letzte Reihe auf.
Mehr dazu unter **www.evonik.de/cyber-classroom.**

Evonik. Kraft für Neues.

EVONIK INDUSTRIES

»Der Zugang zum Wissen muss für alle Talente offen sein.«

Klaus Engel, Vorsitzender des Vorstandes der Evonik Industries AG

Liebe Leserinnen und Leser,

Bildung bedeutet, sich ein Bild von der Welt zu machen. Der Mensch eignet sich von früh auf Wissen an, um seine Umwelt besser verstehen und gestalten zu können. Bildung ist dabei nicht nur ein Schlüssel, mit dem man sich die Welt gefügig macht, sondern eine Kulturtechnik, die uns dabei hilft, vollständig Mensch zu werden.

Seine Neugier und seine Wissbegier haben den Menschen von Anfang an begleitet. Gerade die Naturwissenschaften sind für uns der Frage nachgegangen, was die Welt im Innersten zusammenhält. Dabei haben sie viele Rätsel und Probleme der Menschheit gelöst.

Mit ihren Antworten und mit ihrem Ideenreichtum haben Physik, Biologie und Chemie die Entwicklung der Menschheitsgeschichte bis zur heutigen modernen Industriegesellschaft befördert. Krankheiten wurden ausgerottet, Wohlstand geschaffen, bis zum Mond sind wir geflogen. Heute stehen wir an der Schwelle zur umfassenden Digitalisierung der Arbeits- und Erlebniswelt, und auch hier wiederum hilft uns bei der Bewältigung der beruflichen und privaten Herausforderungen nur Bildung.

Bildung ist ganz klar ein entscheidender Standortfaktor in der globalen Konkurrenz um Wettbewerbsvorteile in der Wissensgesellschaft. Der Zugang zum Wissen entscheidet über den persönlichen Erfolg und muss deshalb für alle Talente offen sein – unabhängig von ihrer sozialen oder geografischen Herkunft.

Bildung ist der wichtigste Rohstoff und sollte nicht auf das schlichte Auswendiglernen von Fakten, Daten und Formeln verkürzt werden. Der Mensch eignet sich mit Bildung auch sein ganzes soziales Leben an und schärft mit ihr alle seine Sinne. Er strebt nach Glück und nach Erkenntnis.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre mit diesem Evonik-Magazin zur Zukunft der Bildung.

Herzlichst

Titel-Künstler: Sebastian van den Akker | Seite 3: Foto: Andreas Pohlamnn

Bil|dung

HERKUNFT Den Begriff des „Bildens“ gibt es seit etwa 1300, übrigens nur im Deutschen. „Bildung“ geht zurück auf die indogermanische Silbe „bil“ (spalten, behauen). „Bilden“ bedeutet im Mittelalter „einer Sache Wesen und Gestalt geben“, „Bildung“ steht dann für Schöpfung und Verfertigung

TYPISCHE VERBINDUNGEN Bildungsbürger, Fortbildung, Bildungssystem

SYNONYME Wissen, Weisheit, Kenntnis

ANTONYM Unwissenheit

GEBRAUCH

ALLGEMEIN: durch Lernen geprägte Eigenschaften eines Menschen

PHILOSOPHIE: Erziehung zu einer frei und verantwortungsvoll handelnden Persönlichkeit, die sowohl die Gesellschaft als auch sich selbst stützt (Kant)

PÄDAGOGIK: Kinder und Jugendliche nach ihren Fähigkeiten zu fördern

IMPRESSUM

Herausgeber
Evonik Industries AG
Christian Schmid
Rellinghauser Straße 1–11
45128 Essen

Objektleitung
Urs Schnabel

Beratung und Konzept
Manfred Bissinger

Chefredaktion
Christof Endruweit
(V. i. S. d. P.)

Redaktion
Ralf Grauel (Leitung)
Michael Prellberg
(Textchef), Saphir Robert,
Sven Stillich (Poster)

Autoren
Ralf Berhorst, Jörg Dräger,
Christoph Drösser,
Uwe Killing, Rainer Schmidt,
Isabell Stettin, Christian
Sywottek, Andin Tegen

Chef vom Dienst
Inga Borg

Bildredaktion und Layout
C3 Creative Code and
Content GmbH Berlin

Agentur und Anschrift der Redaktion
BISSINGER[+] GmbH
Medien und
Kommunikation
An der Alster 1
20099 Hamburg
info@bissingerplus.de

Druck
Neef+Stumme
premium printing
Wittingen

Copyright
© 2016 by Evonik
Industries AG, Essen.
Nachdruck nur mit
Genehmigung der Agentur.
Der Inhalt gibt nicht
in jedem Fall die Meinung
des Herausgebers wieder.

Fragen zum Evonik-Magazin
Telefon:
+49 201 177-3152
E-Mail: evonik-magazin@
evonik.com
Telefax:
+49 201 177-703152

Fotos: Katsuhisa Kida, Hermann Bredehorst/Polaris/laif | Grafik: C3 Visual Lab

»Wir dürfen Kindern nicht alle Schwierigkeiten aus dem Weg räumen. Sie müssen auch mal stolpern – das lässt sie lernen, wie man in dieser Welt lebt.«

Takaharu Tezuka, Architekt, hat in Tokio einen Kindergarten um einen Baum herum gestaltet. Für Tezuka ist Bildung mehr als das Anhäufen von Wissen: Es geht um den Zugang zur Welt. In seiner Kita gibt es Auffangnetze statt Geländer, Matschgruben zum Buddeln und mittendrin den Baum zum Klettern. Entdecken Sie mehr tolle Lernorte ab Seite 32.

MENSCHEN UND WERTE

8 Porträts
Wie heißen Menschen, die packend erklären? Richtig: Lehrer. Wir stellen einige vor, die uns zeigen, wie viel Wissen es gibt auf der Welt – und was wir alles damit anfangen können. Weil Lernen Spaß macht. Und Spaß Lernen ist.

14 Die Biologie der Bildung
Das Gehirn verändert sich ein Leben lang – und somit auch, wie wir lernen. Plus Selbsttest: Entdecken Sie, was in Ihnen steckt.

20 Essay
Grenzen sprengen: Warum Bildung jeden Einzelnen von uns, die Gesellschaft und die Wirtschaft voranbringt.

22 Bildstrecke
Kinder in aller Welt nehmen anstrengende und gefährliche Wege auf sich, um überhaupt zur Schule gehen zu können.

WIRTSCHAFT UND GESELLSCHAFT

32 Globale Bildungsreise
Rund um die Welt setzen innovative Kindergärten, Schulen und Universitäten neue Maßstäbe. Wir stellen die besten vor.

FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

40 Digitalisierung
Maßgeschneidertes Lernen, erreichbar überall und für jeden Menschen: Das wird unser Bildungssystem revolutionieren.

44 Ortsbesuch
Das Exploratorium in San Francisco ist der wohl klügste Spielplatz der Welt – Zeit für einen Besuch im ersten Science-Museum.

48 Weltbilder im Wandel
Warum sich mit unserem Wissen über die Welt unser Verständnis von ihr ändert, weiß Wissenschaftshistoriker Ernst Peter Fischer.

52 Serie: Meilensteine der Chemie
ROHACELL ist belastungsfähig, stabil und deutlich leichter als jedes Metall. Der Hartschaum wird daher in Formel-1-Boliden ebenso gern eingesetzt wie in Flugzeugen, Windrädern – und Hubschraubern.

Standards

03 Editorial
04 Definition / Impressum
06 Facts + Figures: Menschen und Werte
30 Facts + Figures: Wirtschaft und Gesellschaft
38 Facts + Figures: Forschung und Technologie
54 Berührungspunkt

Die Bezeichnung ROHACELL® ist eine geschützte Marke der Evonik Industries AG oder ihrer Tochterunternehmen. Sie ist im Text in Großbuchstaben geschrieben.

EVONIK Edition Wissen N°8

Posterbeileger: Speichermedien

Tontafeln, Bücher, Mikrofilme, Festplatten, DNA-Speicher: wie Menschen ihr Wissen aufzeichnen – und wie lange das jeweilige Medium hält.

Facts + Figures

RITUALE INTERNATIONAL

Wie Kinder ihren ersten Schultag erleben

Deutschland Die mit Süßigkeiten und Geschenken gefüllte Zuckertüte ist ein rein deutsches Phänomen.

Russland und Ukraine Nicht die Kinder, sondern die Lehrer werden beschenkt. Feierlich gekleidete Schüler überreichen ihren Lehrern Blumensträuße. Danach folgen Aufführungen und Reden.

Nigeria Wie in vielen Ländern ist hier eine Schuluniform Pflicht. Erstklässler stellen sich am ersten Schultag in Reih und Glied auf dem Schulhof auf. Der Lehrer überprüft ihre Fingernägel. Es wird gesungen, Frühsport gemacht, und dann ab in den Unterricht.

Brasilien und Südafrika In ländlichen Regionen dreht sich alles um die teure Schuluniform. Verwandte gehen zur gemeinsamen Anprobe (und Finanzierung) in die Läden.

Indien Göttlicher Segen: Die Kinder essen Joghurt von heiligen Kühen, für Glück. Außerdem bekommen sie als Segenszeichen einen roten Punkt auf die Stirn gemalt.

USA Hier gibt es Geschenke, statt Süßem jedoch Praktisches: Stifte, Tasche, Federmappe. Schöne Sache: US-Kids werden bei jeder Einschulung beschenkt, in Vorschule, Grundschule und Highschool.

Großbritannien Einschulung zwischen vier und fünf Jahren. Lehrer besuchen ihre Schüler oft zu Hause, um den Übergang abzufedern.

Japan Tag 1: Ansprachen und Aufführungen. Ab Tag 2 müssen die Schüler den Schulweg allein gehen, anders als zuvor in die Kita.

Frankreich Keine Zeremonien, nicht einmal später zum Abitur.

Rundfrage: Was ist gute Bildung?

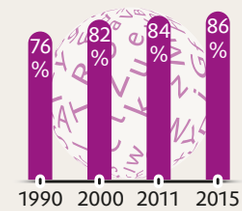
Simone Menne,
Finanzvorstand der Lufthansa: „Bildung ist mehr als Wissensvermittlung, sie ist Empowerment. Mitarbeiter müssen lernen, in einem sich immer schneller verändernden Umfeld situativ richtig zu handeln und Verantwortung zu übernehmen."

Lars Ricken,
Jugendkoordinator von Borussia Dortmund: „Jugendliche brauchen, um vorbildlich zu denken und zu handeln, auch sprachliche, ästhetische, moralische und sportliche Bildung. Dazu gehören Respekt, Gerechtigkeit, Toleranz plus Wissen über Hygiene und Ernährung."

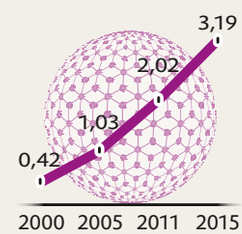
Gerhard Roth,
Hirnforscher: „Bildung entsteht aus Vertrauen. Leider kann man jungen Menschen nicht einfach sagen: Mach es selbst! Die Schule muss die Schüler dazu befähigen, selbstständig lernen zu können. Ein Leben lang. Das ist Lernerfolg – und Grundlage guter Bildung."

ZAHLEN

Bildung global



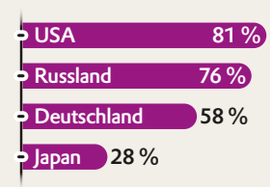
Lesen können 86 Prozent aller Erwachsenen. Noch besser: Bei den Jugendlichen liegt der Anteil über 90 Prozent.
Quelle: UNESCO



Zugang zum Internet haben bereits mehr als drei Milliarden Menschen (Weltbevölkerung aktuell: über sieben Milliarden Menschen).
Quelle: World Bank, UNO

61 %

der Schüler in Südkorea erhalten Nachhilfeunterricht in Mathematik.
Quelle: OECD



Anteil der Schüler, die davon überzeugt sind, dass die Lehrer sich für ihr Wohlbefinden interessieren
Quelle: OECD

Nele Neuhaus' Erfolg kam mit „Schneewittchen muss sterben". Sie weiß: Nichts prägt die Lernkarrieren von Kindern besser als frühes Lesen.

LESEN LERNEN

Geschichten, Märchen, Möglichkeiten: Wer früh Bücher liest, versteht die Welt, findet später leichter seinen Weg. Deshalb setzt sich Nele Neuhaus für das Lesen ein:

1. Lesen ist schön

Ich stelle immer wieder fest, dass erschreckend viele Kinder und Jugendliche heutzutage das Lesen zwar rein technisch beherrschen, jedoch oft die Inhalte nicht richtig verstehen. Ich selbst liebte es schon als kleines Mädchen, in den Fantasiewelten der Bücher zu versinken. Heute begegne ich sehr häufig Kindern, die noch nie freiwillig ein Buch in die Hand genommen haben. Niemand hat ihnen je beigebracht, wie schön es ist zu lesen!

2. Lesen schult den Verstand

Lesen schult und inspiriert die geistigen Fähigkeiten des Menschen, verbessert den Wortschatz und die Ausdrucksfähigkeit. Wer liest, versteht. Lesen ist Bildung, es schafft die Grundlage dafür, sich eine eigene Meinung bilden zu können. Eine Fähigkeit, die wir heute und in Zukunft vermehrt brauchen.

3. Lesen hilft auch beim Beruf

Gerade heutzutage müssen junge Menschen die deutsche Sprache perfekt in Wort und Schrift beherrschen, sonst werden sie spätestens in der Konkurrenz um Studien-, Ausbildungs- und Arbeitsplätze uneinholbar benachteiligt sein. Auf Social-Media-Plattformen lässt sich jeden Tag nachlesen, wie mangelhaft die Rechtschreib- und Grammatikkenntnisse vieler Menschen sind – und das erschreckt mich.

4. Kinder brauchen Vorbilder

Lesende Vorbilder sind für Kinder wichtig, damit sie einen Zugang zu Bücher bekommen. Ideal wäre es, bekannte Persönlichkeiten aus Film, Musik und Sport davon zu überzeugen, ihre Leidenschaft fürs Lesen öffentlich zu bekennen und damit die Kinder und Jugendlichen anzusprechen, die Bücher für „uncool" halten.

Nele Neuhaus, 49, ist eine überaus erfolgreiche Krimiautorin. Ihre Bücher stehen regelmäßig in den Bestsellerlisten, viele wurden verfilmt. Mit der nach ihr benannten und von Evonik Industries unterstützten Stiftung fördert sie unter anderem Lese- und Schreibwettbewerbe an Schulen, öffentliche Bücherschränke und Schulbibliotheken.

10

Jahre alt sind deutsche Schüler in der Regel, wenn sie das erste Mal nach Leistung auf verschiedene Schulformen sortiert werden. Im weltweiten Vergleich ist das sehr früh. In den meisten Ländern findet dieser Übergang im Alter zwischen 14 und 16 Jahren statt.

3 FRAGEN AN

Sanni Grahn-Laasonen

»Schüler müssen früh Verantwortung übernehmen«

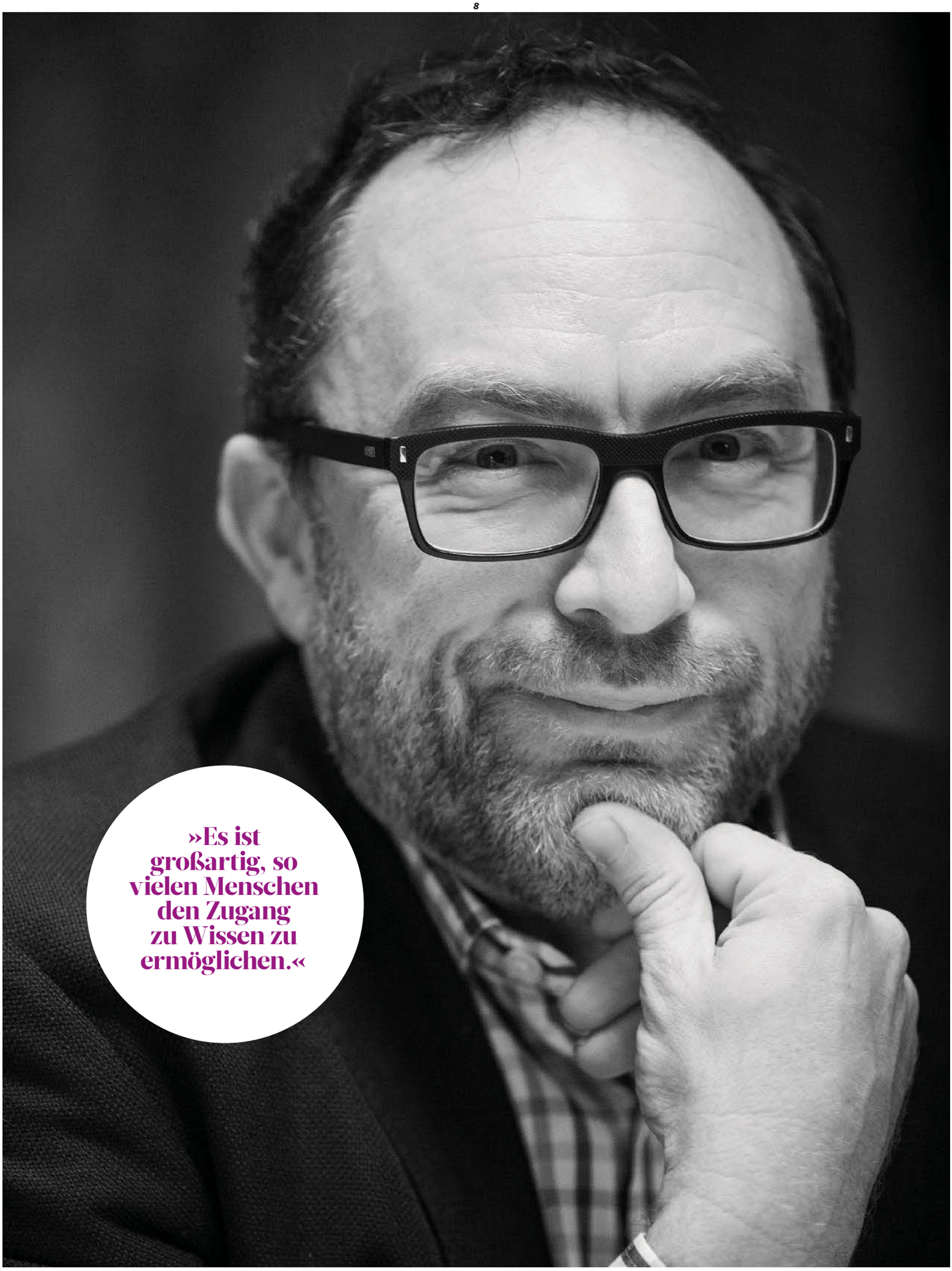
1 Warum schneidet Finnland bei Bildungsstudien immer so gut ab?
Das liegt vor allem an der Qualifikation unserer Lehrer. Sie werden breit gefächert ausgebildet und verdienen gut. Und ganz wesentlich: Es geht nicht um reine Stoffvermittlung. Die Lehrer werden bei uns ermutigt, ihre individuellen Stärken zu entwickeln. Und sie sollen sich selbst als lebenslang Lernende verstehen. In Zukunft werden sie außerdem noch stärker Exkursionen und außerschulische Themen in ihre Lehrpläne integrieren.

2 Stimmt es, dass Sie traditionelle Schulfächer ganz auflösen werden?
Wir wollen vor allem eine größere Durchlässigkeit zwischen Fächern schaffen. Jeder Schüler soll pro Schuljahr mindestens an einem interdisziplinären Projekt teilnehmen. Das bedeutet: Es werden unterschiedliche Lehrer einbezogen, die Schüler haben ein Mitspracherecht. Es ist wichtig, dass sie Fragen stellen und früh Verantwortung übernehmen.

3 Was ist mit dem Schreiben mit der Hand? Es hieß, Sie wollen es abschaffen.
Nein. Das ist etwas falsch dargestellt worden. Finnische Schüler lernen weiterhin Druckschrift – und das Tastaturschreiben, was in unserem Alltag immer wichtiger wird. Was abgeschafft wird, ist lediglich die gebundene Schreibschrift.

Sanni Grahn-Laasonen, 33, ist seit 2015 finnische Bildungsministerin und engagiert sich für eine grundlegende Bildungsreform.

Fotos: Fotolia, Lufthansa, augenklick/picture-alliance, PR, Hacquard u. Loison/Opale/Leemage/laif | Illustration: C3 Visual Lab



»Es ist großartig, so vielen Menschen den Zugang zu Wissen zu ermöglichen.«

Foto: Hermann Bredehorst/Polaris/laif

SIE WISSEN, WIE LERNEN SPASS MACHT

Sie erklären einfach und packend. Sie machen uns klüger. Sie verändern Bildungssysteme, fördern und fordern. Machen aus kleinen Leuten große Menschen. Wir zeigen: Bildungs–Bürger, deren Hingabe Schule machen sollte.

Der Bibliothekar

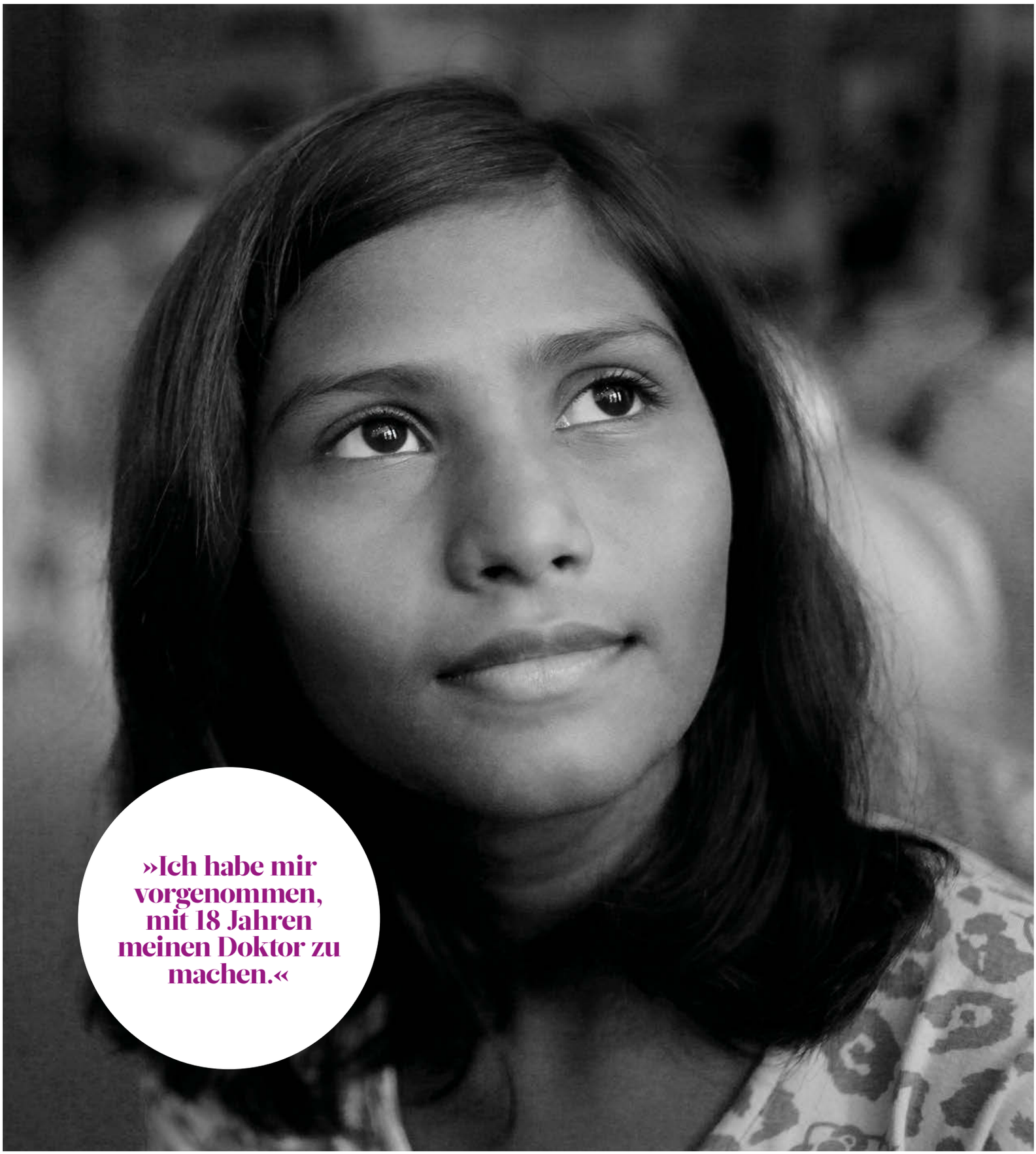
→ Alles verfügbare Wissen sofort allen zugänglich zu machen, das ist das Ziel des Internetlexikons Wikipedia und seines Gründers Jimmy Wales

Wo fließt der längste Fluss der Erde? Der kleine Jimmy interessierte sich brennend für alles, was er nicht wusste. Und der Kaufmannssohn aus Huntsville im US-Staat Alabama entdeckte, dass die Antworten zwischen schweren Buchdeckeln lagern. Jimmy liebte Lexika, „ich las hier einen Eintrag und dort noch einen und verlor mich darin". Nach seinem Studium fand er im Sammeln von Fakten seine Bestimmung: Die erste Firma des Computerfreaks war 1996 eine Suchmaschine. Über sie fand Wales die Idee von Wikipedia: eine Online-Bibliothek, in der sich unser Wissen von der Welt speichern lässt; frei verfügbar und rasch zu aktualisieren. „Wiki" heißt im Hawaiischen „schnell", „Pedia" ist dem englischen „encyclopedia" entlehnt. Vor 15 Jahren gegründet, bedeutete der beschleunigte Kindheitstraum des Jimmy Wales, heute 49, einen riesigen Sprung für uns alle: Fast eine Milliarde Menschen klicken sich täglich in die größte Bibliothek der Welt ein. Finanziert wird sie über Spenden, die Wikipedia-Stiftung wacht über die Qualität der Einträge in 280 Sprachen. In einem der 27 Millionen Artikel findet man in Sekundenschnelle auch den längsten Fluss der Welt: Der Nil fließt 6.852 Kilometer durch Nordafrika.

Das Genie

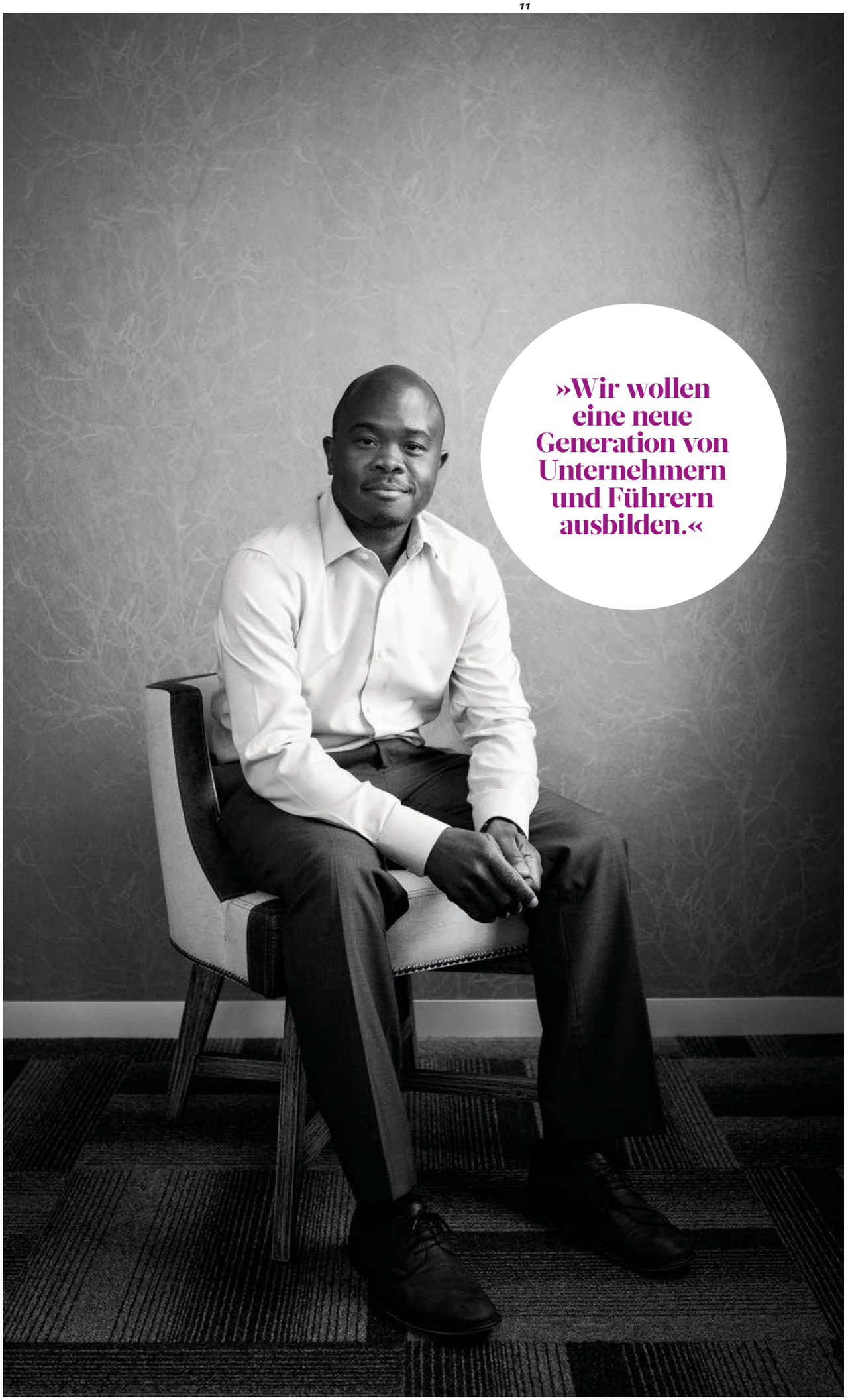
→ In Indien ist sie ein Superstar. Sushma Verma arbeitet bereits im Alter von 16 Jahren an ihrer Dissertation in Mikrobiologie

Als Fünfjährige träumte Sushma davon, Ärztin zu werden. Ihre Chancen standen schlecht. Viele Mädchen in Indien verlassen vorzeitig die Schule, weil das Geld nicht reicht. Sushma lebte mit drei Geschwistern in ärmlichen Verhältnissen im nordindischen Lucknow. Doch ihr Vater, ein einfacher Arbeiter, förderte seine Tochter, so gut er konnte. Sushma, offensichtlich hochbegabt, machte mit sieben Jahren Abitur, mit dreizehn Jahren den Bachelor. Ein Stipendium ermöglichte ihren Weg, die Familie hätte die Gebühren nie bezahlen können. An der University of Lucknow erreichte Sushma Verma innerhalb von zwei Jahren den Master als Mikrobiologin, an derselben Uni, an der ihr Vater als Müllmann arbeitet. Die Geschichte der besten Schülerin Indiens ist eine Ausnahme. Doch sie ist auch eine Inspiration für Millionen indischer Eltern: ihre Kinder in die Schule zu schicken.



»Ich habe mir vorgenommen, mit 18 Jahren meinen Doktor zu machen.«

Foto: AP Images/picture alliance



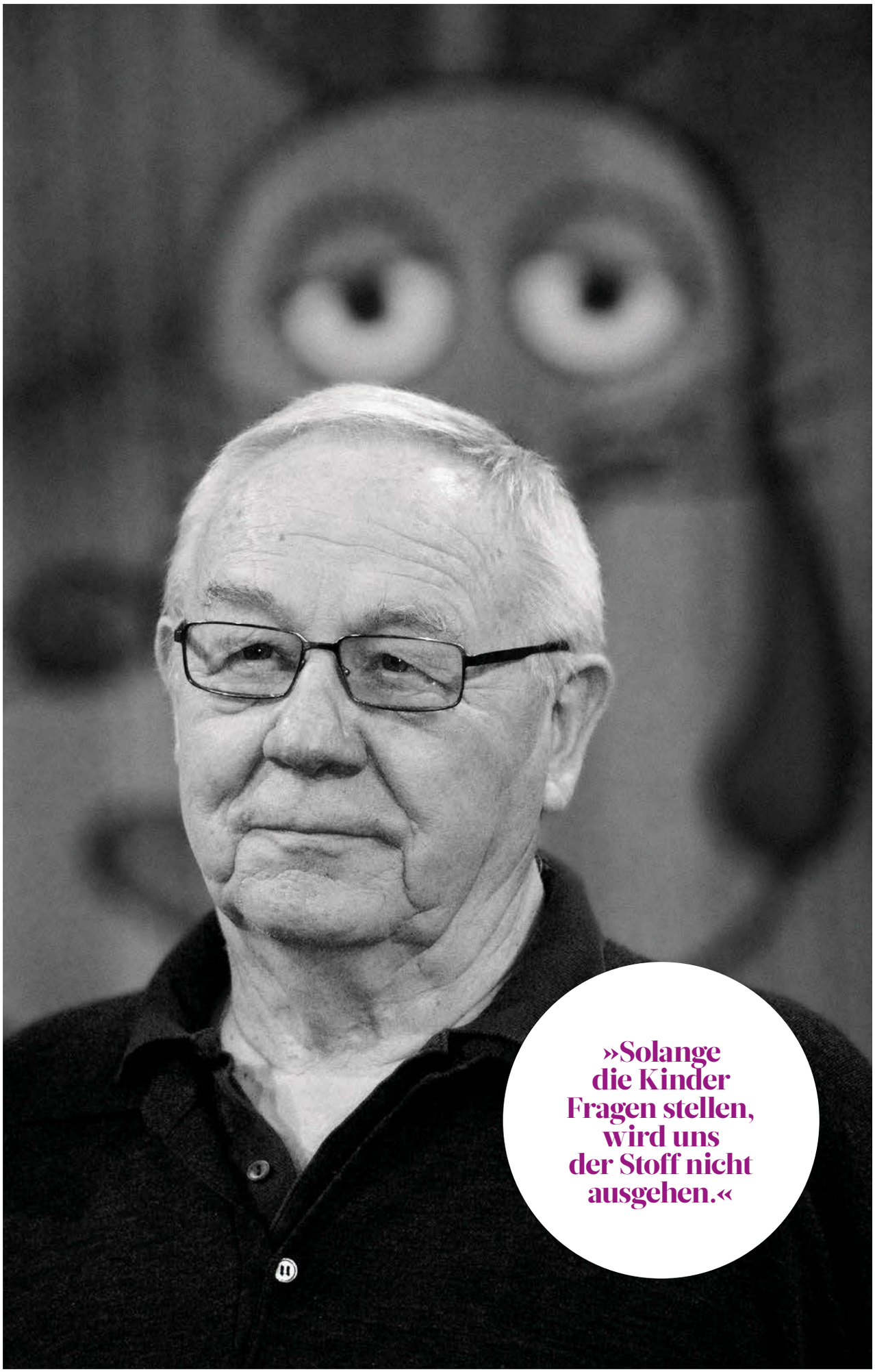
»Wir wollen eine neue Generation von Unternehmern und Führern ausbilden.«

Foto: Fritz Beck

Der Lehrer

→ Akademiker aus Afrika zieht es meist ins Ausland. Fred Swaniker bleibt, um Führungskräfte von morgen auszubilden – und zu halten

„Überall in Afrika gibt es gebildete und talentierte Menschen", sagt Fred Swaniker. Doch vor Ort, in ihren Heimatländern, können sie sich selten entfalten. Jedes Jahr gehen Tausende talentierte junge Menschen zum Studium nach Europa oder in die USA, wo bessere Aufstiegschancen und stabile Lebensverhältnisse locken. Auch Swaniker, gebürtiger Ghanaer und Sohn eines Richters und einer Lehrerin, zog es in die USA. An der Stanford School of Business gehörte er zu den Jahrgangsbesten. Trotzdem kehrte er nach Afrika zurück, fing als Berater bei McKinsey in Johannesburg an – und gründete dort 2014 die „African Leadership Academy". Die durch Spenden finanzierte Schule nimmt jedes Jahr 100 Bewerber auf. Diese potenziellen „Leader" sollen die intellektuelle Ausblutung des Kontinents stoppen. Absolventen werden Teil eines Netzwerks, das sie auf ihrem beruflichen Weg gezielt fördert. Damit sie wie der 40-jährige Swaniker große Aufgaben in ihren Heimatländern angehen können.



»Solange die Kinder Fragen stellen, wird uns der Stoff nicht ausgehen.«

Foto: dpa/picture alliance

Der Erklärer

→ Fernsehen kann schlauer machen. Den Beweis liefert Armin Maiwald, der Erfinder der „Lach- und Sachgeschichten"

Die erste Maus, die viele deutsche Kinder zu Gesicht bekommen, ist orangefarben. Und von ihrem ersten Lehrer kennen sie vor allem die warme Erzählstimme. Mit der erklärt Armin Maiwald seit 1971, wie die Streifen in die Zahnpastatube kommen. Wie ein Sandstrand entsteht. Oder wie der Reißverschluss funktioniert. Mehr als 2.000 Wissensgeschichten hat der Kölner für „Die Sendung mit der Maus" produziert und gesprochen und damit für Generationen von Kindern die Welt erschlossen. Aus Maiwald, der Theaterwissenschaft studiert hatte, wurde ein Forscher, der Wissen lebendig und anschaulich inszeniert. Alltagswunder statt grauer Theorie. „Sich Mühe geben und genau recherchieren", beschreibt der heute 76-Jährige sein Arbeitscredo. Seine Qualität ist das Zögerliche. Statt mit Wissen zu protzen, zeigt er, wie viel Spaß es macht, etwas herauszufinden – selbst wenn das für den Beitrag über die Wirkung von Vitamin C im Körper drei Jahre dauert. Der Film selbst war dann knapp acht Minuten lang.

»In Deutschland bleibt der Bildungsweg eines Kindes abhängig von der Herkunft.«

Foto: Jens Passoth/laif

Die Reformerin

→ Reiches Land, gerechtes Land: Die Soziologin Jutta Allmendinger will unsere Schullandschaft durchlässiger gestalten

Seit dem PISA-Schock (2001) hat sich an deutschen Schulen viel getan. Doch nicht bei der Gerechtigkeit. 2006 schrieb das Bundesministerium für Bildung: „In keinem anderen Industriestaat ist die sozioökonomische Herkunft so sehr entscheidend über den Schulerfolg und die Bildungschancen wie in Deutschland." 2014 die Bertelsmann-Stiftung: „Chancengerechtigkeit bleibt die größte Baustelle." Der Weg zu mehr Gerechtigkeit, dies ist das Thema von Jutta Allmendinger, Präsidentin des Wissenschaftszentrums Berlin. Dort leitet sie das weltweit renommierte Institut für Sozial- und Arbeitsmarktforschung. In einer bahnbrechenden Langzeitstudie begleitete Allmendinger vier Kinder über anderthalb Jahrzehnte. Die Biografien decken sich mit den Statistiken: Die Kinder alleinerziehender oder sozial schwacher Eltern blieben auf der Strecke. Privilegierte zogen an ihnen vorbei. Bei identischer Ausgangsbegabung. Allmendinger schlägt Ganztagsschulen wie im Rest Europas vor, gemeinsames Lernen bei differenzierter Förderung: „Es fördert die schwachen Schüler und stärkt erwiesenermaßen auch die guten."

Welcher Intelligenztyp sind Sie?

Machen Sie sich an diese Aufgaben – und lernen Sie Ihre Persönlichkeit besser kennen, Ihr Gehirn und Ihr Denken! Und entdecken Sie mehr über die Welt der Intelligenz und wie sie getestet wird.

Aufgabe 1: Bilder merken

Hier sehen Sie 50 Bilder. Sie brauchen nichts weiter zu tun, als sich jedes einzelne zwei bis drei Sekunden lang anzuschauen. Versuchen Sie nicht, irgendeine Strategie zu entwickeln, um sich die Bilder zu merken: Schauen Sie einfach nur alle an, und versuchen Sie, sie aufzunehmen.

DAS WACHSTUMS-PROGRAMM

Laufen, sprechen, rechnen, lesen, schreiben, kochen, Witze erzählen: Alles, was den Menschen ausmacht, muss der Mensch erlernen. Bildung ist das Betriebssystem des Homo sapiens. Eine kurze Einführung in die Physiologie des Lernens, der Intelligenz und des Alterns. Mit vier Tests, bei denen Sie sich kennenlernen: Ihre Art zu denken, zu fühlen und zu handeln.

Schon gleich nach Geburt zeigt sich eines der erstaunlichsten Vermögen des Menschen: seine Lernfähigkeit. Bereits nach wenigen Stunden kann ein Säugling die Augen seiner Mutter fixieren, drei Tage später erkennt er ihre Stimme aus einem Gewirr von Geräuschen. Und mit vier Monaten formt er selbst erste unbeholfene Vokale.

Ein Neugeborenes kann jede Sprache akzentfrei erlernen, gleichgültig, wo es zur Welt kommt – das gilt für Chinesisch ebenso wie für Kisuaheli oder Schwyzerdütsch. Erst später tun wir uns mit einem fremden Zungenschlag schwer. Mit anderthalb Jahren gebietet ein Kind über einen Schatz von 50 Wörtern. Ein halbes Jahr später sagt es zum ersten Mal „ich“.

Kein anderes Lebewesen auf dem Planeten benötigt so lange, um zu reifen: Fast zwei Dekaden dauert es, bis ein Heranwachsender sich unfallfrei durch das Leben bewegen kann. Zugleich aber ist auch keine andere Spezies auf so faszinierende Weise vielfältig und offen: Während Tiere Spezialisten sind – junge Adler lernen zu fliegen, Delfine zu schwimmen, Geparde zu rennen –, üben sich Menschen nicht nur darin, aufrecht zu gehen, zu sprechen, zu lesen oder zu schreiben. Sie lernen, Autos zu bauen, Dampfturbinen zu konstruieren, Raumgleiter zu steuern, Oratorien zu singen, Gärten anzulegen.

Die Biografie jedes Menschen ist eine Art Bildungsreise durch die Zeit: eine Geschichte der Neugier und Entdeckungslust, der Frustration, auch des Scheiterns und des Wiederanfangens. Der Mensch ist nie fertig. Mit jeder neuen Fähigkeit lernt er zugleich auch das Lernen selbst. Es ist ein Vermögen, das sich im Lauf der Jahre wandelt und verändert. Folgen wir dieser Reise.

Die Persönlichkeit in der Wiege

Bereits während der Schwangerschaft und in den ersten Monaten nach der Geburt passiert Entscheidendes, sagen Neurowissenschaftler wie der Bremer Hirnforscher Gerhard Roth: Im Gehirn bilden sich Persönlichkeitsstrukturen aus, die für unseren Lernerfolg entscheidend sind. Neuronale Netze beeinflussen über einen Cocktail an Botenstoffen, wie stark wir nach Belohnung streben und uns motivieren können, wie wir Frust bewältigen und wie uns in Momenten der Aufregung oder Anspannung beruhigen können. All diese Mechanismen

»Weniger zu denken führt oft eher zum Ziel, als zu viel zu denken.«

Richard Haier, emeritierter Professor an der University of California

Aufgabe 2: Hund zeichnen

Nehmen Sie einen Stift und ein DIN-A4-Blatt, legen Sie es quer vor sich hin und zeichnen Sie einen Hund. Lassen Sie sich Zeit. Zeichnen Sie einfach einen Hund – so gut Sie können.

Aufgabe 3: Links oder rechts?

Viele Menschen sind weder ganz und gar Linkshänder noch ganz und gar Rechtshänder. Sie weisen unterschiedliche Präferenzen auf, je nach augenblicklicher Tätigkeit oder dem Gegenstand, mit dem sie gerade umgehen. Geben Sie Ihre Präferenzen an, indem Sie die entsprechenden Kästchen in der folgenden Tabelle ankreuzen:

	Immer mit links	Gewöhnlich mit links	Beide gleich oft	Gewöhnlich mit rechts	Immer mit rechts
Schreiben					
Werfen					
Zähne putzen					
Löffel halten					

Aufgabe 4: Rechnen

Bitte lösen Sie die folgenden Aufgaben:

a) Ein Schreibheft und ein Stift kosten zusammen 1,10 €. Das Schreibheft kostet 1 € mehr als der Stift. Wie viel kostet der Stift?

b) Wenn 5 Maschinen 5 Minuten brauchen, um 5 Hämmer zu machen, wie lange brauchen dann 100 Maschinen, um 100 Hämmer zu machen?

c) In einem Wald wütet eine Krankheit, die Bäume zerstört. Jeden Tag verdoppelt sich die Größe des Gebiets mit toten Bäumen. Wenn es 30 Tage dauert, bis die Krankheit den ganzen Wald zerstört hat, wie lange dauert es dann, bis die Krankheit die Hälfte des Waldes zerstört hat?

Illustrationen: C3 Visual Lab

»Unsere Persönlichkeit entwickelt sich schon sehr früh im Leben.«

Gerhard Roth ist Professor für Verhaltensphysiologie und Entwicklungsneurobiologie am Institut für Hirnforschung der Universität Bremen.

→ entziehen sich der Kontrolle durch das Bewusstsein – aber die eigene Persönlichkeit prägt unser Lernverhalten ein Leben lang.

Zugleich ist in den ersten Jahren noch vieles offen und formbar. Das Gehirn ist ein „plastisches" Organ: Während es reift, bilden sich Milliarden Schaltstellen zwischen den Nervenzellen. Beanspruchte Verbindungen werden verstärkt, unnütze abgebaut. Aufmerksamkeit und Wärme durch die Eltern stärken in dieser Phase das labile Stressverarbeitungssystem; fehlt diese Zuwendung, kann es irreparabel geschädigt werden.

Mit 14 Jahren ist die Intelligenz gefestigt

Auch Intelligenz – neben Persönlichkeit das zweite entscheidende Rüstzeug – ist nur zur Hälfte durch Gene und frühkindliche Erfahrungen festgelegt, wie Untersuchungen an eineiigen Zwillingen zeigen. Die andere Hälfte können in den kommenden Jahren Eltern, Erzieher und Lehrer durch die Ermutigung zu Neugier, Durchhaltevermögen und Erkenntnislust fördern. Äußere Einflüsse dieser Art bewirken eine Differenz von bis zu 40 IQ-Punkten und damit den Unterschied zwischen durchschnittlicher Klugheit und Hochbegabung.

Allerdings warnt Neurowissenschaftler Roth davor, das kindliche Gehirn in den ersten drei Lebensjahren mit gezielter Förderung zu traktieren, das könne sogar schädlich sein. Denn das Denkorgan reift und strukturiert sich fortwährend um, über spezielle Begabungen lasse sich in dieser Zeit noch nichts sagen. Eine breit angelegte Stimulation sei das Beste für die Synapsen.

Erst ab dem fünften Lebensjahr deutet sich an, wie schnell ein Kind im Kopf sein wird. Mit 14 Jahren hat sich seine Intelligenz gefestigt und lässt sich zuverlässig durch einen Test bestimmen.

Die Basis ist jetzt gelegt. So klug wie jetzt werden wir in etwa auch als Erwachsene sein.

Rein physiologisch erreicht das Gehirn schon zwei Jahre später den Gipfel seiner Leistungskraft. Die „fluide Intelligenz" – den Begriff schuf 1963 der US-Psychologe Raymond Cattell – ist jetzt maximal ausgeprägt: Die Nervenbahnen arbeiten besonders rasant, mit 360 Stundenkilometern leiten sie elektrische Impulse weiter. Später werden es „nur" noch gut 300 Stundenkilometer sein.

Entscheidend ist allerdings, was der Mensch mit diesen Impulsen anzufangen weiß. Deshalb definieren Neurowissenschaftler Intelligenz nüchtern als die Fähigkeit, unter Zeitdruck Probleme zu erfassen und zu lösen. Das hängt nicht von der Größe des Gehirns ab und weniger mit der Anzahl als mit dem Einsatz der Nervenzellen. Talent zur Effizienz nennt das der amerikanische Psychologe Richard Haier: Bildgebende Verfahren zeigen, dass sehr kluge Menschen beim Bearbeiten kniffliger Aufgaben ihr Denkorgan nicht intensiver, sondern sogar weniger anstrengen als durchschnittlich Begabte. Sie verstehen es, nur unbedingt benötigte Gehirnareale zu aktivieren, und fahren andere gleichsam herunter.

Tatsächlich ist das Gehirn ja ein ressourcenfressendes Organ; es macht zwar nur zwei Prozent der gesamten Körpermasse aus, verbraucht aber ein Fünftel an Energie. Ökonomie ist also überlebenswichtig.

Konzentration als Höchstleistung

Was aber geht beim Lernen selbst eigentlich in unserem Kopf vor sich? Zunächst einmal muss sich das Gehirn konzentrieren, schon das ist eine Höchstleistung. Gleichzeitig, so lautet eine berühmte These des Psychologen George Miller aus den 1950er-Jahren, können wir uns nur auf „fünf plus/minus zwei" Dinge fokussieren. Miller war zu optimistisch: Neuere Untersuchungen kommen auf bestenfalls dreieinhalb Elemente.

Jede Vokabel, jedes Faktum, das zu Wissen werden soll, muss das Kurzzeitgedächtnis passieren: eine Art Arbeitsspeicher des Gehirns, der darüber entscheidet, was Zugang zu tieferen Erinnerungsschichten erhält. Nur, was unsere Aufmerksamkeit erregt, gelangt durch dieses Nadelöhr (lesen Sie dazu mehr auf Seite 38).

Was nicht das Interesse fesselt, ist schon nach fünf Sekunden wieder aus dem Kurzzeitspeicher verschwunden. Auch diese Zensur folgt dem strengen Gesetz der Ökonomie: Denn eigentlich wäre die Großhirnrinde fähig, alles aufzuzeichnen, was wir jemals erleben oder erfahren. Das beweisen Menschen, die am hyperthymestischen Syndrom leiden und unfähig sind zu vergessen. So wie der Restaurantbesitzer Jacques Scarella aus Washington, der sich noch nach Jahren an jede einzelne Bestellung seiner Gäste und ihre Gesichter erinnern konnte. Oder Jill Price aus Los Angeles, die sich jeden Tag ihres Lebens seit dem 5. Februar 1980 – damals war sie 14 Jahre alt – vergegenwärtigen kann. Dergleichen Akrobatik ist beeindruckend, aber letztlich

Wie definiert man Intelligenz?

Über die Antwort debattieren Hirnforscher, Pädagogen, Soziologen und Anthropologen seit mehr als 100 Jahren.

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts versuchen Forscher, Arten von Intelligenz zu klassifizieren. Der US-Psychologe Leon Thurstone kam in den Dreißigerjahren auf sieben „Primärfähigkeiten": Gedächtnis, Rechnen, Wahrnehmungsgeschwindigkeit, Schlussfolgern, Raumvorstellung, Wortverständnis und Wortflüssigkeit. Die Briten Cyril Burt und Philip Vernon unterschieden unter anderem verbale, numerische, praktische, mechanische, räumliche und physikalische Fähigkeiten. Der Amerikaner John Carroll entwickelte im Anschluss an Raymond Cattells „fluide" und „kristalline" Intelligenz ein hierarchisches Dreischichtenmodell mit fast 70 Primärfaktoren, darunter Aufmerksamkeit, auditive und visuelle Wahrnehmung, Abruffähigkeit des Gedächtnisses und Entscheidungsgeschwindigkeit. Ganz an der Spitze steht wie bei den meisten modernen Theorien die „allgemeine Intelligenz". Alternative Modelle, die eine „emotionale", „soziale" oder „praktische" Intelligenz behaupten, gelten unter strengen Neurowissenschaftlern als umstritten, weil sie sich nicht ausreichend auf empirische Daten stützen.

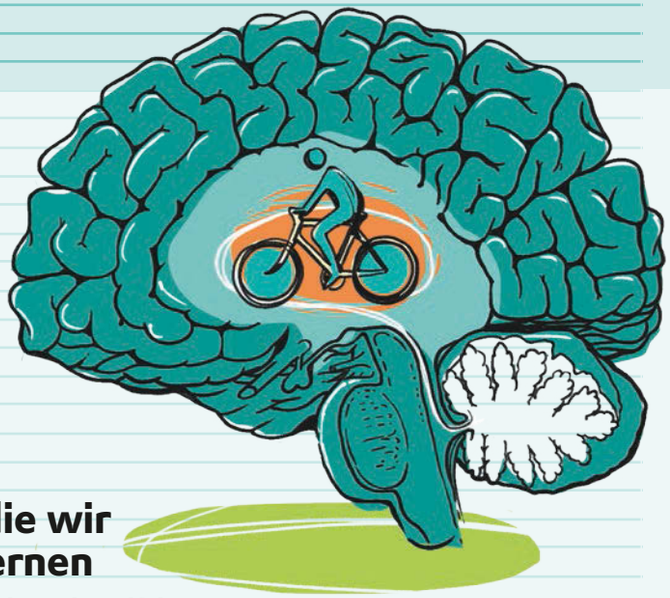
Die Herausforderung: Tests zu finden, die kulturübergreifend funktionieren.

nutzlos. Für das Gehirn hat es keinen Sinn, jede banale Information aus dem bunten Allerlei an Sprachfetzen, Klingeltönen und Netzhautbildern, das Sekunde für Sekunde auf uns einstürzt, aufzubewahren.

Erst ein Fakt oder Sinnenreiz, der uns wichtig erscheint, Belohnung verspricht, Freude, Begeisterung auslöst oder Befürchtung weckt, kann den Kurzzeitspeicher passieren und ins Langzeitgedächtnis gelangen. Auch das ist eine kleine Reise, bei der das Neue wie ein Treibgut durch immer engmaschigere Netze von Erinnerungsschichten sinkt und sich verfängt.

Das Gehirn verändert sich bei jedem Lernprozess auch anatomisch: An den Nervenzellen bilden sich neue Verbindungen und Fortsätze; Impulse werden schneller durchgeleitet. Jeder Abruf, jede Wiederholung verankert das neue Wissen besser in den neuronalen Netzen. Daher sind Fleiß, Ausdauer und Motivation für das Lernen unerlässlich – jene Persönlichkeitsmerkmale also, die teilweise schon vor der Geburt geprägt werden.

Zugleich verschiebt das Gehirn die Information nach und nach von der Großhirnrinde in immer tiefere Regionen, die dem Bewusstsein unzugänglich sind. Wer eine Fremdsprache, das Fahrradfahren, Klavierspielen oder neue Tanzschritte erlernt, muss darauf am Anfang allerhöchste Konzentration verwenden. Dann werden das Sprechen, die Befolgung von Syntax und Grammatik, die Abläufe von Bewegungen immer flüssiger und weitgehend automatisiert. Der Lernprozess ist abgeschlossen.



Motorisches Wissen speichern wir im Innern des Gehirns – dort altert es später.

Dinge, die wir nie verlernen

Zum Beispiel das Fahrradfahren

Wenn Kinder das Fahrradfahren erlernen, leistet die Großhirnrinde Schwerstarbeit: Die Kleinen müssen sich darauf konzentrieren, die Balance zu halten, in die Pedale zu treten, den Lenker zu greifen und nach vorn zu schauen. Nach und nach werden die Abläufe flüssiger und selbstverständlicher. Das Großhirn speichert die Bewegungsmuster ein paar Ebenen tiefer, in den Basalganglien. Schließlich wird das Radeln zur Gewohnheit, wir können nebenher reden, singen, pfeifen, ohne umzukippen: weil das motorische Wissen dafür tief im Innern des Gehirns lagert.

Volle Power ab Mitte zwanzig

So schnell wie mit 16 Jahren werden wir Daten zwar nie wieder verarbeiten können, doch erfreulicherweise reift eine andere Form der Klugheit erst später: die „kristalline“ Intelligenz, also die Fähigkeit, auf eigenes Wissen zurückzugreifen. Mit etwa 28 Jahren ergänzen sich Schnelligkeit des Denkens und Erfahrung auf ideale Weise. Wohl nicht zufällig sind vielen Naturwissenschaftlern in diesem Alter bedeutende Durchbrüche gelungen: Albert Einstein war 26, als er die „Spezielle Relativitätstheorie“ formulierte; Werner Heisenberg entdeckte im selben Alter Gesetze der Quantenmechanik, Marie Curie mit 29 die radioaktive Strahlung von Uran.

Schon bald darauf tun sich viele Menschen schwerer, sich lange Telefonnummern, neue Namen oder mehrere Dinge gleichzeitig zu merken. Das Gehirn altert – wie jedes andere Organ. So schrumpft der Hippocampus, eine Art Speicher für Faktenwissen, es schwinden Fortsätze an den Nervenzellen, die Informationen über größere Entfernungen übertragen. Es vermindern sich die Kontaktstellen zwischen den Neuronen.

Doch es folgen keineswegs unweigerlich Abstieg und Verfall. Denn das Gehirn ist auf faszinierende Weise in der Lage, diese Defizite zu kompensieren. Neurowissenschaftler haben nachgewiesen, dass es lebenslang seine „Plastizität“ behält: die erstaunliche Kapazität, sich umzustrukturieren und neu zu verdrahten. Ein gesundes Gehirn verliert daher nie seine Fähigkeit zu lernen. So können Menschen sich auch mit 40 oder 50 Jahren in einem neuen Beruf zurechtfinden. 70-Jährige beginnen, Japanisch oder Sanskrit zu lernen.

In mancher Hinsicht ist ein alterndes Denkorgan dem eines jungen Menschen sogar überlegen. Ältere schöpfen aus einem größeren Reservoir an Erfahrungen und Wissen. Sie erkennen bei auftretenden Schwierigkeiten schneller Muster, die es ihnen erleichtern, Lösungen zu finden. Außerdem geraten bei ihnen Verstand und Gefühl seltener in Konflikt, weil die Amygdala – ein Gehirnareal, das die Affekte steuert – im Alter an Macht über uns verliert. Emotionen wie Wut, Angst, Aggressivität beeinflussen bei älteren Menschen weniger die Entscheidungen.

Nicht ohne Grund sind es zumeist ältere Menschen, denen wir die Leitung von Staaten, Unternehmen oder großen Organisationen anvertrauen – und nicht Pubertierenden oder Endzwanzigern.

Viele Künstler und Denker haben weit jenseits der Lebensmitte bedeutende Werke geschaffen: Thomas Mann vollendete mit 49 Jahren den „Zauberberg“, der Philosoph Immanuel Kant als 66-Jähriger die „Kritik der Urteilskraft“. Johann Wolfgang von Goethe war 81, als er den „Faust II“ abschloss. Pianisten wie Vladimir Horowitz, Claudio Arrau oder Artur Rubinstein gaben jenseits der achtzig gefeierte Konzerte. Der Renaissancemaler Tizian, der fast 90 Jahre alt wurde, schuf bis ins hohe Alter Meisterwerke.

All das sind inspirierende Beispiele. Das Gehirn verliert offenbar seine Fähigkeit nicht, sich auf Neues einzulassen. Heute wissen Hirnforscher, dass es auch in späten Jahren desto besser arbeitet, je mehr es zuvor gefordert wurde. Auch Sport nützt ihm übrigens, denn die Muskeln setzen Stoffe frei, die über das Blut in den Kopf gelangen und die Neuronen anregen, Synapsen auszubilden.

So steht am Ende eine ermutigende Botschaft: Unser individueller Bildungsroman ist eine offene Geschichte; eine Erzählung, an deren Verlauf und Wendungen wir selbst mitschreiben können, bis ganz zum Schluss.

Nur eines ist gewiss: Stagnation und Stillstand veröden den Geist.

Ralf Berhorst ist Journalist in Berlin und schreibt vor allem für Geo Epoche. Bei den Recherchen zu diesem Artikel hat ihn die Wandelbarkeit des Gehirns beeindruckt, seine Fähigkeit, Defizite und Alterungsprozesse auszugleichen.

Illustrationen: C3 Visual Lab

Entdecken Sie nun Ihre Intelligenz!

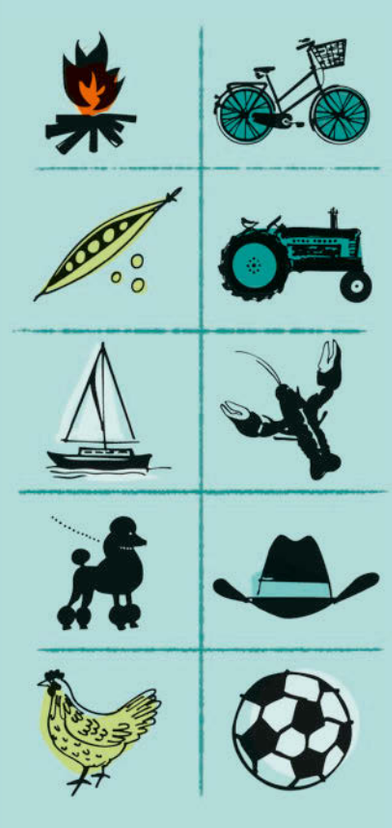
Vier simple Tests, die Aufschluss geben über das enorme Fassungsvermögen ihres Gedächtnisses, Ihre Intuition, Intelligenz und Ihre Art zu denken. Alle Angaben natürlich ohne jegliche Gewähr.

Lösung 1: Ihr Gedächtnis

Es geht kurz weiter: Hier sehen Sie zwei Reihen von Bildpaaren. Von jedem Paar haben Sie ein Bild bereits auf der ersten Seite gesehen, während das andere neu ist. Ihre Aufgabe ist es, das bereits bekannte Bild eines jeden Paares herauszusuchen.

Auflösung und Erklärung:

Die bekannten Bilder waren: Anker, Kaffeekanne, Paddelboot, Trompete, Wohnwagen, Fahrrad, Traktor, Segelboot, Pudel und Huhn. Wie viele hatten Sie richtig? Alle? Glückwunsch! Es kommt noch besser. Wahrscheinlich haben Sie alle 50 Bilder erfolgreich im Gedächtnis gespeichert. Eine viel umfangreichere Version dieser Studie wurde in den 1970er-Jahren durchgeführt. Sogar bei 10.000 Bildern merkten sich Teilnehmer durchschnittlich 83 Prozent. Dieser Test belegt unsere enorme Gedächtnisfähigkeit zum Wiedererkennen; für die meisten Alltagssituationen ist diese Fähigkeit von zentraler Bedeutung.



Lösung 2: Ihre Intelligenz

Bewerten Sie Ihre Zeichnung. Geben Sie sich je einen Punkt für die folgenden Merkmale:

Punktskala für den Hund

1. Kopf vorhanden
2. Hals vorhanden
3. Hals plastisch – muss in Kopf oder Körper übergehen
4. Augen vorhanden
5. Augendetail – Wimpern
6. Augendetail – Pupille
7. Blick – Augen sind fokussiert/ blicken in die gleiche Richtung
8. Nase vorhanden – jegliche Andeutung
9. Nase vorhanden – plastisch
10. Maul vorhanden
11. Lefzen plastisch
12. Fell oder Flecken – jegliche Andeutung
13. Fell I – Gekritzel, das sich mit dem Körper deckt – und/oder Flecken
14. Fell II – deutlich gezeichnet, nicht nur Gekritzel oder gestrichelter Umriss
15. Ohren vorhanden
16. Ohren proportioniert – länger als breit
17. Beine vorhanden – jegliche Andeutung
18. Vier Beine
19. Beine in Bewegung – oder in liegender Stellung
20. Beine proportioniert – länger als breit
21. Beine plastisch
22. Abstand zwischen Vorder- und Hinterbeinen
23. Beine perspektivisch
24. Andeutung von Leisten am Beinansatz
25. Beine proportioniert – werden von oben nach unten schmaler
26. Zehen vorhanden
27. Pfoten – jegliche Andeutung
28. Pfoten – plastisch
29. Details der Zehen korrekt
30. Rumpf vorhanden
31. Rumpf proportioniert – länger als breit
32. Kopf nicht größer als die Hälfte und nicht kleiner als ein Zehntel der Körperbreite

Eine Fundgrube an Tests ist „Das Psychotest-Buch“ von Ben Ambridge. Der Dozent für Psychologie an der Universität von Liverpool hat wissenswerte und überraschende Psycho- und Intelligenztests zusammengetragen. Entstanden ist eine unterhaltsame Bildungsreise, sehr gut geeignet zum gemeinsamen Lesen, Spielen, Staunen und Testen.

Lösung 3: Die Flexibilität Ihres Denkens

Um die Prozentzahl für Ihre Händigkeit zu berechnen, zählen Sie die vier Zahlen aus den Kästchen zusammen, die Sie angekreuzt haben, und teilen Sie sie dann durch vier.

	Immer mit links	Gewöhnlich mit links	Beide gleich oft	Gewöhnlich mit rechts	Immer mit rechts
Schreiben	-100	-50	0	50	100
Werfen	-100	-50	0	50	100
Zähne putzen	-100	-50	0	50	100
Löffel halten	-100	-50	0	50	100

Wenn Ihre Prozentzahl für die Händigkeit über 80 liegt (ohne Beachtung der Minuszeichen), dann sind Sie ein Mensch mit konsistenter Handpräferenz. Wenn Ihre Prozentzahl unter 80 liegt (ohne Beachtung der Minuszeichen), dann sind Sie ein Mensch mit inkonsistenter Handpräferenz.
Was sagt dieser Wert über Sie aus? Es hat sich gezeigt, dass das Maß der Präferenz für eine Hand (ob die linke oder die rechte) in signifikanter Weise zahlreiche Merkmale vorhersagen kann, die mit Intelligenz, Gedächtnis und vielem anderem zu tun haben.

In einer Studie fand man heraus, dass im Vergleich zu konsistenten Rechtshändern Menschen mit einer inkonsistenten Handpräferenz…

… ein besseres Gedächtnis haben, ganz gleich, ob es um die Erinnerung an Wortlisten, das eigene Leben, die Kindheit, Träume, Gesichter oder Textpassagen geht.
… stärker auf Placeboeffekte reagieren.
… gutgläubiger und eher geneigt sind, an Magie zu glauben.
… eine größere Vorliebe für obskure musikalische Genres haben.
… eher dazu neigen, an die Evolution zu glauben als an den Kreationismus.
… eine größere Verlustaversion haben (sie halten es für wichtiger, keine Verluste zu erleiden, als Gewinne zu erzielen).
… sich besser in die Perspektive anderer Menschen hineinversetzen können und weniger wahrscheinlich politisch rechte Ansichten haben.
… weniger Markentreue an den Tag legen als andere.
… schneller einschlafen.

Was haben diese Merkmale gemeinsam?
Die meisten (selbst die weniger positiven wie Gutgläubigkeit) spiegeln eine gewisse Flexibilität des Denkens wider. Aber warum weisen Menschen mit inkonsistenter Handpräferenz diese Flexibilität auf? Weil die Betroffenen ein Gehirn haben, in dem sich die beiden Hemisphären fleißig austauschen, statt eher isoliert zu arbeiten. Weil die linke Gehirnhälfte die rechte Hand kontrolliert (und umgekehrt), ist eine inkonsistente Handpräferenz eine Folge dessen, dass man ein Gehirn mit einer hohen hemisphärischen Interaktion besitzt.

33. Gesicht ist länger als breit
34. Schwanz vorhanden
35. Schwanz – plastisch
36. Schwanz gestaltet
37. Linien für die Bewegungskoordination
38. Gelenke für die Bewegungskoordination
39. Kopfumriss – gute Kontur
40. Rumpfumriss – Abweichung von der ovalen Form
41. Halsband oder Leine

Erklärung
Die Draw-A-Dog Scale ist ein echter psychologischer Test, der dazu genutzt wird, die kognitive Entwicklung eines Kindes zu messen. Die durchschnittlichen Werte für fünf-, sechs- und siebenjährige Kinder liegen bei 14, 18 und 22 Punkten. Die Logik hinter diesem Test ist, dass er eine relativ reine Messung der kognitiven Entwicklung ermöglicht, die nicht von anderen Faktoren getrübt wird. So werden zum Beispiel traditionellere Intelligenztests, die auf Sprache, Mathematik oder Logik beruhen, von Faktoren wie der Fähigkeit des Kindes, zu lesen oder verbale Anweisungen zu befolgen, beeinflusst und sind daher eher ein Maßstab für das Bildungsniveau als für die rein kognitive Entwicklung.

Lösung 4: Ihre Intuition

Auf alle drei Fragen gibt es Antworten, die auf der Hand liegen:
(a) 10 Cent, (b) 100 Minuten, (c) 15 Tage.

Aber diese offenkundigen Antworten sind alle falsch. Hier kommen die richtigen:
a) 5 Cent (das Schreibheft kostet 1,05 €)
b) 5 Minuten (die Zeit, die x Maschinen brauchen, um x Hämmer zu machen)
c) 29 Tage (am 30. Tag verdoppelt sich die Größe des Gebiets von der Hälfte des Waldes auf den ganzen Wald)

Die richtigen Antworten sind ziemlich offenkundig – wenn Sie einen Moment innehalten und sich besinnen, und genau darum geht es. Viele Menschen halten eben nicht inne, denn es gibt ja eine „offenkundige" – wenn auch falsche – Antwort.
Der Test hat Ihren kognitiven Stil (oder Ihre Denkweise) geprüft. Menschen, die gar nicht anders können, als die Antwort zu geben, die sich „richtig anfühlt", haben eine intuitive Denkweise, sie sind impulsiv und lassen ihr Herz ihren Kopf regieren. Menschen, die die Falle bemerken, haben eine analytische Denkweise: Sie halten inne und besinnen sich, um zur richtigen Lösung zu gelangen.

Menschen mit einer analytischen Denkweise…
… neigen weniger dazu, bei Tests zu mogeln.
… sind intelligenter und gehen eher auf eine renommierte Universität.
… haben mehr Geduld. Und sind widerstandsfähiger gegen Süchte, Glücksspiel und Fettleibigkeit.
… sind weniger wahrscheinlich religiös.
… sind eher männlich.

Ja, Männer übertreffen Frauen bei diesem Test (mit einem Durchschnitt von 1,5 zu 1,0 korrekten Antworten). Während Männer recht unterschiedliche falsche Antworten geben, geben Frauen eher die intuitiv richtigen, gleichwohl falschen Antworten. Natürlich behauptet niemand, diese Unterschiede seien genetisch. Vielleicht ermutigt die Gesellschaft Frauen nicht zu analytischem Denken? Und vielleicht ist in den meisten Alltagssituationen intuitives Denken auch tatsächlich hilfreicher als analytisches?
Ein überraschendes Ergebnis dabei ist jedoch, dass der Begriff der „weiblichen Intuition" – den Sie vielleicht als pseudopsychologischen Humbug abgetan haben – anscheinend einen wahren Kern trifft. Ob das gut oder schlecht ist, sei dahingestellt, aber Frauen haben tatsächlich eine intuitivere Denkweise als Männer.

Illustrationen: C3 Visual Lab

Es geht um wesentlich mehr als nur darum, sich Wissen anzueignen

Wozu Bildung taugt

Sie ist die beste Medizin: Bildung sprengt soziale Grenzen, gestaltet Gesellschaften und meistert selbst die unsicherste Zukunft. Und das Beste daran: Jeder kann sofort mitmachen!

Es gibt Kindergärten, die wie selbstverständlich Englisch anbieten, und Grundschulen, die Chinesisch im Programm haben – so viel Bildungsdrang gab es in Deutschland selten. Je mehr, desto besser, scheint der neue Konsens der oft beschworenen „Wissensgesellschaft" zu sein. Zumindest bei Eltern, die ihren Nachwuchs so früh wie möglich auf den harten Wettbewerb in einer globalisierten Welt vorbereiten wollen. Wird Bildung damit zum Abwehrschild, gespeist aus Abstiegs- und Verlustängsten? Oder wird sie zumindest in bestimmten Schichten zum Distinktionsmerkmal, zu einer Art Prestige-Accessoire?

Natürlich längst nicht in allen Schichten: „Ist zur Schule gehn nicht dein Ding? Nein? / Unser Schulsystem hat kein Sinn, ich weiß, also schmeiß hin / Oder bleib drin, doch sei kein Feigling / Denn wenn du nur machst, was man dir sagt, wirst dus nicht weit bring", textet der Deutschrapper Sido mit Kollegen in seinem Stück „Schule" und verleiht damit dem traditionellen Schüler-Argwohn gegenüber staatlich organisierter Wissensvermittlung zeitgemäßen Ausdruck. Kein Grund zur Panik. Manche Elterngeneration wippte zum Chart-Hit „Hurra, hurra, die Schule brennt" durch die 1980er-Jahre, trotzdem loderten keine Feuer. Anderer Style, gleiche Message – und die ewig gleiche, immer wieder neu berechtigte Frage: Was soll das alles bringen? Und wem genau?

Alle Kräfte mobilisieren

Sido und seine Rap-Freunde singen gegen den Lernzwang an und treten für ein Maximum an Individualität und Freiheit ein. Das klingt nicht unsympathisch. Der Gedanke ist auch nicht neu, im Gegenteil. Hätten sie besser in der Schule aufgepasst, wäre ihnen vielleicht aufgegangen, wie sehr ihre Rebellenpose den Kern eines der ältesten Bildungsideale trifft: Für Humanisten wie den deutschen Universalgelehrten Wilhelm von Humboldt war Bildung nichts anderes als die Mobilisierung aller Kräfte des Menschen, die zu einer sich selbst bestimmenden Individualität und Persönlichkeit führen. Diese Entwicklung ist seiner Ansicht nach auf die Freiheit der Verhältnisse und der Person angewiesen, nur unter solchen Umständen kann der Mensch sein Potenzial voll ausschöpfen.

Der Philosoph Hans Margolius formulierte es etwas anders: „Bildung ist nicht Wissen, sondern Interesse am Wissen." Sie ist aus dieser Perspektive keine Zumutung, kein Accessoire oder Schutzschild, sondern im Gegenteil wichtigste Voraussetzung der Persönlichkeitsformung und Entwicklung. Einer Entwicklung übrigens, auf die demokratisch und freiheitlich verfasste Gesellschaften zwingend angewiesen sind. Denn erst diese Ermächtigung durch Wissen und Reflexion befähigt uns, so postuliert der Erziehungswissenschaftler Wolfgang Klafki, sich den Zumutungen der Gesellschaft, die der individuellen Entfaltung entgegenstehen, zu widersetzen: „Kritikfähigkeit und Rollendistanz stellen insoweit ein zentrales Element von Bildung dar." Diese Eigenschaften sind konstituierende Säulen freier Gemeinwesen.

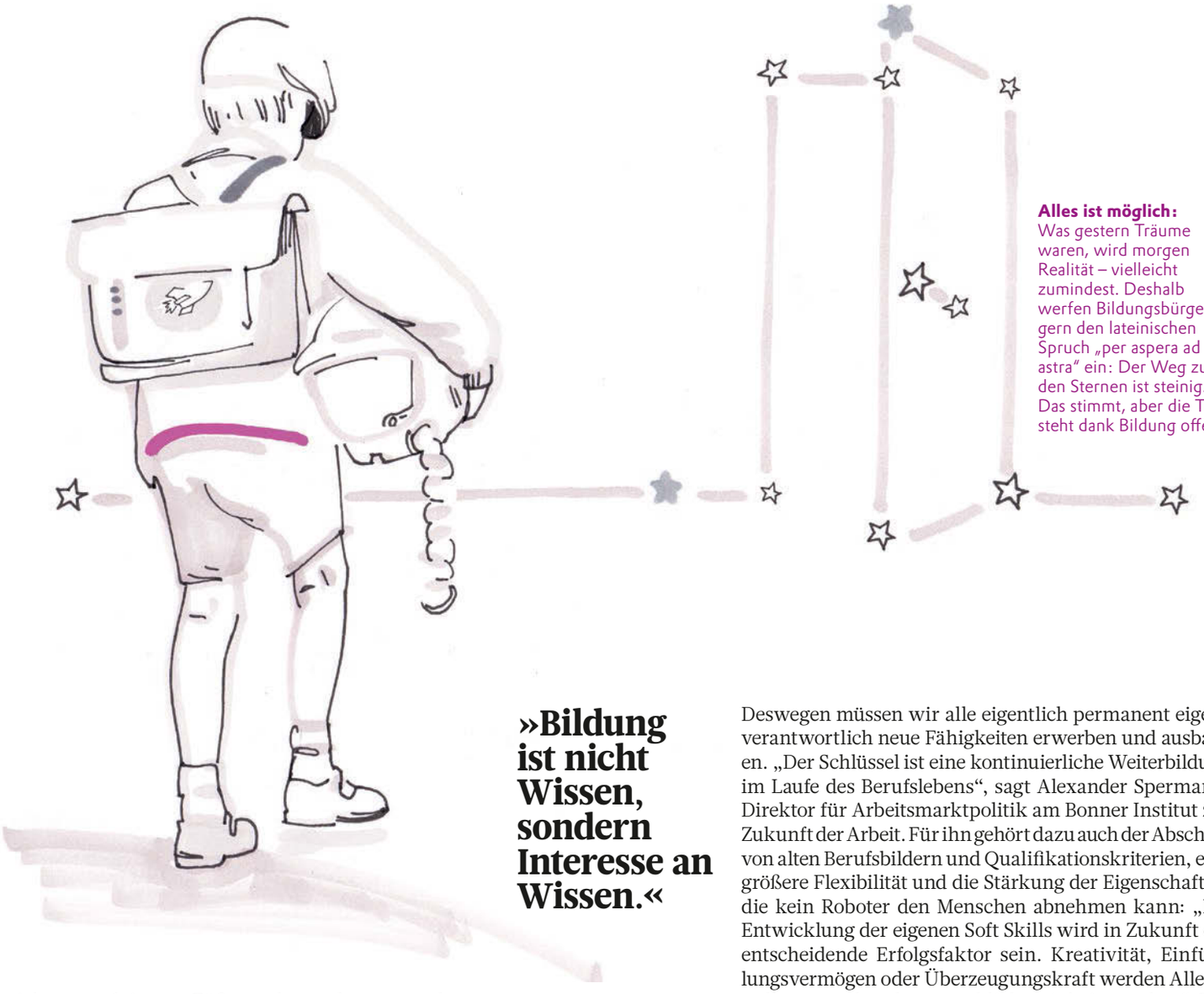
Wer gebildet ist, kommt besser klar

Im Umkehrschluss heißt das: Wer weniger gebildet ist, läuft schneller Gefahr, zum willfährigen Mitläufer zu werden. Wobei Bildung hier nicht immer formale Bildung im Sinne anerkannter staatlicher Institutionen sein muss – aber durchaus sein kann. Denn die hat allen Studien zufolge messbare Auswirkungen auf Wohlstand und politisches Engagement.

Organisationen wie die OECD drängen auf höhere Akademikerquoten, auch in Deutschland. Denn die Erfahrung zeigt, dass akademisch gebildete Menschen in hoch entwickelten, postindustriellen Gesellschaften tendenziell besser zurechtkommen. Die Bundeszentrale für politische Bildung stellt fest: „Sie leben länger und gesünder, sie zeigen höhere politische und soziale Teilhabe und finden auch leichter einen anderen Arbeitsplatz, wo sich ihnen mehr individuelle Wahlmöglichkeiten der Berufs- und Erwerbskarrieren bieten."

Länderübergreifende Studien wie die der OECD vernachlässigen oft allerdings einen wichtigen, spezifisch deutschen Bildungsaspekt: die duale Ausbildung. Sie findet zu einem Großteil in Industrie und Handwerk statt und bringt bestens qualifizierte Fachkräfte hervor, die auf dem Arbeitsmarkt gute Chancen haben – was sie teilhaben lässt an der Entwicklung und dem Wohlstand der Gesellschaft. Diese ökonomische Partizipation ist neben der Persönlichkeitsentwicklung und der sozialen und politischen Einbindung die zentrale Bildungsfunktion.

Die deutsche Gesellschaft wird oft als zu starr und undurchlässig kritisiert. Unbestritten ist aber die Tatsache, dass Bildung und Ausbildung die wichtigsten Instrumente für den sozialen Aufstieg sind. Sie eröffnen die Möglichkeit, das eigene wirtschaftliche Biotop aus eigener Kraft zu verlassen und sich dauerhaft neu zu positionieren. Gerade das duale Bildungssystem erlaubt es auch jungen Menschen mit ungünstigeren Startchancen, gegebenenfalls später durch zusätzliche Qualifizierungen in soziale Regionen aufzusteigen, die ihnen andernfalls versperrt geblieben wären. Bildung hilft also, Menschen



Alles ist möglich: Was gestern Träume waren, wird morgen Realität – vielleicht zumindest. Deshalb werfen Bildungsbürger gern den lateinischen Spruch „per aspera ad astra" ein: Der Weg zu den Sternen ist steinig. Das stimmt, aber die Tür steht dank Bildung offen.

nicht nur auf eigenen Füßen stehen zu lassen, sondern ihren ökonomischen Möglichkeitenraum drastisch zu erweitern. Wer aber teilhaben kann, hilft zugleich, die Gesellschaft, die ihm das ermöglicht, zu stabilisieren.

Lust auf das Neue

In einem rohstoffarmen Land wie Deutschland und in einer sich durch Digitalisierung dramatisch ändernden Wirtschaft und Gesellschaft sind Bildung und Wissen immer wichtiger werdende zusätzliche Produktionsfaktoren – neben dem Kapital. Will die deutsche Wirtschaft ihre führende Position im globalen Wettbewerb dauerhaft erhalten und wollen die Arbeitnehmer weiterhin davon profitieren, führt das automatisch zu erhöhten Bildungsanforderungen an beide Seiten. Zukunftsforscher Matthias Horx spricht von einem „kreativen Kapitalismus", den es zu entwickeln gelte. Das verlangt mehr Forschung und Entwicklung, mehr Ideenreichtum und Innovation, mehr Bildung und Weiterqualifizierung.

Denn der extrem schnelle Wandel der Arbeitswelt führt dazu, dass in der Ausbildung oder im Studium erworbenes Wissen rasch überholt ist und nicht mehr für eine durchgehende Erwerbsbiografie ausreicht.

»Bildung ist nicht Wissen, sondern Interesse an Wissen.«

Deswegen müssen wir alle eigentlich permanent eigenverantwortlich neue Fähigkeiten erwerben und ausbauen. „Der Schlüssel ist eine kontinuierliche Weiterbildung im Laufe des Berufslebens", sagt Alexander Spermann, Direktor für Arbeitsmarktpolitik am Bonner Institut zur Zukunft der Arbeit. Für ihn gehört dazu auch der Abschied von alten Berufsbildern und Qualifikationskriterien, eine größere Flexibilität und die Stärkung der Eigenschaften, die kein Roboter den Menschen abnehmen kann: „Die Entwicklung der eigenen Soft Skills wird in Zukunft der entscheidende Erfolgsfaktor sein. Kreativität, Einfühlungsvermögen oder Überzeugungskraft werden Alleinstellungsmerkmale menschlicher Arbeit werden." Bildung ist der eine entscheidende Faktor, der Arbeitnehmer davor bewahrt, durch die fortschreitende Automatisierung ersetzt und ökonomisch abgehängt zu werden. Höhere Qualifizierung führt zugleich zu anspruchsvolleren, befriedigenderen und besser bezahlten Tätigkeiten.

Bildung ist auch für Arbeitgeber der wichtigste Faktor, um die umwälzenden Veränderungen durch die Digitalisierung erfolgreich zu bewältigen. Die Tendenz zu kleineren, flexibleren Einheiten, die Forderung nach mehr Experimentierfreude und Eigenverantwortung, nach flacheren Hierarchien und mehr Kreativität, mit denen die etablierten Unternehmen die neuen digitalen Herausforderungen meistern und der neuen Konkurrenz durch die digitalen Player begegnen wollen, sind in der Summe nichts anderes als: die Forderung nach mehr Bildung und Weiterbildung. Denn nur mit bestens gebildeten und ausgebildeten und daher selbstbewussten und optimistischen Kräften lässt sich die Zukunft dauerhaft erobern.

Das dürfte sogar Sido und seinen Kollegen gefallen. Wobei sie sich vermutlich eher an Oscar Wilde halten: „Bildung ist wunderbar. Doch sollte man sich von Zeit zu Zeit daran erinnern, dass wirklich Wissenswertes nicht gelehrt werden kann." ●

Rainer Schmidt war der Erste in seiner Familie, der studierte. Ergebnis: ein Diplom in Volkswirtschaft (Göttingen) und ein Master in International Journalism (London). Für seine Töchter sucht er eine Grundschule, in der vor allem Spaß am Lernen vermittelt wird.

Illustrationen: Henrik Abrahams, C3 Visual Lab

Wege zur Schule

Millionen Kinder machen sich jeden Morgen auf den Weg zur Schule. Viele nehmen dabei größte Strapazen in Kauf. Aber die können sie nicht abhalten. Weil sie was lernen wollen.

Foto: action press

Entschlossen radeln diese Kinder in Schuluniform auf provisorischen Holzplanken über eine Schlucht zum Unterricht. Der Wasserviadukt zwischen zwei Dörfern auf Java darf eigentlich nicht betreten werden, gilt aber als bequeme Abkürzung. In Indonesien ist Bildung wichtig: Noch vor drei Jahrzehnten war jeder dritte Indonesier Analphabet, bis heute wurde die Quote auf acht Prozent gedrückt.

Unverdrossen stapft ein palästinensisches Mädchen nach Schulschluss im Gazastreifen über Trümmer nach Hause. In der bislang letzten großen Auseinandersetzung zwischen Israel und der Terrororganisation Hamas sind hier Hunderte Familien obdachlos geworden. Die Kinder lernen trotzdem weiter. Denn Bildung bedeutet für sie auch die Hoffnung auf eine lebenswertere Zukunft.

Foto: AFP/Getty Images

Foto: dpa/picture-alliance

Fünf Stunden wandern die Kinder des Dorfes Gulu auf einem halsbrecherischen Pfad zu ihrer Schule an den Klippen in der Provinz Sichuan im Südwesten Chinas. Es geht rauf und runter in engen Serpentinen, teilweise kaum 40 Zentimeter breit. Ein Wasserfall-Generator versorgt fünf Klassenzimmer mit Strom, das Basketballfeld wird nie benutzt: Den Ball würde niemand zurückholen können.

Wer sich nicht selbst auf den Schulweg machen kann, der bleibt zurück – ausgeschlossen von Bildung. Beim 13-jährigen Samuel von der indischen Ostküste ist das nur anders, weil ihn seine jüngeren Brüder jeden Tag vier Kilometer im selbst gebauten, recht mürben Rollstuhl zur Schule ziehen und schieben, Flussdurchquerung inklusive. Der Wunsch von Samuel: später Medizin zu studieren.

Foto: Courtesy Everett Collection/actionpress

Facts + Figures

- Anteil der 25- bis 34-Jährigen mit abgeschlossenem Studium **2013**
- Anteil der 25- bis 64-Jährigen mit Studienabschluss, die einen Job haben **2013**
- Investitionen in Bildung pro Schüler zwischen sechs und 15 Jahren **2007**
- Bruttoinlandsprodukt pro Kopf **2013** [1993]

Quellen: OECD, Internationaler Währungsfonds, Weltbank

Bildung zahlt sich aus – weltweit

Lernen lohnt sich: Je höher der Bildungsabschluss, desto besser die Chance auf einen (besser bezahlten) Job und auf eine prosperierende Wirtschaft drum herum. Kein Wunder, dass sich viele Staaten engagieren, den Bildungsgrad der Menschen zu steigern – im Wissen, dass sich dieser Einsatz rentieren wird.

EVONIK

Starthilfe geben

Wenn der Start ins Berufsleben ein Fehlstart zu werden droht, brauchen Jugendliche jemanden, der sie unterstützt. Jemanden wie Evonik Industries. Im Programm „Start in den Beruf" können sich junge Menschen acht Monate lang verschiedene Berufsfelder ansehen, mithilfe von Sozialpädagogen ihre Teamfähigkeit trainieren und so ihre Ausbildungsreife erreichen. Am Ende unterschreiben die meisten einen Ausbildungsvertrag.
Zu den 50 Teilnehmern in Marl, Wesseling, Lülsdorf, Hanau-Wolfgang und Darmstadt-Weiterstadt kamen vergangenes Jahr zusätzlich noch 15 Flüchtlinge. „Ein wichtiger Beitrag zur Integration von Flüchtlingen in die Arbeitswelt", sagt Thomas Wessel. Für den Personalvorstand und Arbeitsdirektor von Evonik ist das Programm notwendiger Teil eines Engagements für mehr Bildung. „Bildung befähigt Menschen, ein erfolgreiches und erfülltes Leben zu führen", sagt Wessel. „In einer zunehmend komplexen Welt, in der sich das Wissen in wenigen Jahren verdoppelt, ist neben einer guten Ausbildung ständige Weiterbildung selbstverständlich geworden." Als kreativer Industriekonzern lebe Evonik von den Fähigkeiten seiner Mitarbeiter, sich permanent auf neue Herausforderungen einzustellen.
Ins Leben gerufen haben „Start in den Beruf" zur Jahrtausendwende die Gewerkschaft IG BCE und der Bundesarbeitgeberverband Chemie (BAVC). Auch wer nach den acht Monaten in eine andere Branche möchte, wird unterstützt. Ausbilder und Pädagogen helfen bei der Berufswahl und der Stellensuche.

Das Lernen lernen: Teilnehmer am Evonik-Programm „Start in den Beruf".

Thomas Wessel, Personalvorstand und Arbeitsdirektor von Evonik

SCHULABBRECHER

Es ging auch so

Richard Branson
Seine Legasthenie verleidete ihm die Schule: Mit 16 Jahren stieg er aus. Heute ist der Brite Multimilliardär.

Doris Lessing
Mit 14 Jahren verließ die spätere Literaturnobelpreisträgerin die Nonnenschule, um Krankenschwester zu werden.

Joschka Fischer
Deutschlands erster Grünen-Außenminister schmiss die Schule in der 10. Klasse und warf später auch die Lehre als Fotograf hin.

Abraham Lincoln
Der US-Präsident (1861–65) hat niemals regelmäßig eine Schule besucht – immerhin später die Universität.

3 FRAGEN AN

Gerd Zinke
»Neue Berufe gibt es gar nicht so oft«

1 Wer denkt sich neue Berufe aus?
Der Impuls kommt häufig aus Unternehmen. Die wenden sich meist an ihren Verband, wenn sie feststellen, dass Ausbildungsberufe nicht mehr passen, zum Beispiel aufgrund veränderter Technologien, Arbeitsmittel, Werkstoffe oder Arbeitsprozesse. Dann stimmen sich die jeweils zuständigen Arbeitgeberverbände und Gewerkschaften ab. Die entsprechende Verordnung bringt zumeist das Bundeswirtschaftsministerium auf den Weg. Spätestens mit dessen Weisung an das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) erhalten wir den Auftrag, eine Ausbildungsordnung zu entwerfen.

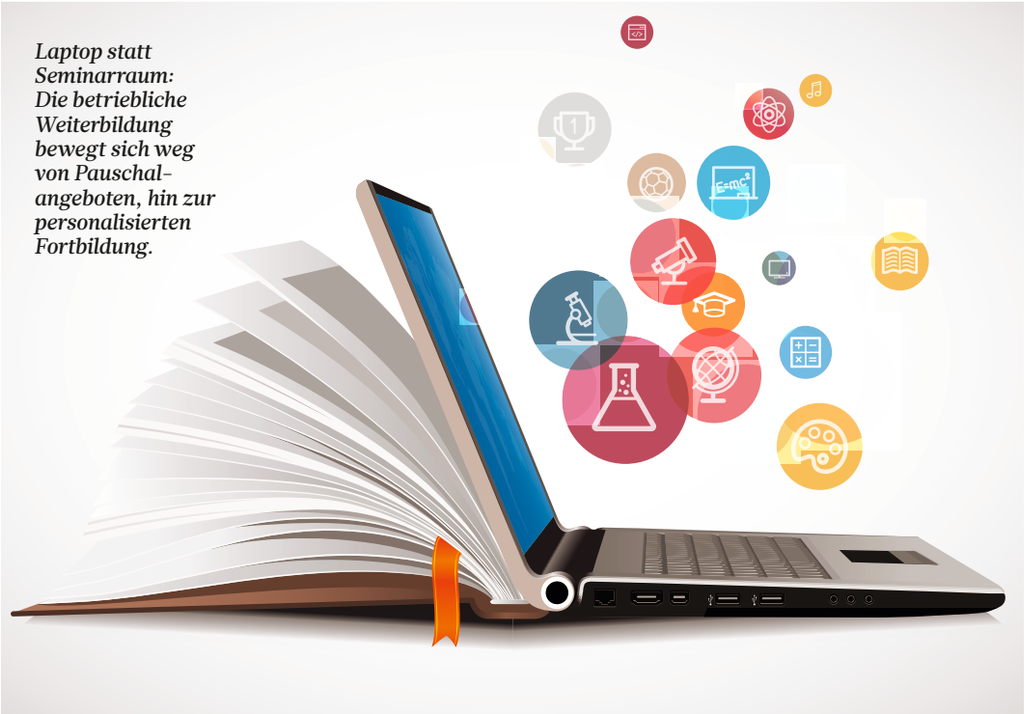
2 Wie lange dauert der Prozess?
Unser Ziel ist es, dass es nicht länger als ein Dreivierteljahr dauert. Voraussetzung ist, dass die Sachverständigen, die an der Erarbeitung beteiligt sind, einen Konsens finden. Diese Sachverständigen werden von den Arbeitgebern und Arbeitnehmern benannt. Wenn auch die sonst noch beteiligten Gremien den Entwurf angenommen haben, setzt ihn das zuständige Ministerium in Kraft. Dann kann mit Beginn des neuen Ausbildungsjahres in dem Beruf ausgebildet werden.

3 Wie häufig entstehen neue Berufe?
Gar nicht so häufig. Ein Beispiel für einen noch recht neuen Beruf ist der Produktionstechnologe. Er sorgt vor allem in Industrie-4.0-Unternehmen dafür, dass aus Planung so rasch und reibungslos wie möglich Produktion wird. Aber viel öfter werden vorhandene Berufe überarbeitet. Von den zurzeit 328 gültigen dualen Ausbildungsberufen wurden seit 2010 nur drei neu geschaffen, aber 78 novelliert.

Gerd Zinke ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Bundesinstitut für Berufsbildung und dort für die Neuordnung von Berufen zuständig.

66

Prozent der Großunternehmen in Deutschland setzen heute auf E-Learning zur Aus- und Weiterbildung ihrer Mitarbeiter. Im Mittelstand nutzen laut MMB-Institut erst 55 Prozent digitale Anwendungen.



Laptop statt Seminarraum: Die betriebliche Weiterbildung bewegt sich weg von Pauschalangeboten, hin zur personalisierten Fortbildung.

SPIELEN IM BÜRO? BITTE GERN!

Flipchart, Dozent und Langeweile waren gestern. Lernen im Job ist heute bunt: Es gibt Quiz für zu Hause, Talks in der Kantine, Apps für unterwegs.

Konkret und praxisbewährt sollen die Schulungen sein. Keine Pauschalkonzepte mehr!, fordert die Hälfte der Befragten in einer Umfrage des IT-Dienstleisters CSC. Tatsächlich verschiebt sich der Fokus der Weiterbildung in den Unternehmen: weg von standardisierten Inhalten, hin zu personalisierten Angeboten. Wie das aussehen kann, zeigen diese Beispiele.

Evonik: Als das Geschäftsgebiet Health Care einen neuen Überzug für Tabletten entwickelt hatte, mussten Vertriebsmitarbeiter in aller Welt ihren Kunden die notwendigen Informationen dazu weiterreichen können. Die fanden sie auf der E-Learning-Plattform von Evonik in Form einer Produktpräsentation samt Video. Zu der mussten sie einige Testfragen beantworten – so lange, bis die Antworten richtig waren. Wissen übermittelt, Fortbildung fertig.

Delo: Ähnlich agiert Industrieklebstoff-Spezialist Delo. Neue Informationen werden in die Open-Source-Lernsoftware „Ilias" eingepflegt. Ein Zufallsgenerator sucht daraus 20 Fragen aus, die die Vertriebsmitarbeiter beantworten müssen.

Otto Group: Beim Mittagessen in der Kantine hören interessierte Angestellte 20 Minuten einen Vortrag, etwa zur digitalen Katalogproduktion, 20 Minuten diskutieren sie bei Snacks das Gehörte, 20 Minuten können sie Fragen stellen.

Informelles Lernen löst das Sitzen in Seminarräumen ab. Forscher sind sich einig, dass 90 Prozent des Lernens informell ablaufen: 70 Prozent ist „learning on the job", 20 Prozent Lernen von anderen. Nur der Rest entfällt auf formelle Weiterbildungen.

Apps ersetzen Flipcharts, auch beim formelleren Lernen: „Es wird zeitlich wie räumlich flexibler", sagt Michael Cordes, Weiterbildungsexperte der Stiftung Warentest. Wer Lerninhalte per Video, Podcast oder Online-Reader am Smartphone oder Laptop abrufen kann, muss sich nicht an Stundenpläne halten. Inhalte werden in kleine „Bildungs-Nuggets", verpackt, die nach Bedarf abgerufen werden. Aussterben wird der klassische Unterricht nicht: „Blended Learning" verbindet E-Learning mit Präsenzphasen. Der Seminarraum wird also weiterhin gebraucht.

Fotos: Kristoffer Tripplaar/Alamy, Jeff Morgan 10/Alamy Stock Photo, action press, GL Archive/Alamy Stock Photo, Andreas Pohlmann, Frank Preuss/Evonik, shutterstock | Illustrationen: C3 Visual Lab

FLIEGENDE KLASSEN UND ZIMMER

Bildung ist ein Rohstoff, der sich bei Benutzung vermehrt. Rund um den Globus machen Kindergärten, Schulen und Universitäten viel frischen Wind. Damit Lernen Spaß macht – für Jung und Alt. Gehen Sie mit uns auf eine Weltreise der Bildung, und entdecken Sie ein paar herrliche Paukplätze.

Fotos: Katsuhisa Kida, Stiftung Haus der kleinen Forscher | Illustration: C3 Visual Lab

Für Takaharu Tezuka darf Bildung Beulen bringen. Wer fällt, lernt aufzustehen. Wer klettert, entdeckt seine Kraft. Deshalb gibt es im Fuji-Kindergarten des japanischen Architekten statt Geländer nur Auffangnetze, Matschgruben verlocken zum Buddeln, mittendrin steht ein echter Baum. Wer runterfällt, tut sich weh, steht auf und versucht es wieder. Gehört alles zur Selbsterfahrung, sagt Tezuka: „Kinder müssen auch mal stolpern. Das lässt sie lernen, wie man in dieser Welt lebt."

Aus eigenen Erfahrungen für das Leben lernen – dieser Anspruch gilt nicht nur für die Knirpse in Tokio. Er gilt genauso für Tausende Kitas, Schulen, Universitäten und Bildungseinrichtungen weltweit; für Macher von Schulen, die sich aufmachen, das Lernen neu zu lernen. Auf jedem Kontinent, in jeder Stadt, in Dörfern und Metropolen, auf dem Land, sogar auf dem Wasser erfinden sich Klassenzimmer neu. Und machen dabei Schule.

Kaum eine Regierung, die Bildung nicht zum Leitthema ausgerufen hat. Kaum ein Erzieher, Lehrer, Dekan oder Dozent, der es sich noch leisten kann, nicht darüber nachzudenken, wie er seine Schüler erreicht, mitnimmt, begeistert. So reich die Welt an Chancen ist, sie steckt auch voller Themen, die mit Schule konkurrieren. In den Industrienationen kämpfen Lehrer gegen Smartphone & Co. In Schwellenländern kämpfen sie gegen Armut und die Tatsache, dass viele Kinder tagsüber noch Geld verdienen müssen. Weswegen, ganz pragmatisch, in manchen Regionen Indiens Nachtschulen ihr Angebot an die kleinen Menschen bringen. Hauptsache, Schule!

Bildung bewegt. Bis ins hohe Alter kann das Wissen-Wollen ein Antrieb sein, der Menschen frisch hält und fordert. Wer lernt, der bleibt: Im Leben, in der Gesellschaft und natürlich auch: im Beruf.

Unsere Bildungsreise von 0 bis 90 beginnt in der Kita. So wie in Tokio stellen die neuen Kindergärten Selbsterfahrung, Experiment, Entfaltung und das Entdecken des eigenen Potenzials ganz nach vorn. Das macht die International School Ruhr in Essen, indem sie offene Räume, fließende Übergänge in alle Klassen anbietet und das sogar zweisprachig (plus Kooperation mit der Universität Cambridge). Das machen die „Häuser der kleinen Forscher", indem sie jede Menge Experimente anbieten. Die Kinder erklären einander, wie Wind entsteht, warum Wasser Kreise zieht – oder sie fin-

10

Worte pro Tag lernen Kleinkinder, wenn sie etwa anderthalb Jahre alt sind. Beim zweiten Geburtstag verfügen sie über einen aktiven Wortschatz von rund 200, ein Jahr später ist er auf rund 300 Wörter angewachsen.

8,3

Prozent der deutschen Grundschüler sitzen an Tischen und Stühlen, die für ihre Größe ungeeignet sind.

28

Prozent der japanischen Schüler sind davon überzeugt, dass sich die Lehrer für ihr Wohlbefinden interessieren. In Deutschland sind es 58, in den USA 81 Prozent.

79

Prozent der russischen Schüler erhalten Lektüre-Empfehlungen von ihren Lehrern. Von solchen Erfahrungen berichten 43 Prozent der französischen und 19 Prozent der deutschen Schüler.

In Deutschland klagt etwa jedes

3,6

Kind zwischen 7 und 17 Jahren darüber, dass es Kopfschmerzen in der Schule bekommt.

Die Zahl der Fehlstunden in US-amerikanischen Klassenzimmern ging von

8,3

auf 3,7 Prozent zurück, nachdem dort Luftreiniger installiert worden sind. Wurden die Geräte entfernt, stieg die Zahl wieder auf 7,9 Prozent an.

20

Millionen Fehltage werden in US-amerikanischen Schulen allein durch Asthma verbucht. Somit ist Asthma die Ursache Nummer eins für Krankheitstage unter US-Schülern.

„Die Möglichkeit, die Raumtemperatur kontrollieren zu können", wird von US-Lehrern als der zentrale Faktor für die Leistung von Lehrern und Schülern im Unterricht angegeben.

» den es selbst heraus. Seit 2006 kann jede Kita und jede Grundschule in Deutschland zu solch einem Forscher-Haus werden: Die Lehr- und Fachkräfte vor Ort müssen sich nur entsprechend fortbilden. Diese Chance wird eifrig genutzt, mittlerweile nicht nur in Deutschland: In Australien, Brasilien, Österreich, Thailand und den Niederlanden arbeiten 14.000 Einrichtungen mit dem deutschen Konzept, das – so die Hoffnung – nicht zuletzt ein dauerhaftes Interesse an Naturwissenschaften, Mathematik und Technik fördert.

„Neugier und Begeisterungsfähigkeit unserer Kinder sind ein wertvolles Gut. Sie wachzuhalten – das ist mein Ziel", sagt Johanna Wanka, Schirmherrin der Initiative. Die Bundesbildungsministerin weiß nur zu gut, wie oft und schnell Forschergeist in der Schule erstickt wird.

Wer Spaß hat, lernt mehr

Johlend strömen die Kinder ins Gebäude der Digitalis-Schule im niederländischen Almere; am Eingang greift sich jeder Schüler sein Tablet. Auf dem Computer gibt es neben einem individuellen Stundenplan auch digitale Schulbücher, Übungsaufgaben und jede Menge Spiele, etwa für Mathematik oder für Rechtschreibung. Statt in Klassenzimmern versammeln sich die Schüler in gläsernen Ateliers. Hier sitzen Sechs- neben Achtjährigen, je nach Kursus. Ferien gibt es hier, wann immer die Eltern in den Urlaub fahren: Da es keinen festen Stundenplan gibt, verpassen die Kinder auch nichts.

In den Niederlanden ist digitales und individualisiertes Lernen längst Alltag für mehr als 4.000 Schüler in den rund zwei Dutzend Steve Jobs Schools, benannt nach dem Apple-Gründer. Das Konzept ist so erfolgreich, dass es Anfang 2016 im südafrikanischen Johannesburg von zwei neuen Schulen aufgegriffen worden ist.

Andernorts werden etabliertere Techniken genutzt, um das Wissen-Wollen zu befriedigen, etwa das Fernsehen. In Guatemala sendet das IGER (Instituto Guatemalteco de Educación Radiofónica) Mathematik-, Spanisch- und Geschichtsunterricht. Die Sendungen in den zehn wichtigsten Maya-Sprachen erreichen auch Schüler, die im Dschungel oder Hochland leben. Einmal im Monat kontrollieren Lehrer die Hausaufgaben in Lernzentren, zu denen Schüler aus allen Himmelsrichtungen anreisen.

Wie Bildung zur Hoffnung im Elend werden kann, zeigt die nigerianische Floating School in Makoko. Rund 100.000 Menschen leben hier auf Pfahlbauten, doch das „Venedig Afrikas" ist ein Slum, lange ohne richtige Schule. Das hat sich 2013 geändert: Die Floating School mit ihren drei Stockwerken treibt auf 250 Plastikfässern in der Lagune von Lagos. „Nur weil wir auf dem Wasser leben, heißt das doch nicht, dass wir kein Recht auf Bildung haben", sagt Lehrer Noah Shemede. Er hofft auf noch viel mehr dieser schwimmenden Schulen, Ein Schulhausboot kostet kaum mehr als 5.000 € – auch weil auf Baumaterial zurückgegriffen wird, das vor Ort im Überfluss vorhanden ist.

Ähnlich nachhaltig und durchdacht ist die Green School auf Bali. Die Klassenräume sind aus Bambus, die Tafeln auch. Auf den Dächern sitzen Solarzellen, das Haus umgibt ein Garten, in dem der Schulbüffel grast. Auf dem Stundenplan stehen Umwelt- und Tierschutz, urbane Landwirtschaft und „grüne" Architektur.

Das Fächerspektrum der Bali-Schule scheint wie eine Absage, Lernen zu stark mit dem Arbeitsleben zu verknüpfen. Anderswo wird gerade diese Herausforderung angenommen, beispielsweise in Providence im Osten der USA. Dort wurde vor 20 Jahren das „Big Picture Learning" gestartet: um das große Ganze zu ler- »

Andere Luft schnuppern, andere Gedanken aufnehmen: der IMD-Campus im schweizerischen Lausanne

Weiterbildung bei Evonik
Führen lernen

Gemeinsam mit der Business School IMD in Lausanne bereitet der Chemiekonzern seine Konzerntalente auf künftige Aufgaben vor.

Evonik zielt auf die besten Bewerber von den Hochschulen ab. Doch das ist nur der Anfang. Auf Basis erster Berufserfahrungen und erstklassiger Leistungen werden Potenzialträger zu Konzerntalenten. Das Ziel besteht darin, später einmal eine Funktion im Topmanagement zu übernehmen. Die Anforderungen sind vielfältig, die Messlatte liegt hoch. Daher spielt die breit angelegte, gleichzeitig zielorientierte Weiterentwicklung eine zentrale Rolle.

Ein Baustein ist dabei die Zusammenarbeit mit der IMD Business School in Lausanne. So umfasst das einjährige Programm „Driving Functional Expertise" für die Gruppe der Emerging Leader drei mehrtägige, speziell für Evonik entwickelte Module in Lausanne, dazu kommt ein intensives „Action Learning" in Form realer Projekte mit Geschäftsbezug.

In den IMD-Modulen werden Grundlagen zu Marktverständnis, Finanzen, Wertschöpfung sowie Strategie und Führung vermittelt. Praktisch angewendet in sechs Monate dauernden Projekten, entstehen konkrete Ideen für die Geschäftsgebiete von Evonik. Bunt gemischte Teams, neue Ansätze, harte Arbeit und eine Menge Spaß sorgen für frische Perspektiven.

„Schon bei der Konzeption war klar, dass die eindeutige internationale Ausrichtung, Methodenkompetenz auf höchstem Niveau und erstklassige Professoren nur eine Top-Business-School bieten kann. So fiel die Wahl auf die IMD in der Schweiz", erläutert Michael Schwan, der bei Evonik für das Programm zuständig ist.

Mit zunehmender Erfahrung und starken Leistungen werden aus „Emerging Leaders" dann „Developing Leaders". Für sie gibt es ebenfalls ein spezielles IMD-Programm: „Mastering Profitable Growth". Hier geht es um eine der zentralen Herausforderungen für General Manager: Wie wachsen wir profitabel – und das nachhaltig?

Fotos: Lionel Flusin, NLÉ, Jack Malipan Travel Photography/Alamy Stock Photo, Kooren/Hollandse Hoogte/laif | Illustration: C3 Visual Lab

Makoko Floating School
Lagos >Nigeria

Green School
Bali >Indonesien

Steve Jobs School
Sneek >Niederlande

» nen. Die Schüler gründen unterstützt von Mentoren Firmen, reparieren Autos, arbeiten in der Zoohandlung oder im Rathaus. Und erfahren spielerisch, wie Arbeiten geht und Wirtschaft funktioniert. Mittlerweile haben sich mehr als 130 Schulen in den USA, Kanada, Australien, Israel und den Niederlanden dieses „Big Picture“ abgeguckt.

Teamarbeit an Universitäten

Was im Arbeitsleben auf sie wartet, davon haben die meisten Studenten nur diffuse Ideen. Was sie aber exakt wissen: Für einen Einstieg bei einem begehrten Unternehmen müssen sie eine gewisse Menge an Erfahrung, Persönlichkeit und Projekten mitbringen. Das reine Studium genügt da nicht mehr. Die guten Universitäten dieser Welt wissen das, sie versorgen ihre Studenten regelmäßig mit Aufgaben aus der Praxis – gestellt von Mitarbeitern der umliegenden Top-Unternehmen.

Vielleicht gilt deshalb die Stanford University im Herzen des kalifornischen Silicon Valleys als innovativste Universität der Welt. Mit „Design Thinking“ werden hier kreative und analytische Lernansätze miteinander verknüpft. Ähnlich agiert das Imperial College London, das als innovativste Universität Europas gilt. Hier fördern fachübergreifende Forschungszentren auf dem sogenannten White City Campus die Teamarbeit und den Austausch unter den Disziplinen. Diese Ideen aus London und dem Silicon Valley greift die private SRH Hochschule Heidelberg auf. Ihr Ansatz: vom Ziel her denken (siehe auch Seite 39). Sämtliches Wissen, das die Studierenden vermittelt bekommen, soll im Berufsleben anwendbar sein.

Und dieses Berufsleben wandelt sich, Jahr für Jahr. Was ein Schul- oder Hochschulabsolvent an Wissen abgespeichert hat, wird ihn nicht wohlbehalten bis zur Rente führen. Das Lernen hört nicht auf.

Hochschulen für Senioren

Übrigens nicht nur, weil der Wandel in der Arbeitswelt lebenslanges Lernen zwingend vorschreibt. Sondern auch, weil bei vielen Menschen – liegt die Schulzeit nur lange genug zurück – die Lust am Lernen zurückkehrt. Offenbar vor allem in China, denn in keinem anderen Land studieren derart viele Rentner. Schon 1983 wurde die erste Senioren-Uni gegründet, insgesamt 50.000 Institutionen dieser Art sind zu einem Netzwerk für die Bildung älterer Menschen zusammengeschlossen. Das Durchschnittsalter an der Shanghai University for the Elderly liegt bei über 65 Jahren. Einer der beliebtesten Kurse ist Englisch für Reisende, besonders gefragt bei Senioren, deren Kinder im Ausland leben.

Ältere können nicht nur von Jüngeren lernen, sondern auch umgekehrt ihr Wissen und ihre Erfahrung mit ihnen teilen. University of the Third Age, kurz U3A,

14,3

Prozent beträgt der Anteil der Privatschulen an den Bildungseinrichtungen innerhalb der OECD. Deutschland drückt die Quote: Trotz eines Zuwachses um rund 40 Prozent seit den 1990er-Jahren liegt der Anteil bei bescheidenen 8,5 Prozent.

11

Prozent der japanischen Studenten brechen ihr Studium ab. In Deutschland gibt jeder Dritte auf, in den USA sind es sogar 54 Prozent.

9

Millionen Teilnehmer zählten deutsche Volkshochschulen im Jahr 2014 bei insgesamt 694.700 Veranstaltungen. Davon waren 42,6 Prozent über 50 Jahre alt.

10

Prozent der US-Highschools gelten als Drop-out-Factories: Lediglich 60 Prozent ihrer Schüler halten bis zum Abschluss durch, der Rest bricht ab.

nennt sich diese weltweite Bewegung. Präsent ist sie vor allem in Großbritannien und Commonwealth-Staaten wie Australien oder Südafrika. Aber auch in Slowenien, Frankreich, Polen und in der Tschechischen Republik sind jeweils Dutzende Gruppen aktiv. Kerngedanke dabei ist das Lernen in der Gemeinschaft.

Solch „selbstorganisierte Bildung" sprengt die Trennlinie zwischen Lehrer und Schüler. So staunte der indische Informatiker und Bildungswissenschaftler Sugata Mitra, als er Kindern aus den Slums von Neu-Delhi den Zugriff auf das Internet ermöglichte, wie sich junge Menschen, die kaum Schreiben oder Lesen konnten, gegenseitig den Umgang mit der neuen Technik und der neuen Sprache, Englisch, beibrachten.

Für sein neues Projekt „Schule in der Cloud" setzt Mitra auf Freiwillige, zum Großteil Senioren, die über Skype den Ärmsten der Armen helfen können. In der „Granny Cloud" werden Senioren zu Lehrern – und lernen selbst dabei: Sie unterrichten Kinder, die oft Tausende Kilometer entfernt in Indien, Kambodscha oder Kolumbien sitzen, ohne Zugang zu einer Schule.

So wird die Welt zur Schule, in der Wissen freigebig, freiwillig über nationale und kulturelle Grenzen ausgetauscht wird. Damit jeder Mensch das Beste aus sich machen kann – und aus der Welt, die ihn umgibt.

Isabel Stettin hofft, dass sie nie die Lust am Lernen verlieren wird. Die Journalistin hat nach ihrem Studium die Zeitenspiegel-Reportageschule absolviert.

Chiles' Projekt: die Ballifield Primary School im englischen Sheffield

Architektur
Der Raum als zweiter Lehrer

In schönen Gebäuden lernt es sich besser: die Schulkonzepte der Architektin Prue Chiles.

Wer eine Schule baut, sollte sich zuerst Gedanken über die Toiletten machen. „Sind die super, ergibt sich der Rest", sagt die britische Architektin Prue Chiles. Sind die Toiletten hingegen trist, entwickelten sie sich zu Orten, an denen Kinder bedroht werden. In einer Londoner Schule hat Chiles die Örtlichkeiten daher so umbauen lassen, dass die Solarpaneele und damit die Energiekonstruktion freigelegt wurden. Das sieht spannend aus, die Kinder lernen etwas über Nachhaltigkeit, und der Raum weist über seine schiere Funktion hinaus. Ziel erreicht.
Prue Chiles und ihre Kollegen vom Sheffielder Architekturbüro CE+CA sind Spezialisten für den Neu- und Umbau von Bildungseinrichtungen, die Schüler wie Lehrer motivieren. Ihr Credo: „Jede Schule soll so umwerfend sein, dass sich Kinder mit ihr identifizieren." Ihr Ansatz: Das Lernkonzept findet sich in der Architektur wieder. Wenn individualisiertes und interdisziplinäres Lernen im Vordergrund stehen, sind flexible Räume gefordert, die in jeder Unterrichtsstunde anders genutzt werden können.

Die britischen Experten versuchen, Schulen ans Umfeld anzubinden, damit es einen regen Austausch gibt und ein Gemeinschaftsgefühl selbst in sozialen Brennpunkten geschaffen wird. Eine Aula, nennt sie als Beispiel, „kann für Frühstück, Sport, Mittagessen und Abendveranstaltungen des Viertels genutzt werden". Chiles weiter: „Wir sollten uns nicht dafür rechtfertigen, gute Schulen bauen zu wollen. Früher gab es nur Frontalunterricht, mittags gingen die Kinder nach Hause. Heute ist das Lernen individualisierter, die Kinder verbringen mehr Zeit in der Schule. Jeder Schüler sollte eine ideale Umgebung bekommen." Vorbildlich: das einladende Treppenhaus in der Hellerup-Schule im dänischen Gentofte. Der offene Grundriss erlaubt informelle Lern-Nischen und Sitzecken. Einladende Treppenhäuser, lichtdurchflutete Gänge, Rückzugs- und Spielorte, gestaltbare Räume und viele Treffpunkte, das sind Merkmale moderner Schulen.
Bei Umfragen unter Kindern in der dänischen Schule gaben gut 95 Prozent an, in der Atmosphäre besser lernen zu können. Das lässt hoffen. *Rainer Schmidt*

Fotos: The New York Times/Redux/laif, Prue Chiles (2), TAO Images Limited/Alamy Stock Photoimages, Newscom/Xinhua/ddp images | Illustration: C3 Visual Lab

Facts + Figures

KULTURGÜTER ARCHIVIEREN

Ab in den Stollen

Wissen ist Kapital. Es steckt nicht nur in den Köpfen der Menschen, sondern auch in Computern und Aktenschränken. Was passiert, wenn ein Brand, eine Überschwemmung oder sonst eine Katastrophe sorgsam gehütete Informationen zerstört? Denn die Cloud ist für Unternehmen oder Staaten keine Alternative. Sie bunkern ihr Wissen anders.

Etwa im Barbarastollen: Tief in einem Berg im Schwarzwald stehen mehr als 1.500 luftdicht verschlossene Fässer aus Edelstahl. Sie enthalten Mikrofilme mit Unikaten der deutschen Geschichte – Verträge, Handschriften, Karten, Texte. Die Krönungsurkunde Ottos des Großen von 936 zählt ebenso wie der Vertrag zum Westfälischen Frieden von 1648 zu den rund 900 Millionen Bildern, pro Jahr kommen 1,5 Millionen Aufnahmen dazu. Und alle werden sie atombombensicher verwahrt unter einer mit Beton überzogenen Granitschicht.

Für Firmen, die einen ähnlichen Service wünschen, ist Iron Mountain eine Anlaufstelle. Das US-Unternehmen hat sich aufs Archivieren von Unterlagen spezialisiert und lagert diese in gut 1.000 Standorten weltweit, etwa in einem Hamburger Hochsicherheitsbunker und einem unterirdischen Stollen in Pennsylvania. Insgesamt hat Iron Mountain mehr als 12 Millionen Kubikmeter Papierdokumente und 65 Millionen Datenträger eingelagert.

350 Meter unter der Erde: Barbarastollen

505.736

Frauen und Männer haben sich im Wintersemester 2015/2016 als Studienanfänger in deutschen Hochschulen eingeschrieben. Zwei Jahrzehnte zuvor waren es laut Destatis erst 262.407. Wem das wenig erscheint: Das entspricht ungefähr der Gesamtzahl aller Studenten im Jahr 1967.

Gedächtnistrainer und Hirnforscher Torkel Klingberg

DAS MERKEN LERNEN

Um zu lernen, benötigen wir vor allem eins: ein gut funktionierendes Arbeitsgedächtnis. Hirnforscher suchen nach geeigneten Wegen, es zu trainieren.

Sie lassen sich leicht ablenken und vergessen, was die Lehrerin gerade gesagt hat: Kinder mit Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom (ADS) gelten als unkonzentriert, als Störenfriede, im Zweifel als dumm. Die Antwort der Ärzte darauf heißt oft Ritalin – auch wenn es ihnen mäßig sinnvoll erscheint, Kindern dauerhaft Psychopharmaka zu verabreichen. Viele Forscher arbeiten daher daran, den Kern des ADS-Problems zu behandeln: das mangelhafte Arbeitsgedächtnis.

Arbeitsgedächtnis heißt: Ich merke mir über wenige Sekunden, was ich gerade gelesen und gehört habe. Dann kann ich den nächsten Gedanken fassen, mir diesen kurz merken – und auf diese Weise irgendwann die gerade anstehende Aufgabe lösen.

So was lässt sich trainieren. Der schwedische Neurowissenschaftler Torkel Klingberg hat dafür Computerspiele entwickelt. Ähnlich wie bei Hirnjogging-Spielen müssen die Kinder sich Reihenfolgen und Positionen von Elementen merken und diese wiedergeben. Der nächste Schritt: Spiele wie Schach, bei dem Spieler mehrere Züge im Voraus denken müssen. Andere Forscher setzen auf Lesen, Meditieren oder Musizieren. Einerseits trainieren, andererseits entspannen: Auf diese Weise sollen Kinder mit ADS es schaffen, in der Schule besser mitzukommen.

Auch Erwachsene profitieren, deren Arbeitsfähigkeit in den Informationsfluten ertrinkt und die schon auf dem Weg ins Nebenzimmer des Kollegen nicht mehr wissen, was sie dort wollten. Um sich in einen Arbeitsvorgang zu vertiefen, braucht es acht Minuten – die nächste Unterbrechung kommt allerdings im Schnitt bereits nach drei Minuten.

GRENZEN DER FORSCHUNG

Wo Wissenschaft neues Wissen schafft

Astronomie
Die Materie, aus der wir und alles Sichtbare bestehen, macht nur vier Prozent des Universums aus. Der Rest ist unsichtbar: Dunkle Materie, die nur durch ihre Schwerkraft zu orten ist, und Dunkle Energie. Die würde dafür sorgen, dass sich das Universum ausdehnt. Was allerdings noch zu beweisen wäre.

Chemie
Katalysatoren beschleunigen Reaktionen, werden dabei aber nicht selbst verbraucht. So weit, so bekannt. Nun wollen Forscher wissen: Wie helfen sie, umweltfreundliche und energiesparende Herstellungsprozesse zu finden?

Medizin
Kann das Altern durch die gezielte Mutation einzelner Gene aufgehalten werden? Zumindest ließe sich eventuell die Lebensspanne verlängern – und so einer ganzen Reihe von Alterserkrankungen vorbeugen.

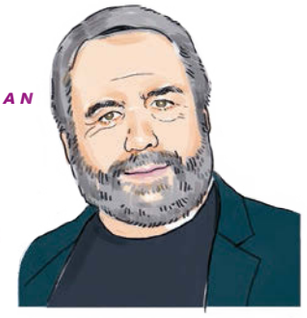
Biologie
Ein krankhaft verändertes Gen ausschneiden und durch ein gesundes ersetzen: Biologen auf der ganzen Welt suchen nach Möglichkeiten, auf diese Weise Erbkrankheiten zu heilen. In der Optogenetik geht es um Proteine, die mit Licht aktiviert werden können. Mit ihrer Hilfe können einzelne Nervenzellen an- und abgeschaltet werden. Die Wissenschaftler setzen darauf, mit dieser Technologie in Zukunft zum Beispiel Erblindungen und neurologische Störungen behandeln zu können.

Mathematik
Viele Mathematiker arbeiten daran, Roboter lernfähig zu machen, damit diese in Zukunft zu einer echten Hilfe des Menschen werden, etwa als Pflegeassistent oder im Katastrophenschutz.

Physik
Quarks, Leptonen, Neutrinos: Physiker wollen noch viel mehr herausfinden über die kleinsten Bausteine der Materie und über ihre Wechselwirkungen. Sie forschen auch an eindimensionalen Strings (Fäden), die sich durch eine zehndimensionale Raum-Zeit bewegen. Ja, das ist sehr abstrakt. Sie wollen daraus Schlüsse über den Ursprung des Universums ziehen – vielleicht finden sie dabei ja sogar heraus, was es mit der Dunklen Materie und der Dunklen Energie auf sich hat …

3 FRAGEN AN

Rod Pyle
»Die NASA ist so innovativ, weil sie unkonventionelles Denken schätzt.«



1 Was können Unternehmen von der NASA lernen?
Denken Sie nur an die Mondlandung! Das zu schaffen, hat eine ganze Generation von Mitarbeitern inspiriert und motiviert. Ein klares Ziel, eine Mission und Leidenschaft: Das sind entscheidende Faktoren für erfolgreiche Innovationen. Und natürlich: genügend Zeit. Es ist wichtig, diejenigen zu unterstützen, die ins Blaue hinein experimentieren. Entscheidend sind die Ergebnisse – wie lange es dauert, diese real umzusetzen, ist dann zweitrangig.

2 Warum ist ausgerechnet die NASA so innovativ?
Weil sie nichts so sehr schätzt wie unkonventionelles Denken. Zum Beispiel der Mars-Roboter Curiosity: Die Ingenieure hatten den Auftrag, einen neuen Weg zu finden, wie der Roboter auf dem Mars landen könnte. Dafür bekamen sie reichlich Zeit. Keine Lösung war zu verrückt – vermutlich kamen sie so auf die Sky-Crane-Technik, mit der der Roboter viel genauer landen konnte.

3 Wie können Unternehmen Innovation fördern?
Zuallererst: Bauen Sie Bürokratie ab! Lassen Sie die Teams in Ruhe. Urteilen Sie nicht, bevor die Arbeit gemacht ist. Loben Sie alle, egal ob ihre Ideen umgesetzt wurden oder nicht. Dann bekommen Sie Mitarbeiter, die mit Leidenschaft an der bestmöglichen Lösung arbeiten.

Rod Pyle ist ein amerikanischer Wissenschaftsautor, der sich auf die US-Weltraumbehörde NASA (National Aeronautics and Space Administration) spezialisiert hat.

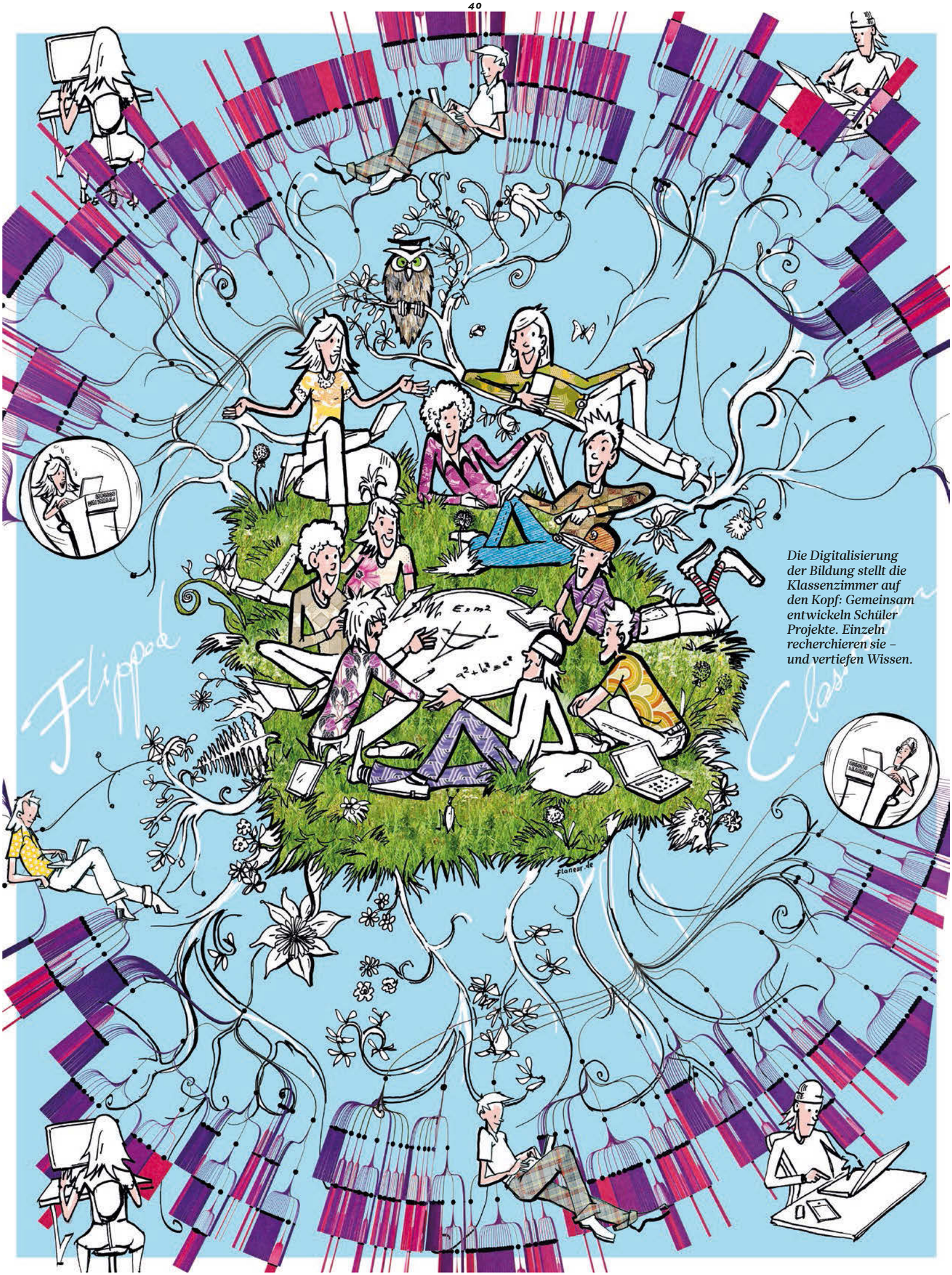
BERUFSNAHES LERNEN

Schon in der Uni den Job studieren

Hochschulen sind Schulen, das verrät ja schon der Name. Vorn erzählt jemand, die anderen hören mehr oder minder aufmerksam zu. Dabei fragen sich Schüler ebenso wie später Studenten: Wofür ist das Wissen überhaupt nütze, das ich hier aufsauge? Kann ich das später im Beruf nutzen? Ausgesprochen legitime Fragen, sagt Julia Rózsa. Die Leiterin der SRH Hochschule Heidelberg kennt die Klagen aus den Unternehmen über den Aufwand, Uni-Absolventen einsatztauglich zu machen.

Über SRH-Absolventen will Rózsa solche Beschwerden nicht mehr hören: Die private Hochschule hat ihren Lehrplan total umgekrempelt. Raus mit Hochschul-, rein mit Praxiswissen. Was die rund 3.000 Studenten lernen, soll im Berufsleben anwendbar sein. Seit 2012 gilt in der SRH Hochschule Heidelberg das CORE-Prinzip: Competence Oriented Research and Education. Statt in Semester ist der Stoff in fünfwöchige Lernblöcke zu jeweils einem Thema unterteilt, Frontalunterricht in Vorlesungen und Seminaren hat ausgedient. „Wir setzen auf neue Lernmethoden", sagt Rózsa. Auch die Palette der Prüfungen ist breiter geworden, etwa durch ein Rollenspiel, in dem die Studenten einen Unternehmenslenker „beraten". Wer sich dabei im Ton vergreift: durchgefallen.

Fotos: Ulla Montan, dpa/picture-alliance, shutterstock, Christian Buck | Illustration: C3 Visual Lab



Die Digitalisierung der Bildung stellt die Klassenzimmer auf den Kopf: Gemeinsam entwickeln Schüler Projekte. Einzeln recherchieren sie – und vertiefen Wissen.

DAS WIRD SCHULE MACHEN

Zugang für alle, individuelle Förderung für jeden: Die digitale Personalisierung wird unser Bildungssystem radikal verändern. Die Frage ist nicht, ob. Die Frage ist: wie und wann?

Wilhelm von Humboldt hätte vermutlich Gefallen gefunden an der Digitalisierung. Der große Reformer des 19. Jahrhunderts wollte „Bildung für alle“ als Grundlage für ein selbstbestimmtes Leben und schuf in Deutschland das allgemeine Schulwesen. Sein lange unerfülltes Ideal: Wer gut ist, kommt weiter, egal woher er kommt. Heute wird das möglich. Digitalisierung versöhnt den Bildungszugang für alle mit dem auf jeden Einzelnen individuell abgestimmten Curriculum.

Zum Beispiel an der David A. Boody School im New Yorker Stadtteil Brooklyn. Die meisten Schüler kommen aus armen Familien, haben einen Migrationshintergrund und benötigen beim Lernen viel Unterstützung. Eigentlich jeder braucht hier seinen auf ihn persönlich zugeschnittenen Unterricht – und seit sechs Jahren bekommen alle Schüler genau das. New Classrooms heißt das Konzept. In einem riesigen Raum, der sich über ein ganzes Stockwerk erstreckt, lernen etwa 90 Schüler Mathematik an wechselnden Stationen: Die einen schauen Videos, andere nutzen Lernsoftware, wieder andere arbeiten in Gruppen oder sprechen mit dem Lehrer.

Das Besondere ist weniger die Vielfalt der Lernmethoden als vielmehr die automatisierte Personalisierung: Am Ende des Schultags legt jeder Schüler einen kurzen Onlinetest ab. So kann ein Zentralcomputer in Manhattan über Nacht errechnen, welcher Schüler nacharbeiten muss und welche Methode dafür die beste ist. Daraus entsteht ein individueller Lernplan für den nächsten Tag, den die Schüler morgens über Monitore an den Wänden erfahren. Die Technik macht den Lehrer nicht überflüssig, sie verändert aber seine Rolle: vom Wissensvermittler zum Lernbegleiter. So bleibt ihm mehr Zeit für den Austausch mit den Schülern – mit beachtlichem Erfolg. Die Leistungen der Schüler liegen – anders als früher – deutlich über dem nationalen Mittel.

Der Lehrer wird zum Lernbegleiter

Digitalisierung gibt allen Beteiligten mehr Zeit fürs Wesentliche. Denn so unterschiedlich wie der Mensch ist, so unterschiedlich lernt er auch. Selbst wenn alle das gleiche Lernziel erreichen müssten, würden sich Weg, Stil und Tempo dorthin stark unterscheiden. Heutige Bildungssysteme nehmen darauf wenig Rücksicht. Egal ob Schule, Hochschule oder Weiterbildung: Alles ist standardisiert und vereinheitlicht. „Du bist zwölf, es ist Herbst, also ist Bruchrechnen dran“, beschreibt der Journalist Jürgen Schaefer diese Schwäche. Zwar können siebenminütige Lernvideos keine Persönlichkeitsbildung ersetzen und Computertechnik nicht die Bindung zwischen Lehrer und Schüler. Sie können jedoch Freiräume genau dafür schaffen.

New Classrooms ist keineswegs das einzige Angebot digitalisierten Lernens. Aus Berlin stammt Bettermarks, ein interaktives Mathebuch. Im Unterschied zum gedruckten Buch führt die Software jeden Schüler nach seinem Können und seinem Tempo auf einem ganz persönlichen Lernpfad durch die Aufgaben: Nicht mehr der Schüler muss sich ans Lehrbuch anpassen, sondern das Lernprogramm passt sich an den Schüler an. Während die Software von deutschen Schulen noch kaum genutzt wird, hat Uruguays Regierung beschlossen, Bettermarks an allen öffentlichen Schulen einzusetzen.

Mit den Schülern lernt die Software

Mathematik bietet sich dabei als Fach an, weil es der Software besonders leicht fällt, richtig und falsch zu erkennen. Aber auch in anderen Bereichen, etwa in den Natur- und Ingenieurswissenschaften, der Informatik oder in Fremdsprachen und Rechtschreibung, wächst das Angebot. Immer mehr Lernmaterialien stehen digital zur Verfügung, und Computer sind zunehmend in der Lage, auch komplexere Aufgaben zu bewerten: Sie korrigieren Texte, erkennen logische Zusammenhänge und geben kontinuierlich Feedback zum Lernfortschritt.

Möglich wird das durch Big Data. Erst die Analyse riesiger Mengen an Nutzerdaten erlaubt gleichzeitig individuelle Beratung und günstigen Zugang für jeden. Das US-amerikanische Lernprogramm Knewton etwa beobachtet und speichert minutiös, was, wie und in welchem Tempo ein Schüler lernt. Jeder Mausklick und jeder Tastenanschlag, jede richtige und jede falsche Antwort, jeder Seitenaufruf und jeder Abbruch werden erfasst. So werden täglich Tausende Daten jedes einzelnen Schülers analysiert und zur Optimierung des persönlichen Lernwegs genutzt. Komplexe Algorithmen schnüren individuelle Lernpakete für jeden einzelnen Schüler, deren Inhalt und Tempo sich fortlaufend anpassen, bei Bedarf im Minutentakt.

Knewton funktioniert, weil weltweit mehr als sieben Millionen Menschen die Software nutzen. Das System stellt Bezüge zwischen dem Verhalten Einzelner und dem von Tausenden anderen her und kann so ableiten, welche Aufgabe zu wem am besten passt. Mehr noch: Knewton kann zuverlässig die Wahrscheinlichkeit →

»Bildung bedeutet die Anregung aller Kräfte eines Menschen.«

Wilhelm von Humboldt legte als preußischer Kultusminister die Grundlagen für das deutsche Schulwesen.

Illustration: Helge Windisch/flaneur.de

→ richtiger und falscher Antworten berechnen – sowie die Note, die ein Schüler am Ende eines Kurses erreichen wird.

Solche computerbasierten Prognosen sind keine absoluten Wahrheiten; sie beruhen nur auf Wahrscheinlichkeiten. Das gilt auch für den Degree Compass der Austin Peay State University im US-Staat Tennessee, der jedem Studenten ein auf ihn persönlich zugeschnittenes Curriculum empfiehlt. Mit einer Trefferquote von über 90 Prozent sagt das Computerprogramm sogar voraus, ob jemand einen Kurs gut besteht – bevor er diesen überhaupt begonnen hat. Hier wird es problematisch.

Was tun, wenn sich zum Beispiel eine junge Frau bewirbt, deren Datenanalyse ergibt, dass sie im Studium wohl nur durchkommen wird, wenn die Hochschule erheblich in ihre Förderung investiert? Wie groß wird die Versuchung sein, solche Bewerber auszusortieren? Immerhin müssen US-Hochschulen einen Mindestanteil erfolgreicher Studenten nachweisen, um staatliche Fördermittel zu kassieren. Wenn ein Computerprogramm Kandidaten als Risiko identifizieren kann: Werden sie dann vielleicht gar nicht mehr aufgenommen? Oder müssen sie höhere Gebühren zahlen? In diesem Fall würde man nicht für sein tatsächliches Verhalten bestraft, sondern bereits für ein statistisch vorhergesagtes. Der Einzelne wird so zum Opfer der Wahrscheinlichkeiten.

Der gläserne Lerner

Mit Daten lässt sich Geld verdienen. Auch die Anbieter von Onlinekursen für Studenten versuchen, daraus Kapital zu schlagen. Coursera und Udacity etwa holen sich auf ihren Plattformen von den Kursteilnehmern die Einwilligung, persönliche Informationen an potenzielle Arbeitgeber zu verkaufen. Für Topabsolventen mag es ein Mehrwert sein, wenn eine Internet-Uni ihre Kontaktdaten an Unternehmen verschickt, zu denen sie selbst kaum Zugang hätten. Für weniger leistungsstarke Studierende sieht die Sache allerdings anders aus, denn sie haben kein Interesse daran, vollständig durchschaubar zu werden. Schließlich muss es ein Arbeitgeber nicht unbedingt wissen, wenn ein Seminarschein erst im dritten Anlauf geschafft wurde. Durch den Handel mit Daten könnten Lernplattformen im schlimmsten Fall zu einer Art Bildungs-Schufa mutieren, die Auskunft über die Einstellungswürdigkeit von Bewerbern anhand ihres Bildungswegs erteilt.

Die Chancen der Digitalisierung nutzen

Damit Big Data nicht in den digitalen Wilden Westen führt, ist Regulierung nötig. Keiner will den Datenkraken, der unbemerkt alles über uns sammelt und verkauft. Aber genauso wenig sollte die Angst vor Missbrauch den für gute Bildung nötigen Fortschritt verhindern. Um die Chancen der Digitalisierung zu nutzen und zugleich unsere Kinder zu schützen, brauchen wir eine politische Debatte, eindeutige Gesetze, mehr Datensouveränität und eine Selbstverpflichtung aller Beteiligten.

Erstens: Wir müssen einen offenen und ehrlichen Dialog über den Umgang mit Daten und Datenschutz in der Bildung führen. Diese politische Debatte wird keine einfache sein, denn sie berührt unsere Gesellschaft in ihrem innersten Kern – der Privatsphäre.

Zweitens: Wir brauchen verbindliche Regeln. Der Gesetzgeber ist gefordert, einen einheitlichen, transparenten und für alle Beteiligten verständlichen Rechtsrahmen für die Nutzung von Bildungsdaten zu schaffen. Dieses Feld darf der Staat nicht einzelnen Unternehmen und Anbietern überlassen, mögen diese es noch so gut meinen. Denn wenn jeder Selbstregulierung nach eigenem Gutdünken betreibt, fehlt es an möglichen staatlichen Sanktionen bei Missbrauch. Das endet in Misstrauen.

Drittens: Wir brauchen mehr Datensouveränität. Wir dürfen nicht vor allem das Generieren und Sammeln, sondern müssen die Nutzung und Weitergabe von Da-

»Angst vor Missbrauch darf nicht den für gute Bildung nötigen Fortschritt verhindern.«

Jörg Dräger, Bildungsexperte und Vorstand der Bertelsmann-Stiftung

MOOC

steht für Massive Open Online Courses: Kostenlose Onlinekurse mit hohen Teilnehmerzahlen, meist auf Hochschulniveau. MOOCs kombinieren traditionelle Formen der Wissensvermittlung wie Videos, Lesematerial und Problemstellungen mit Foren, in denen Lehrende und Lernende miteinander kommunizieren.

EDTECH

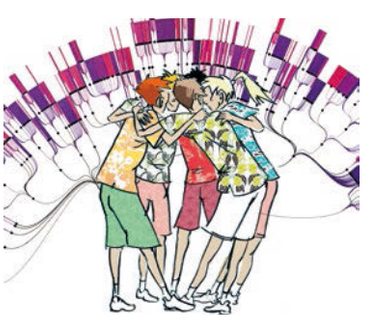
steht für Education Technology: Silicon-Valley-Kürzel für alles, was mit digitalisiertem Lernen zu tun hat. Investoren haben bereits jetzt mehr als zwei Milliarden $ in neue EdTech-Angebote gesteckt.

Wie wir morgen lernen werden

Einer erzählt, alle hören zu – das ist ein Konzept von gestern. Wissen entsteht im Austausch. Die Grundlagen dafür liefern die passenden Computerprogramme.

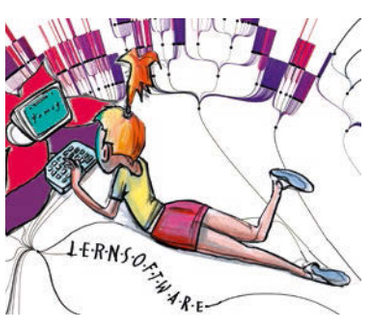
Jeder für sich ...

Was inhaltlich gelernt werden soll, kann sich jeder Schüler im jeweils passenden Programm im Internet selbst anschauen oder anhören, wann und wo immer es ihm passt. Inhalte lassen sich so oft wiederholen, bis sie aufgenommen sind (und keiner merkt, wie oft das war).



... alle zusammen ...

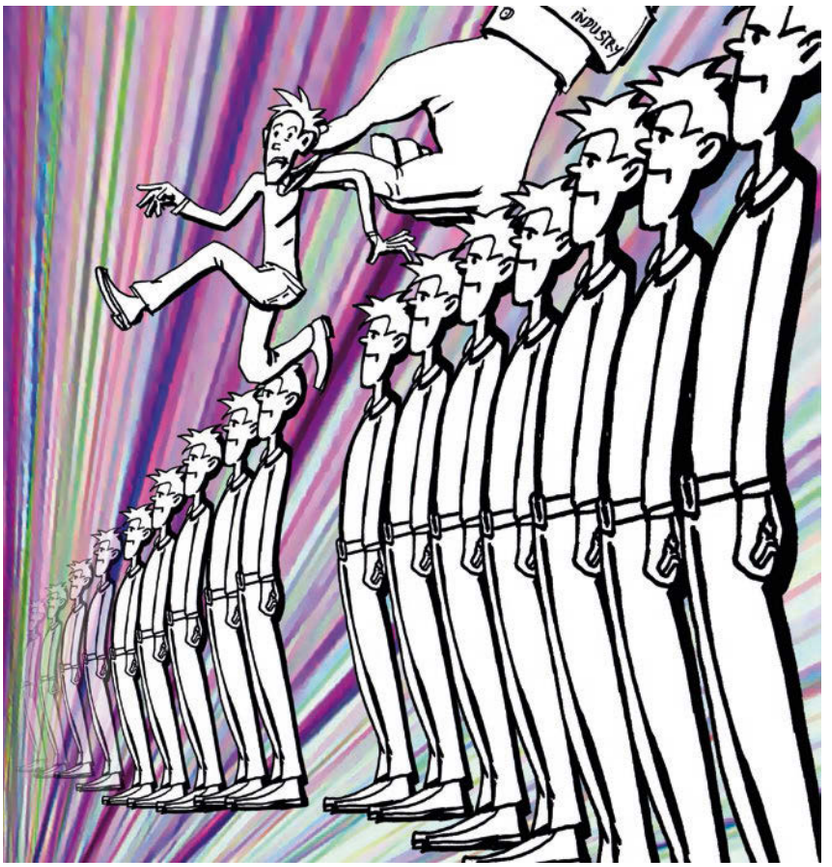
Alles richtig verstanden? Oder gibt es noch Fragen? Allein zu lernen ist oft frustrierend, deshalb ist der Austausch mit Mitschülern, Lehrern oder Dozenten so wichtig – ob in der Klasse oder im Chatroom. Erst in der Diskussion wird das Gelernte zu verankertem Wissen.



... und mit Lernsoftware

Derzeit wird alle paar Wochen oder Monate kontrolliert, ob und was die Schüler verstanden haben. Lernsoftware lernt selbst: nämlich was (und wie) Schüler an Wissen aufgenommen haben. Damit werden individualisierte, täglich aktualisierte Lehrpläne möglich.

Jörg Drägers Buch (mit Ralph Müller-Eiselt) bietet einen klugen Überblick zum digitalen Wandel. Fair argumentiert, werden die Möglichkeiten sauber herausgearbeitet.



ten regulieren. Der heutige Datenschutz beschäftigt sich vornehmlich damit, welche Daten erhoben und wie lange sie gespeichert werden dürfen. Ein digitalisiertes Bildungssystem lebt von der Bereitschaft, persönliche Daten preiszugeben. Nur so lässt sich ein individuell zugeschnittenes Curriculum generieren. Allerdings sollten diese Daten nicht ohne unsere Zustimmung weitergegeben und von anderen verwertet werden können. Konkret sollte der Gesetzgeber festlegen, dass jeder Bürger Eigentümer seiner Daten bleibt, die Nutzungsrechte aber zeitweise und zu klar definierten Zwecken an Dritte abtreten kann. Und damit jeder in der Lage ist, diese Entscheidungsbefugnisse adäquat auszuüben, muss Datensouveränität fester Bestandteil des schulischen Curriculums werden.

Kritiker fürchten Gleichmacherei. In Wirklichkeit dürfte Lernen bald um ein Vielfaches individueller geschehen als heute.

Viertens: Wir brauchen ein Bekenntnis aller Beteiligten, Daten nicht zu missbrauchen. Gesetze allein reichen nicht aus, auch die Bildungsinstitutionen haben ihren Teil zu einem fairen Umgang mit Daten beizutragen. Das heißt: Schulen, Universitäten und Bildungsunternehmen müssen eine Selbstverpflichtung abgeben, die erhobenen Daten nur zur Personalisierung von Lernwegen und Unterstützung der Lernenden zu nutzen – und nicht zur Stigmatisierung und Selektion einzusetzen.

Die digitale Revolution bietet Chancen: weg vom Einheitslernen hin zu individueller Förderung; weg von sozialem Hintergrund und finanziellem Status hin zu Kompetenz und Fähigkeit als Zugangskriterien für Bildung und Beruf. Wenn aber Datenanalysen missbraucht werden, um Schwächere auszusortieren, anstatt sie zu fördern, wird das Bildungssystem noch ungerechter, als es heute schon ist. Das gilt es zu verhindern. Algorithmen sollen im Dienste des Lernens stehen und nicht zu hemmenden Kontrolleuren werden. ●

Jörg Dräger ist Mitglied des Vorstands der Bertelsmann-Stiftung und Geschäftsführer des CHE (Centrum für Hochschulentwicklung).

Universitäten im Internet
Jeder kann studieren

Sebastian Thrun hat die erste virtuelle Universität der Welt gegründet: Udacity. Damit will er die gesamte akademische Landschaft verändern.

Vielleicht 500. Bestenfalls 1.000. Mit mehr Menschen rechnet Sebastian Thrun nicht, als er im Herbst 2011 eine Onlinevorlesung in künstlicher Intelligenz hält. Dass sich innerhalb von ein paar Tagen 160.000 Menschen aus aller Welt dafür anmelden, überwältigt den Informatiker. Und wenn er noch jahrzehntelang an der Stanford University lehren würde – so viele Menschen könnte er nie erreichen. Nur ein paar Monate später kündigt Thrun seinen Professorenjob in Stanford. Er braucht jetzt Zeit für die Gründung von Udacity, der ersten Online-Universität der Welt.
Auf der Plattform belegen Studierende seit 2012 Kurse in Informationstechnologie, Statistik und künstlicher Intelligenz und zahlen dafür – bis auf die Betreuung der Zertifikate – gar nichts. Heute betreuen 120 Mitarbeiter rund drei Millionen Studierende in diesem virtuellen Hörsaal, der sich ständig wandelt. In den ersten Kursen springen viele Studierende wieder ab. Thrun erkennt: Selbst motivierte Studierende müssen bei der Stange gehalten werden durch Projektarbeit und Betreuung in Kleingruppen.
Wäre der 49-Jährige nicht so überzeugt von seiner akademischen Revolution, hätte er seine Posten als Professor für Künstliche Intelligenz und als Google-Forschungschef wohl niemals aufgegeben. Bildung sieht er als ein Grundrecht, ähnlich wie das auf freie Meinungsäußerung oder Demokratie. Es müsse für jeden erschwinglich sein.

Erst Forschungschef bei Google, dann Stanford-Professor für Künstliche Intelligenz, heute Gründer von Udacity, der ersten Online-Universität der Welt: Sebastian Thrun.

Nicht jeder Kollege heißt den Ansatz gut. „Primitivkram", urteilt ein deutscher Bildungsforscher, der die Plattform ausprobiert hat, und kritisiert „kaum Interaktion zwischen Lehrenden und Studierenden".
Der in Solingen geborene Thrun lässt sich davon nicht beirren und feilt an der Optimierung seiner Plattform. Er kooperiert mit der Wirtschaft, um Absolventen den Berufseinstieg zu erleichtern, und erfindet neue Kurse, die passgenau auf die Bedürfnisse der Branche zugeschnitten sind.
Über die klassischen Unis bricht Thrun mittlerweile den Stab. Sie seien ein „elitäres System, das Bildung für einen kleinen Kreis von Privilegierten anbietet". Das wolle Udacity ändern, „und damit werden wir Geschichte schreiben". Auszuschließen ist das keineswegs: Die Zeitschrift Foreign Policy setzte Sebastian Thrun schon mal auf die Liste der „100 einflussreichsten Denker der Welt". *Andin Tegen*

Fotos: PR, CreativeShot Photography Illustrationen: Helge Windisch/flaneur.de, C3 Visual Lab

Das Exploratorium in San Francisco ist die Mutter aller Familienmuseen. Bildung ist hier eine Erfahrung für den ganzen Körper. Hören, riechen, sehen, schmecken, anfassen und ausprobieren sind nicht nur erlaubt, sondern ausdrücklich erwünscht.

Im EXPLORATORIUM

»Die Wahrheit erschließt sich besser durch Erfahrung als durch Belehrung.«

Frank Oppenheimer, Gründer des Exploratoriums

Tausend kleine Düsen verwandeln Wasser der San Francisco Bay in Nebelschwaden, die über die „Fog Bridge“ wabern.

Es ist laut. Sehr laut. Wer an einem Vormittag mitten in der Woche das Exploratorium besucht, malerisch am Pier 15 direkt an der San Francisco Bay gelegen, muss sich vorsehen, um nicht von einer Horde Schulkinder überrannt zu werden. Es gibt keinen geordneten Besucherstrom in diesem Museum, die Kinder rennen scheinbar planlos von einem Exponat zum anderen, drücken auf Knöpfe, drehen an Rädern, schreien einander an, lachen. Was lernen die hier? Lernen die überhaupt etwas?

Das Exploratorium ist die Mutter aller modernen Wissenschaftsmuseen. Vorher gab es Institutionen wie das Natural History Museum in London oder das Deutsche Museum in München, in denen Artefakte ausgestellt wurden. Das Exploratorium besitzt keine Sammlung von Käfern oder Dampfmaschinen. Es ist insofern weniger ein Museum als ein Ort, an dem die Besucher spielerisch direkt mit den Phänomenen der Welt in Kontakt treten. Inzwischen sind solche Wissenschaftsmuseen oder Science Center weltweit zu Hunderten aus dem Boden geschossen, allein in Deutschland gibt es rund zwei Dutzend von ihnen, je nach Zählweise. So unterschiedlich sie sind – alle arbeiten sich irgendwie am großen Vorbild in San Francisco ab. Und 80 Prozent von ihnen benutzen Exponate, die im Exploratorium entwickelt wurden, oder empfinden seine Ideen nach. Sagt zumindest das Exploratorium.

In einem Flügel des Museums stehen drei Kinder ratlos um eine silberne Metallschüssel herum. Der Inhalt: ein Schokoriegel, eine Mandarine, ein paar Bonbons. An diesem „Geben-und-Nehmen-Tisch“ gibt es keine spektakulären Licht- oder Toneffekte. Ein Schild erläutert: „Wenn dir etwas auf diesem Tisch gefällt, nimm es – aber bitte ersetze es mit etwas, das genauso viel oder mehr wert ist.“ Hier geht es nicht um Naturwissenschaft, sondern um Soziales: Wenn die Schüssel am Abend voller Müll ist, illustriert sie die Tragik der Allmende*.

Tom Rockwell, verantwortlich für die Konzeption der Ausstellungen, ist stolz auf diese sozialwissenschaftlichen Exponate. „Wir haben festgestellt, dass wir solche Phänomene eigentlich sehr leicht direkt erfahrbar machen können. Man kann Gruppen von Besuchern dazu bringen, klassische sozialpsychologische Experimente direkt nachzuspielen.“ Etwa indem zwei Besucher isoliert voneinander in jeweils einem dunklen Raum sitzen und das bekannte Gefangenendilemma* am eigenen Leib verspüren.

Durch eine Schwenktür, die nicht abgeschlossen ist, gelangt man von der Ausstellung direkt in die gläserne Werkstatt des Exploratoriums. Die Besucher können sehen, wie das etwa 30-köpfige Entwicklerteam an neuen Exponaten fräst, schraubt und dreht oder auch Ausstellungsstücke überholt.

Der Job der Entwickler verbindet Kopf- und Handarbeit: Es reicht ja nicht, eine gute Idee zu haben, wie man ein wissenschaftliches Phänomen visualisiert. Wenn jährlich eine Million Menschen an dem Objekt vorbeikommen, zählen auch scheinbar banale Kriterien: Das Exponat muss stabil sein, um die Attacken von Zwölfjährigen zu überstehen. Es muss den ganzen Tag, möglichst aber die ganze Woche lang wartungsfrei funktionieren. Es soll mit möglichst wenigen Worten erklärbar sein und auch einem Besucher, der sich nur eine halbe Minute mit ihm beschäftigt, einen Aha-Effekt bieten.

Die Entwickler entwerfen ihre Exponate nicht nur, sondern bauen die Prototypen selbst, mit dem Lasercutter oder herkömmlichen Dreh- und Fräsmaschinen. Erst beim Bau des fertigen Modells helfen ihnen Designer

*** Tragik der Allmende**
Wenn Güter für alle frei zugänglich und nutzbar sind, besteht die Gefahr, dass sich individueller Egoismus durchsetzt – auf Kosten der Interessen der Gemeinschaft.

*** Gefangenendilemma**
Zwei Räuber erwartet eine milde Strafe, solange sie sich nicht verpfeifen. Schwärzt einer den anderen an, geht er straffrei aus, der andere lange ins Gefängnis. Beschuldigen sie sich gegenseitig, erhalten beide lange Haftstrafen. Was tun?

Fotos: Gayle Laird/Exploratorium (7), Exploratorium (9), SiliconValleyStock/Alamy Stock Photo

Der Tischtennisball rollt gut vier Minuten durch ein aus Zahnstochern gebautes San Francisco.

Was macht denn der Schatten? Besucher in der Shadow Box.

Wie geht ein Tornado? Tai Michael Johnson findet es gerade heraus.

→ und Ingenieure. Und geschulte Autoren sorgen dafür, dass die Macher ihre Exponate nicht mit belehrenden Texttafeln überfrachten.

Schon als das Museum 1969 öffnete, wollte es neuen Zugang zu naturwissenschaftlicher Bildung ermöglichen. Sein Erfinder Frank Oppenheimer wollte die Wissenschaft aus dem Gefängnis blutleerer Schulcurricula befreien. Im Zentrum stand für ihn die persönliche Erfahrung, die jeder Theorie vorauszugehen habe: „Wenn man Wissenschaft und Technik ohne Requisiten erklärt, ähnelt das dem Versuch, jemandem das Schwimmen beizubringen, ohne ihn je in die Nähe des Wassers zu lassen.“ Oppenheimer orientierte sich statt an wissenschaftlichen Disziplinen an den menschlichen Sinnen: Sehen, Hören, Fühlen, Riechen und Schmecken.

Die ersten Exponate waren klassische physikalische Experimente – solide Maschinen, die sich bewegten oder Licht- und Toneffekte produzierten. Einige von ihnen tun noch nach fast 50 Jahren ihren Dienst. Je weiter man sich von der Physik entfernt, umso schwieriger wird es, sinnlich erfahrbare und dauerhafte Exponate zu bauen. Die Entwicklerin Denise King etwa arbeitet mit empfindlichen lebenden Organismen. Besonders stolz ist sie auf einen Glaskasten, den sie entworfen hat. Darin liegt eine untertassengroße Glasscheibe, die zuvor eine Woche dem Wasser der Bucht ausgesetzt war. Von außen können Besucher ein Mikroskop hin und her bewegen und sehen hochaufgelöst auf einem Bildschirm die Meeresfauna und -flora, die sich auf dem Glas gesammelt hat. Jede Woche ein neuer mariner Mikrokosmos.

Was passiert im Kopf eines Kindes, das ein paar Augenblicke lang per Joystick diese Unterwasserwelt erkundet hat? Bleibt davon etwas im Gedächtnis haften? Das Exploratorium wird oft dafür kritisiert, dass es den Besuchern ein zusammenhangloses Sammelsurium an Phänomenen bietet. Dass insbesondere Kinder sich an den Exponaten austoben, aber nichts lernen würden. Andere Wissenschaftsmuseen gehen didaktischer vor, orientieren ihre Exponate an Lernzielen oder versuchen gar, politische Botschaften zu vermitteln. Das Exploratorium hält an der Idee seines Gründers fest, dass sich die Wahrheit besser durch Erfahrung als durch Belehrung erschließt. Und dass es Lerneffekte gibt, die sich nicht in Prüfungen abfragen lassen. „Wir sind kein Ort der Transmission“, sagt Robert Semper, der seit 1977 dabei ist und im Moment kommissarisch das Museum leitet. Die Effekte seien subtiler. So haben Forscher des Exploratoriums Besucher nach einem halben Jahr befragt,

»Besucher verbringen an vielen Exponaten wenig Zeit – und an wenigen sehr viel.«

Robert Semper, kommissarischer Leiter des Exploratoriums

was ihnen denn im Gedächtnis geblieben sei. Für viele ist das ein einzelnes Exponat, das ihnen ein Phänomen demonstriert hat, das sie so noch nicht gesehen hatten.

„Wenn man die Besucher beobachtet“, sagt Semper, „stellt man fest, dass sie an sehr vielen Exponaten nur wenig Zeit verbringen und an wenigen sehr viel.“ Das gilt für die ausgelassenen Kinder genauso wie für die erwachsenen Besucher und sogar für echte Wissenschaftler. Auch hier folgt das Exploratorium dem Credo, das der Gründer Frank Oppenheimer bei der Eröffnung formulierte: „Es ist wichtig, dass die Menschen, die das Museum nutzen, nicht gezwungen werden, irgendwelchen vorgegebenen Mustern zu folgen.“ So wie es etwa die Schulpläne vorgaben.

Heute ist der Schulunterricht weniger knöchern als damals, vor allem aber gibt es im Internet zuhauf anschauliches Material zu allen wissenschaftlichen Themen. Aber auch die beste Website ersetzt nicht die sinnliche Erfahrung. Dass ein großer Kreisel bestrebt ist, seine Drehachse beizubehalten, kann man theoretisch verstehen – und wieder vergessen. Aber ein Kind, das von den dabei entstehenden Kräften im Exploratorium herumgewirbelt wurde, wird sich an diese körperliche Erfahrung sein Leben lang erinnern. ●

Christoph Drösser leitete viele Jahre das Wissenschaftsressort der Wochenzeitung Die Zeit. Seit 2015 lebt er als freier Journalist und Buchautor in San Francisco. Soeben erschien sein Buch „Total berechenbar? Wenn Algorithmen für uns entscheiden“. Drösser war an der Konzeption des Odysseums in Köln beteiligt.

Fotos: Exploratorium (2), The New York Times/Redux/laif (2)

Pädagogik
Hauptsache sinnlich!

Tom Rockwell konzipiert die Ausstellungen am Exploratorium. Er weiß: Was die Hände begreifen, das versteht der Verstand – und das begeistert den Menschen.

Mr. Rockwell, was macht ein gutes Exponat aus?
Die wichtigste Frage ist: Ist es überhaupt möglich, das wirkliche Phänomen zu zeigen? Ist es „ausstellbar“, wie wir sagen? Sie werden bei uns nicht viele Exponate zu Teilchenphysik oder Kosmologie finden.

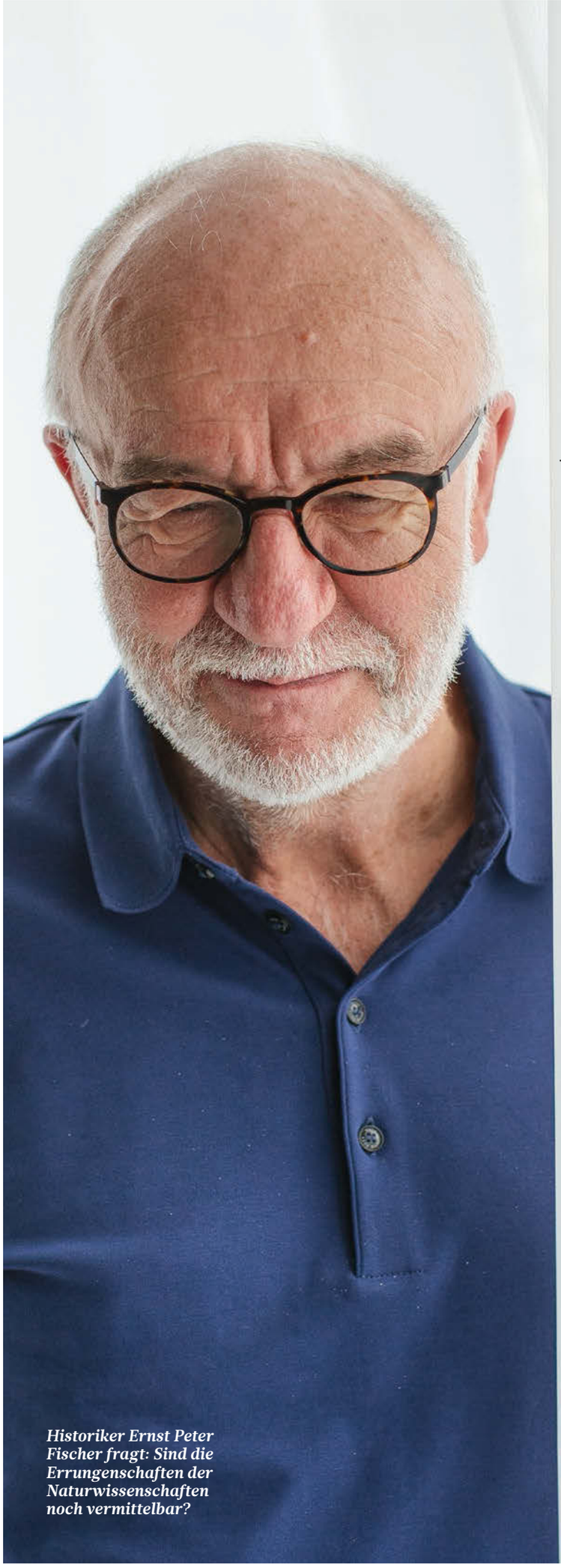
Wenn Sie eine neue Ausstellung entwerfen – haben Sie dann Lernziele im Kopf?
Es kommt darauf an, was man unter einem Lernziel versteht. Meinen Sie eine Liste von kognitiven, abfragbaren Sätzen? Darin sind Wissenschaftsmuseen nicht besonders gut. Vor meiner Zeit am Exploratorium habe ich mit einem Biochemiker an einer Ausstellung gearbeitet, der wollte einen Kernsatz herüberbringen: Alles ist aus Atomen gemacht! Am Ende haben wir einen Lautsprecher hingestellt, aus dem ständig dieser Satz kam. Und natürlich haben die Leute, wenn wir sie nachher befragt haben, genau diesen Satz zitiert. War es deshalb eine gute Ausstellung? Ich glaube, es gibt andere Arten von Lernen, die körperlicher, sinnlicher sind.

Wie wichtig ist der Text, der die Exponate beschreibt?
Wir wissen aus Untersuchungen, dass die Leute wenig lesen in unseren Ausstellungen. Wichtig ist, dass wir mit den Schildern genau erklären, wie das Exponat funktioniert. Insbesondere Väter neigen sonst dazu, für ihre Kinder völlig falsche Erklärungen zu erfinden.

Ausstellungsmacher Tom Rockwell, 53, arbeitet seit elf Jahren im Exploratorium.

Haben Ihre Ausstellungen eine Mission?
Es gibt Forschungen, die sagen, dass derlei leicht nach hinten losgehen kann. Unser Gründer Frank Oppenheimer, ein sehr politischer Kopf, war davon überzeugt, dass wir uns mit unseren Vor-Urteilen nicht zwischen die Menschen und die Phänomene stellen sollten.

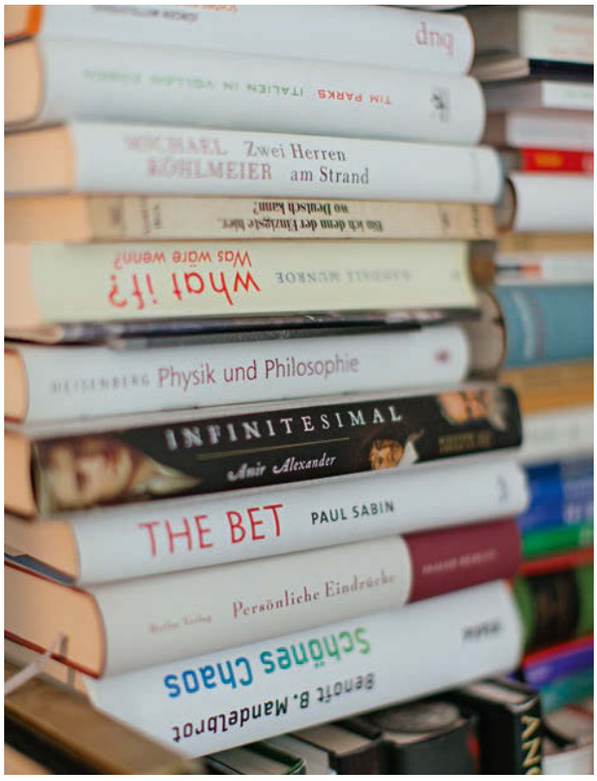
Gilt das auch für die Diskussion über den Klimawandel?
Wenn man den Klima-Leugnern noch mehr Wissenschaft präsentiert, ändert das nichts. Und wenn man sie verurteilt, laufen sie weg. Die Fragen sind doch: Woher bekomme ich meine Informationen? Warum glaube ich manchen Quellen mehr als anderen? Diese sozialpsychologische Forschung kann ich mit mir selber anstellen, da muss ich nicht an den Rand der Atmosphäre reisen oder das Klima auf der Venus mithilfe eines Computers simulieren.



Historiker Ernst Peter Fischer fragt: Sind die Errungenschaften der Naturwissenschaften noch vermittelbar?

Wie aus Neuland vertraute Welt wird

Schon immer haben Forscher und Entdecker unser Weltbild verändert. Und unser Denken, unsere Philosophie, Werte und Gesellschaften gleich mit. Ein Gespräch mit dem Wissenschaftshistoriker Ernst Peter Fischer über die Revolutionen in den Wissenschaften – und unseren Köpfen.



Fischers Bücherstapel: ein Wanderer zwischen den Welten

Flammarion-Zeichnung aus dem 19. Jahrhundert illustriert den Weltbildumbruch des Mittelalters.

Wenn wir Menschen uns Bilder von uns und von der Welt machen, Herr Fischer, was bedeutet das eigentlich?
Ernst Peter Fischer: Der Mensch sucht nach Orientierung, und Weltbilder sollen Antworten geben. Wir schauen in die Welt und versuchen, einzelne Bruchstücke zu einem stimmigen Ganzen zusammenzusetzen und ihnen einen Sinn zu geben. Weltbilder sind also die Synthese aus dem, was wir in der Welt erleben, und dem, was wir darüber denken.

Welchen Stellenwert haben die Naturwissenschaften dabei?
EPF: Sie liefern Wissen über die materielle Welt – etwa Atome, Moleküle oder Gene. Damit stehen die Naturwissenschaften am Anfang der Weltbildentstehung. Anschließend bedürfen all diese Dinge der Interpretation, und die hängt ab etwa von der Religion, der Kultur, auch der persönlichen Lebenssituation jedes Einzelnen – auch diese Interpretationen werden wiederum von den Naturwissenschaften geprägt.

Seit wann prägen Naturwissenschaften unsere Weltbilder?
EPF: Seit dem frühen 17. Jahrhundert, also der Zeit von Kopernikus, Kepler, Newton, Galilei und Bacon. Bis dahin hatten die Menschen versucht, Gewissheit durch Glauben zu erlangen, nun probierten sie es mit selbstständigem Denken und systematischen Versuchen. „Wissen ist Macht" – das war die Begründung der Wissenschaft.

»Wissenschaft muss ihre Arbeit so vermitteln, dass die Menschen sie mit dem Herzen verstehen können.«

Mit welchen Folgen?
EPF: Der Mensch wurde selbstbewusster. Indem er die Natur erkennt und sich ihr unterwirft, kann er die Naturgesetze für sich nutzen. Die Folge ist ein evolutionärer Prozess der Erkenntnis, der die Welt bis heute formt.

Inwiefern haben diese Erkenntnisse unsere Weltbilder verändert?
EPF: Die Wissenschaft glaubte lange daran, dass man alles erklären könne – dahinter steckte ein mechanistisches Weltbild, das auch die Philosophie wesentlich prägte. Quanten- und Relativitätstheorie haben dann mit dieser naiven Vorstellung aufgeräumt, die Welt wurde zunehmend komplexer. Im Alltag aber glauben die meisten Leute heute noch an eine Welt mit eindeutigen Ursachen und suchen nach Kausalitäten.

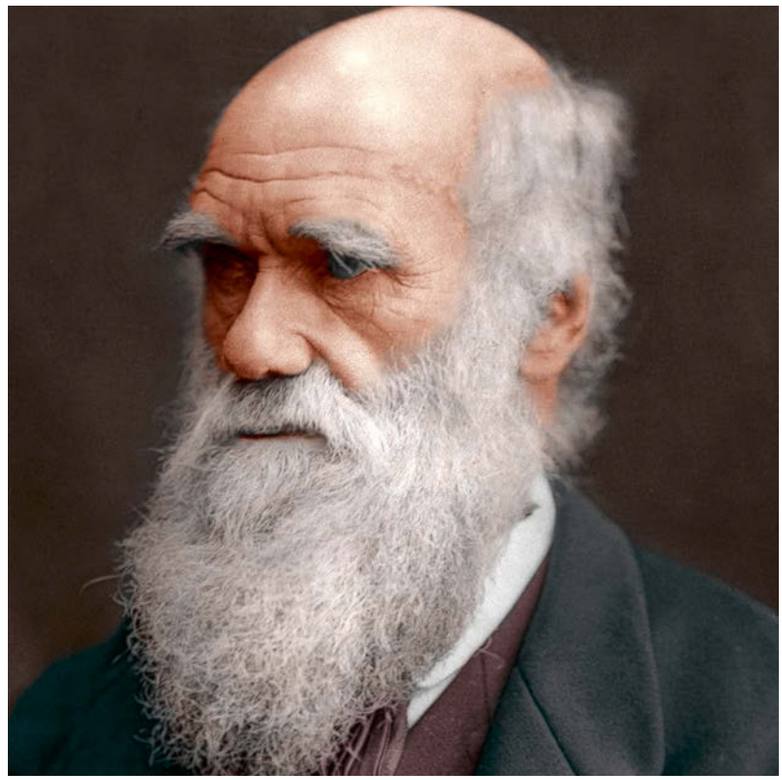
Warum mag unser Denken der Erkenntnis nicht folgen, dass die Welt komplexer ist?
EPF: Sich ein Bild von der Welt zu machen bedeutet, Erkenntnisse mit inneren Bildern in Deckung zu bringen. Wir sind von der Evolution aber nur auf einfache Reaktionen vorbereitet worden. Wir lassen etwa einen Ball los, er fällt nach unten – die Erdanziehungskraft ist mit unseren Erfahrungen simpel zu verstehen. Deshalb haben wir grundsätzlich eine Vorliebe für lineare Erklärungen. Sobald wir viele Wechselwirkungen zugleich betrachten müssen, sind wir schnell überfordert.

Trotzdem haben Naturwissenschaften oft Weltbilder radikal verändert. Wie konnte das gelingen?
EPF: Es sind kreative Prozesse, und oft gelingen sie, wenn jemand Gedanken aus der menschlichen Sphäre auf die Natur übertragen kann. Etwa Charles Darwin mit seiner Erkenntnis, dass sich lebende Formen wandeln können. Er hatte das beobachtet, ihm fehlte jedoch der Begriff dafür. Darwin lebte im Zeitalter der Industrialisierung, und es wurde diskutiert, ob es aufgrund der Bevölkerungsexplosion und womöglich knapper Nahrungsmittel nicht zu einem „Überlebenskampf" zwischen Menschen kommen wird. So kam Darwin auf die Idee vom Überlebenskampf unter den Arten.

Erkenntnis ist also abhängig von der Gesellschaft, in der sie stattfindet?
EPF: Es braucht einen kulturellen Rahmen, damit bestimmte Gedanken überhaupt aufkommen können. Ein gutes Beispiel ist die Romantik mit ihrem Glauben an die Polarität. Bewusstes–Unbewusstes, Sichtbares–Unsichtbares: Für die

Fotos: Ramon Haindl (2), Bettmann Archive/Getty Images

Gern umgeben von schönen Dingen: Blick auf Fischers Arbeitsschreibtisch



Charles Darwins Evolutionstheorie hat unser Menschenbild revolutioniert.

➔ Romantiker im frühen 19. Jahrhundert gab es immer beides. Im Jahr 1820 wird entdeckt, dass Strom eine Magnetnadel beeinflusst. Also muss es umgekehrt genauso sein, denkt sich der Physiker Michael Faraday, ich muss durch die Änderung eines Magnetfelds auch Strom erzeugen können. So entdeckt er 1831 die elektromagnetische Induktion, weshalb heute Strom aus der Steckdose kommt.

Gibt es dafür auch ein aktuelles Beispiel?
EPF: Eine solche kulturelle Abhängigkeit zeigt sich aktuell bei der Krebsforschung. US-Wissenschaftler konzentrieren sich auf der Suche nach Ursachen auf klar identifizierbare Objekte wie Viren oder Bakterien, in Europa sucht man verstärkt nach seelischen Zusammenhängen.

Insofern sind Naturwissenschaftler immer eingebunden in ihre Kultur. Aber haben sie umgekehrt Kulturen und Gesellschaften nicht auch radikal verändert?
EPF: Natürlich. Das Bild des Menschen ist seit Charles Darwin ein völlig anderes. Oder nehmen Sie die Zeitmessung. Durch immer bessere Uhren bekamen die Menschen erst eine Vorstellung von der Zeit, und das heute durchgetaktete Leben mit Stechuhr, Fahrplänen und Schulstunden wurde möglich. Aber Wissenschaft allein macht keine Revolution, sie braucht dafür ein menschliches Bedürfnis, dass sie bedienen kann. Bei der Zeitmessung wollten die Menschen schlicht besser wissen, wie spät es ist, denn sie reisten durch die Welt und mussten sich miteinander verständigen. Und bei Einsteins Relativitätstheorie waren sie einfach fasziniert davon, dass die Sterne gar nicht dort stehen, wo sie sie sehen.

»Wer fragt, versetzt die Welt in einen Zauberzustand und zeigt, dass sie voller Geheimnisse steckt.«

Was bedeutet das für die Prägekraft der heutigen Naturwissenschaft? Sie verliert erkennbar an Faszination.
EPF: Sie hat an Prägekraft verloren, denn die großen Ideen bleiben aus. Damit verliert sie einen wichtigen Wirkungshebel – die Vertreibung naiver Vorstellungen durch jemanden, den man bewundern kann. Zudem haben Menschen die Wissenschaft immer dann akzeptiert, wenn sie klare Vorhersagen treffen konnte. Dieses Versprechen aber vermag die Wissenschaft nur noch selten einzulösen, sie liefert kaum Orientierungswissen.

Liegt das auch an ihrer zunehmenden Unanschaulichkeit?
EPF: Ja. Komplizierte Theorien oder rein mathematisch beschriebene Modelle verhindern, dass sich Menschen ein Bild machen können. In der Folge hantieren sie oft mit schillernden Begriffen wie schwarzen Löchern oder Gravitationswellen, ohne eine Ahnung zu haben, was sich dahinter verbirgt. Oder sie nehmen Wissenschaft zwar zur Kenntnis, wenden sich dann aber schnell gelangweilt ab.

Damit verlieren wir einen wichtigen Baustein für unsere Weltbilder. Was könnte die Wissenschaft dagegen tun?
EPF: Sie muss ihre Arbeit so vermitteln, dass die Menschen sie mit dem Herzen verstehen können. Dafür muss man als Wissenschaftler seine eigene Freude und Leidenschaft vorführen.

Aber ich verstehe eine Sache nicht besser, nur weil jemand Spaß am Erklären hat.
EPF: Nein, aber Wissenschaftler können so viel Begeisterung wecken, dass andere Menschen dann allein weitermachen. Dafür könnten sie sich der Kunst bedienen, wie bei Einsteins Relativitätstheorie. Trotz des komplizierten Konstrukts der Raumzeit besagt sie, dass alles mit Geometrie zu verstehen ist. Diese Aussage finden Sie auch in der Malerei, im Kubismus. Auf Picassos Gemälde „Les Desmoilles d'Avignon" etwa findet sich eine Figur, die man gleichzeitig mit dem Rücken und dem Gesicht sieht. Picasso zeigt damit, wie die Figur aussieht, wenn ich um sie herumgehe. Er malt also in den Raum die Zeit – eine Raumzeit. So wie Einstein sie mathematisch beschrieben

Fotos: Ramon Haindl (2), The Print Collector/Alamy Stock Photo | Illustration: C3 Visual Lab

Ernst Peter Fischer (69) studierte Physik und Mathematik in Köln sowie Biologie am California Institute of Technology in Pasadena (USA), wo er 1977 bei Max Delbrück promovierte. Seit seiner Habilitation 1987 lehrt Fischer Wissenschaftsgeschichte – bis 2011 an der Universität Konstanz, seitdem an der Universität Heidelberg. Als Publizist ist Fischer zudem Autor zahlreicher Bücher über Personen, Phänomene und Entwicklungen in der Wissenschaft. Zuletzt erschien 2015 „Durch die Nacht – Eine Naturgeschichte der Dunkelheit" (Siedler).

hat, nur dass das kaum jemand begreift. Picasso aber liefert eine Vorstellung.

Und was mache ich mit dieser Vorstellung?
EPF: Dann beginnen Sie selbst zu denken. Aber man muss sich daran gewöhnen, dass Naturwissenschaft heute immer nur zur nächsten Frage führt. Das ist jedoch nicht schlimm, weil sie die Welt damit in einen Zauberzustand versetzt und zeigt, dass sie voller Geheimnisse steckt. Und sich ein eigenes Bild von diesen Geheimnissen zu machen, das ist doch ein Vergnügen.

Kann ich damit die Welt noch begreifen?
EPF: Ich kann sie mir Stück für Stück erschließen, und gerade weil es heute so viel Spezialwissen gibt, fängt man am besten mit grundlegenden Dingen an. Etwa den Atomen. Wenn man davon ein Bild gewonnen hat, kann man übergehen zu Halbleitern und weiter zu den Computerchips. Und dann kann man entscheidende Fragen mitdiskutieren. Etwa die, wie lange das Mooresche Gesetz noch gelten kann, nach dem sich die Zahl der Schaltkreise auf einem Chip ständig verdoppelt. Heute flitzen dort Elektronen durch Leitungen, die kaum größer sind als sie selbst. Was heißt das nun? Denn ist ein Elektron ein Teilchen oder eine Welle? Da ist man mittendrin in der aktuellen Physik.

Was könnten unsere Bildungsinstitutionen tun, damit sich mehr Menschen auf eine solche Reise begeben?
EPF: Sie könnten echtes Interesse wecken, schon in der Schule. Derzeit kommen die Kinder ästhetisch neugierig an und werden gelangweilt nach Hause geschickt. Licht etwa wird zu einem schwarzen Strich, der auf einen anderen schwarzen Strich trifft, und das nennt man dann Reflexion. Kinder lernen nur die Gesetze kennen, nicht das Licht selbst. Dabei lieben sie doch das Spiegeln des Lichts auf der Oberfläche eines Sees, das müsste man nutzen. Beim Spazierengehen könnte man viel mehr Wissenschaft lernen als aus einem Schulbuch. Die Gesetze folgen von ganz allein.

Und damit ein klareres Bild von der Welt?
EPF: Zumindest entstünde dadurch mehr Freude am Denken, auch über Naturwissenschaft. Heute drücken sich viele Leute davor, und das ist verheerend. Denn die Naturwissenschaft zeigt, dass die Welt unsere Welt ist und dass man eine Chance hat, sie zu verstehen. Die kann man doch nicht verstreichen lassen.

Christian Sywottek ist Journalist in Köln. Naturwissenschaften waren für ihn immer eine Herausforderung. Das Gespräch mit Ernst Peter Fischer hat ihm eines wieder ins Gedächtnis gerufen: Wer sie annimmt, hat viel zu gewinnen.

Serie »Meilensteine der Chemie«

ROHACELL

Damit Hubschrauber zuverlässig abheben, steckt in den Rotorblättern der stabile Hartschaumstoff ROHACELL. Das Hightechmaterial von Evonik ist ein bewährter Leichtbauwerkstoff und kommt auch in Flugzeugen, Sportgeräten und im Auto zum Einsatz – eben überall dort, wo Energie durch Leichtbau eingespart wird und zugleich die Sicherheit jederzeit gewährleistet sein muss.

4

LEICHTBAU

Um maximale Stabilität und geringes Gewicht zu verbinden, werden Rotorblätter als Sandwichkonstruktionen gebaut: Zwei dünne Deckschichten aus Faserverbundwerkstoffen bedecken den leichten Kern aus Hartschaumstoff.

Wo überall ROHACELL zum Einsatz kommt

Medizintechnik
Röntgenliegen mit ROHACELL Kern helfen, die Strahlenbelastung zu verringern.

Wintersport
In Langlaufskiern befindet sich ein extrem fester Schaumkern aus dem Hightechmaterial.

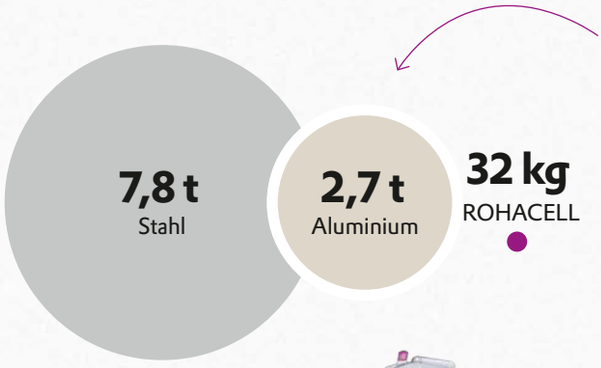
Automotive
Auch in immer mehr Pkw-Teilen steckt das Leichtgewicht von Evonik Industries.

Luftfahrt
Hoch belastbare Konstruktionen wie das Druckschott der Airbus-Modelle A330 und A380 fliegen mit ROHACELL.

Weitere Meilensteine der Chemie finden Sie unter:
geschichte.evonik.de/sites/geschichte/de/erfindungen

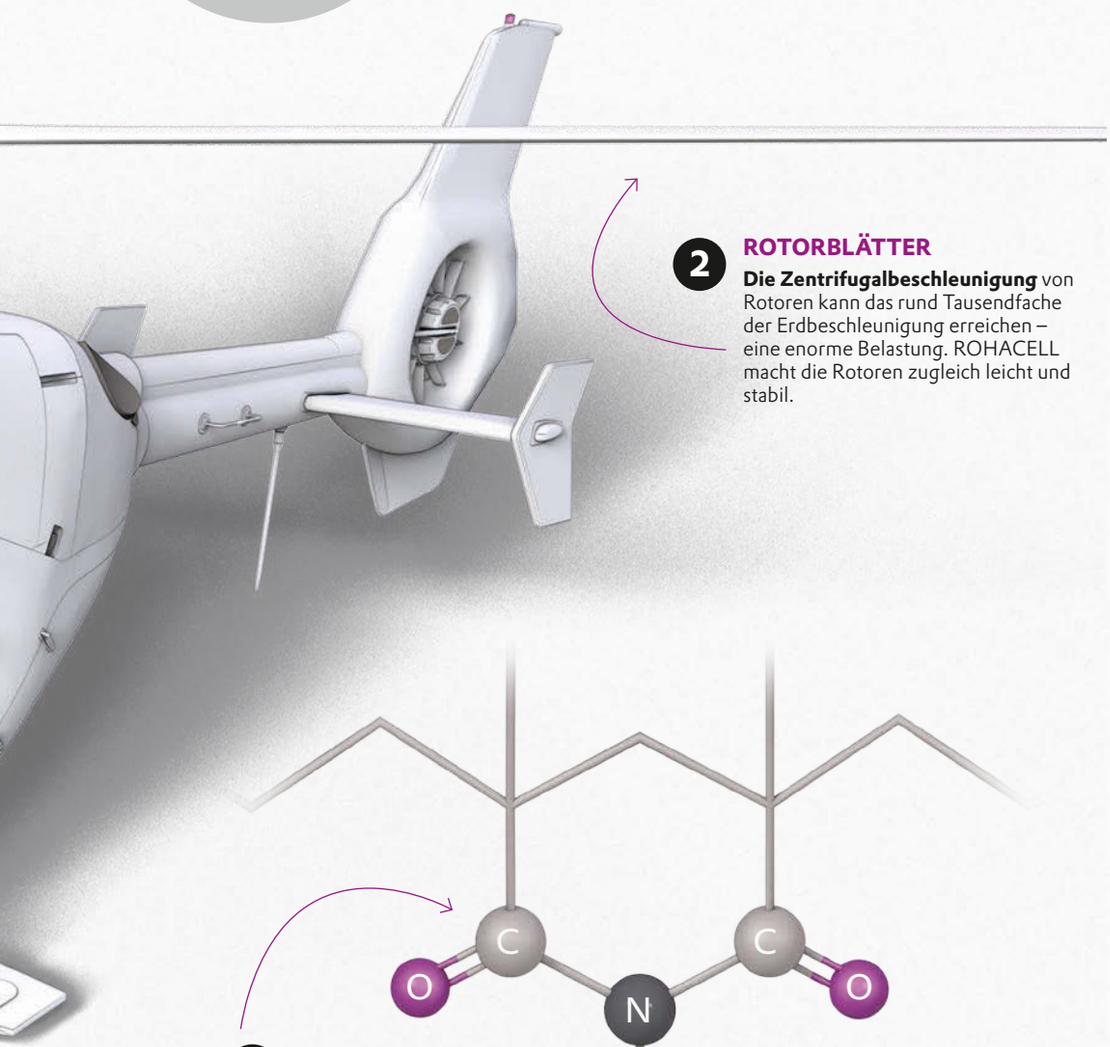
Die Bezeichnung ROHACELL® ist eine geschützte Marke der Evonik Industries AG oder ihrer Tochterunternehmen. Sie ist im Text in Großbuchstaben geschrieben.

Grafik: C3 Visual Lab



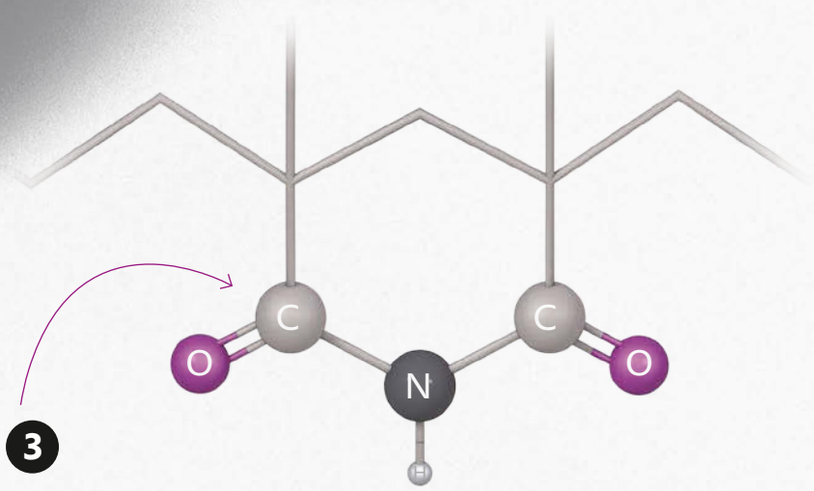
1 MATERIAL

Im Vergleich zu anderen Werkstoffen wie Stahl oder Aluminium ist ROHACELL pro Kubikmeter um ein Vielfaches leichter.



2 ROTORBLÄTTER

Die Zentrifugalbeschleunigung von Rotoren kann das rund Tausendfache der Erdbeschleunigung erreichen – eine enorme Belastung. ROHACELL macht die Rotoren zugleich leicht und stabil.



3 GUT GESCHÄUMT

Die farblosen Flüssigkeiten Methacrylsäure (MAS) und Methacrylnitril (MAN) werden zusammen mit einem Treibmittel zu einer transparenten, harten Kunststoffplatte polymerisiert. Wird sie erhitzt, entsteht mithilfe des Treibmittels ein feinzelliger, weißer Polymethacrylimid-Hartschaum (PMI): ROHACELL.

Wer Hubschrauber, Flugzeuge, Autos, Schiffe oder Züge baut, kann es sich leicht machen – und zu ROHACELL greifen. Der Hartschaum wiegt nur einen Bruchteil dessen, was etwa Stahl oder Aluminium auf die Waage bringen. Zugleich hält er immensen Druck aus, ebenso wie extrem schwankende Temperaturen. Diese Belastbarkeit und die unablässige Forschungsarbeit bei Evonik Industries eröffnen ROHACELL immer neue Einsatzfelder. Heute ist der Kunststoff in Tragflächen von Flugzeugen ebenso zu finden wie in Strukturbauteilen von Autos – selbst in der Formel 1. Häufig kommt ROHACELL im „Sandwich" zum Einsatz: als leichter Kern zwischen zwei dünnen Deckschichten aus Faserverbundwerkstoffen.
Mit den Möglichkeiten steigt die Nachfrage: Evonik hat in den letzten Jahren mehrere neue Produktionsanlagen in Betrieb genommen, die neueste im Januar in Schanghai.

Der Schaumexperte

Wolfgang Pip gab in den 1970er-Jahren in der damaligen Firmenzeitschrift ROHACELL-Postille gern Tricks bei der Verarbeitung des Produkts weiter. „Fragen Sie Herrn Pip" hieß die Rubrik – der Ingenieur aus dem Anwendungstechnischen Labor antwortete gern. Die beiden maßgeblichen Entwickler von ROHACELL allerdings waren Günter Schröder und Wolfgang Gänzle im Jahrzehnt zuvor. Im September 1967 meldete Röhm & Haas zwei Patente „zur Herstellung schäumbarer Kunststoffe" und „zur Herstellung von Formkörpern aus Hartschaumstoffen" an.

GESCHICHTE

Hervorgegangen ist ROHACELL aus Entwicklungen der Acrylat- und Methacrylatchemie, die bei der damaligen Röhm & Haas OHG in Darmstadt seit 1912 betrieben wurden. Der Markenname ROHACELL verweist im ersten Wortteil auf die Namen der Firmengründer und im Bestandteil „cell" auf die feine Zellstruktur des Polymethacrylimids.

1961 liegen erste Muster vor
1967 werden die Patente angemeldet
1968 wird ROHACELL als Marke eingetragen
1970 wird ROHACELL erstmals industriell hergestellt
1972 erhält der Schaumstoff seine erste Luftfahrtzulassung
1976 gewinnt Rosi Mittermaier auf ROHACELL Skiern zwei Goldmedaillen bei den Olympischen Winterspielen
1978 erobert der Werkstoff das Weltall im Satelliten „Geos"
1980 wird ROHACELL erstmals als Kernmaterial für ein Schiffsdeck eingesetzt
1990 ist ROHACELL zum ersten Mal Bestandteil eines zivilen Passagierjets, der McDonnell Douglas MD-11
1998 wird der Hartschaumstoff für mehrere Airbus-Typen zugelassen
2008 wagt ROHACELL den Sprung über den Atlantik mit einer neuen Anlage in Mobile, Alabama (USA)
2014 erschließt Evonik ein neues Marktsegment im Luftfahrtsektor: ROHACELL HERO hält hohen Temperaturschwankungen und extremen mechanischen Belastungen stand
2015 wird ROHACELL Triple F als Leichtbauwerkstoff im Autobau eingesetzt
2016 wird in einer neuen Anlage in Schanghai (China) ROHACELL produziert

So springt man mit Tigern um

Lob, Einfühlung, Motivation – was sich in Schulen durchgesetzt hat, wird inzwischen sogar bei der Dressur von Raubtieren erwartet. Funktioniert das überhaupt? Tigerlehrerin Carmen Zander über Erziehung hinter Gitterstäben, weiche Dressur und das harte Leben in der Zirkuswelt.

Sie nennen sich nicht Dompteurin, sondern Tierlehrerin. Warum?
Tierlehrerin klingt freundlicher. Wobei sich der Beruf des Dompteurs wirklich verändert hat. Es gibt keine „wilde Dressur“ mit Stuhl und Peitsche mehr wie vor 50 Jahren, sondern die „zahme Dressur“ mit Motivation und Leckerli.

Wie wird man eigentlich Tigerlehrerin?
Mein Weg war eher ungewöhnlich, weil ich nicht aus einer Zirkusfamilie komme. Ich war früher im DDR-Leistungskader für rhythmische Sportgymnastik und bin dann zu einer Artistenschule gewechselt, weil ich nach einer Verletzung vor Olympia aufhören musste. Als ich 19 war, habe ich mit Tigern in einer Manege getanzt – das öffnete mir eine völlig neue Tür. Ich war danach zwölf Jahre bei Dompteuren in der Ausbildung. 2006 habe ich, nach bestandener Prüfung, meine ersten fünf Tiger aus einem Safaripark bekommen.

Haben sich die Erwartungen des Publikums verändert?
Früher sprangen die Dompteure wie angestochen durch die Manege, heute wollen die Leute, dass es ruhig zugeht. Damals riss der Löwe dem Dompteur das Hemd auf, heute soll er Küsschen geben. Aber: Das sind Raubkatzen! Mit denen kann man nicht diskutieren. Es ist wichtig, dass sie merken, wer das Leittier ist. Das geht über klare Befehle und körperliche Präsenz.

Wie lernen Tiger heute?
Indem ich ihnen etwas vormache. Ich habe meine Tiger bekommen, als sie viereinhalb Monate alt waren. Ab diesem Zeitpunkt habe ich ihnen von Grund auf alles beigebracht: Wie sie durch den Lauftunnel gehen. Wie sie von einem Podest zum anderen springen. Wie sie auf ihren Platz gehen. Ich bin vorgegangen, und sie sind mir gefolgt. Ich bin gesprungen und sie auch. Ich bin ja so etwas wie eine Mutter für sie. Mit Dressur hat das bei mir nichts zu tun, eher mit Nachahmung.

„Für meine Mäusis gebe ich alles“: Carmen Zander, 42, ist Europas einziger weiblicher Tigerlehrer, hier mit Königstigerin Ashanti.

Haben Tiger unterschiedliche Begabungen?
Eher verschiedene Vorlieben. Ich habe eine weiße Tigerin, die ungern balanciert. Dafür lässt sie sich auf der Spiegelkugel drehen. Oder wenn es darum geht, Fleisch von Mund zu Mund weiterzureichen: Das mache ich mit einer bestimmten Tigerin, von der ich weiß, dass sie nie mit der Pranke nach mir schlagen wird.

Was passiert, wenn der Tiger nicht will? Welches Druckmittel haben Sie dann?
Tiger sind schnell beleidigt. Wenn die schlechte Laune haben – oh la la! Was dann meistens funktioniert, ist Ablenkung, indem ich etwa einen anderen Tiger streichle. Der eine sieht das und denkt: Das will ich auch! Schon ist der Ärger vergessen.

Tierschützer kritisieren, dass Sie die Tiere schlagen, mit dem Stock in der Manege.
Der Bambusstock ist die Verlängerung meines Arms. An seinem Ende steckt das Leckerli. Wenn ich dem Tiger das mit der Hand gebe, und der reagiert mit der Pranke, selbst wenn er das nur spielerisch meint – dann gute Nacht! Es gibt auch Situationen, da muss ich mit dem Stock auf das Podest schlagen, damit ich die Aufmerksamkeit der Tiere wieder kriege. Wirklich schlagen würde ich die Tiger nie. Was meinen Sie, wie die reagieren würden! Das würde ich gar nicht überleben.

Die meisten Dompteure sind Männer. Ist es schwer, sich als Frau zu behaupten?
Es gibt nur wenige Frauen, die mit Wildkatzen arbeiten, das stimmt. Und ich wusste nicht, wie schwer es ist, in der Zirkuswelt akzeptiert zu werden. Mit Leistung zu überzeugen reicht nicht. Die Zirkusfamilien bleiben lieber unter sich, sie heiraten sogar untereinander. Ich arbeite bis heute frei. Weil die Kritik an Vorführungen mit Raubkatzen zunimmt, ist es schwer, an Engagements heranzukommen. Und im Prinzip ist das ein 24-Stunden-Job.

Interview: Saphir Robert

Die Tigerschau von Carmen Zander ist bereits jetzt für den „Great Christmas Circus“ in Frankfurt/Main gebucht.

Fotos: action press, shutterstock

EVONIK

Edition Wissen Nº 8

WIE DIE MENSCHHEIT WISSEN SPEICHERT

Seit der Mensch Mensch ist, zeichnet er auf, was er erlebt und wichtig findet. Szenen, Geschichten, Gesetze, Verwandtschaftslinien, Buchhaltung und Baupläne wurden einst auf Tontafeln, Pergament und Papier festgehalten. Heute gibt es technologisch anspruchsvollere Medien. Bald sollen DNA-Speicher mit einem Problem Schluss machen, für das die Menschheit bislang keine Lösung gefunden hat: Mit dem jedem Wissensspeicher, der zerfällt, vergeht auch ein bisschen Wissen.

»Mit der Digitalisierung erfüllt sich das humboldtsche Ideal von der Bildung für alle. Mit Lehrplänen, die auf die Bedürfnisse des einzelnen Menschen abgestimmt sind.«

Jörg Dräger, Vorstand Bertelsmann-Stiftung und
Geschäftsführer des CHE (Centrum für Hochschulentwicklung)