



# Steven Johnson

# Die Erfindung der Zukunft



Sechs Innovationen,  
die die Welt veränderten



Springer

## Die Erfindung der Zukunft

Steven Johnson

# Die Erfindung der Zukunft

Sechs Innovationen, die die Welt  
veränderten

Aus dem Englischen übersetzt von Monika Niehaus und  
Jorunn Wissmann

 Springer

Steven Johnson  
c/o Riverhead Books  
Brooklyn, USA

ISBN 978-3-662-50293-8  
DOI 10.1007/978-3-662-50294-5

ISBN 978-3-662-50294-5 (eBook)

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

Übersetzung der amerikanischen Ausgabe "How We Got to Now - Six Innovations That Made the Modern World" von Steven Johnson, erschienen 2014 by Riverhead Books. Published by the Penguin Group, New York. © 2014 Steven Johnson und Nutopia Ltd. All rights reserved.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Planung: Frank Wigger

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer ist Teil von Springer Nature  
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg

Für Jane, die zweifellos eine dreibändige Abhandlung über  
den Walfang im 19. Jahrhundert erwartete.

# Einführung: Historiker- Roboter und der Flügelschlag des Kolibris

Vor etwas mehr als zwei Jahrzehnten veröffentlichte der mexikanisch-amerikanische Künstler und Philosoph Manuel De Landa ein merkwürdiges und wundervolles Buch mit dem Titel *War in the Age of Intelligent Machines* („Krieg im Zeitalter der intelligenten Maschinen“). Das Buch war strenggenommen eine Geschichte der Militärtechnologie, entsprach aber keineswegs den herkömmlichen Erwartungen an ein Werk dieses Genres – da schrieb nicht etwa ein Professor einer Marineakademie über die Heldentaten von U-Boot-Ingenieuren. De Landa verwob vielmehr Chaostheorie, Evolutionsbiologie und eine poststrukturalistische Philosophie zu Geschichten der konischen Munition, des Radars und anderer Erfindungen des Militärs. Ich erinnere mich noch, wie ich das Buch als Student mit Anfang zwanzig las und dachte, dies sei eines jener Bücher, die sich keiner Kategorie zuordnen ließen, so als sei De Landa von einem fremden intellektuellen Planeten auf die Erde gekommen. Es war faszinierend und vollkommen verwirrend zugleich.

De Landa begann sein Buch mit einem genialen interpretativen Kniff. Man stelle sich, so De Landa, ein Geschichtswerk vor, das irgendwann in der Zukunft von einer künstlichen Intelligenz geschrieben werde und die Geschichte des vorausgehenden Jahrtausends wiedergebe. „Wir können uns

wohl ausmalen“, so argumentiert De Landa, „dass ein solcher Historiker-Roboter die Geschichte ganz anders festhielte als sein menschliches Gegenstück.“<sup>1</sup> Ereignisse, die in menschlichen Berichten viel Raum einnehmen – die Eroberung Amerikas durch die Europäer, der Niedergang des Römischen Reiches, die Magna Carta –, wären dem Roboter nur Fußnoten wert. Andere Ereignisse, die der traditionellen Geschichtswissenschaft nebensächlich erscheinen – die angeblichen Schachroboter im 18. Jahrhundert, der Jacquard-Webstuhl mit seinen Lochkarten, der die frühe Datenverarbeitung inspirierte –, wären für den Historiker-Roboter wichtige Meilensteine, Wendepunkte, die direkt in die Gegenwart führten. „Ein menschlicher Historiker versucht vielleicht nachzuvollziehen, wie Menschen Uhrwerke, Motoren und andere physikalische Geräte entwickelten“, erläutert De Landa, „während ein Historiker-Roboter hervorheben würde, wie diese Maschinen die Evolution des Menschen beeinflusst haben. Der Roboter würde die Tatsache hervorheben, dass die Menschen, sobald Uhrwerke die vorherrschende Technik darstellten, ihre Umwelt als ein ähnliches Räderwerk betrachteten.“

Im meinem Buch gibt es keine intelligenten Roboter. Es handelt von Innovationen des alltäglichen Lebens, ganz ohne Science-Fiction: Glühbirnen, Tonaufzeichnungen, Klimaanlage, einem Glas sauberen Leitungswassers, einer Armbanduhr, einer gläsernen Linse. Ich habe aber versucht, die Geschichte sozusagen aus dem Blickwinkel von De Landas Historiker-Roboter zu schreiben. Könnte die Glühbirne eine Geschichte der letzten 300 Jahre schreiben, käme wiederum etwas ganz anderes dabei heraus. Wir würden erfahren, wie viel Zeit unserer Geschichte dem Streben nach

künstlichem Licht gewidmet war, wie viel Genialität und harte Arbeit in den Kampf gegen die Finsternis gesteckt wurden und wie die Erfindungen, die wir schließlich machten, Veränderungen auslösten, die auf den ersten Blick so gar nichts mit Glühbirnen zu tun haben scheinen.

Diese Geschichte ist es wert, erzählt zu werden – auch, weil wir auf diese Weise eine Welt, die wir für selbstverständlich halten, mit neuen Augen sehen können. Die meisten Menschen in der entwickelten Welt denken nicht darüber nach, wie erstaunlich es ist, dass wir Wasser aus dem Wasserhahn trinken können und nicht fürchten müssen, zwei Tage später an Cholera zu sterben. Dank Klimaanlage leben viele Menschen komfortabel in Klimazonen, die noch vor 50 Jahren praktisch unbewohnbar waren. Unser Leben wird von einer ganzen Reihe von Dingen begleitet und unterstützt, in denen die Ideen und die Kreativität Tausender früherer Menschen stecken: Erfinder, Amateure und Reformer, die unermüdlich an dem Problem der Erzeugung künstlichen Lichts oder sauberen Trinkwassers arbeiteten und so dafür sorgten, dass wir diesen Luxus heute genießen, ohne weiter darüber nachzudenken, ja sogar ohne ihn überhaupt als Luxus zu empfinden. Ein Historiker-Roboter würde uns zweifellos daran erinnern, dass wir jenen Menschen genauso zu Dank verpflichtet sind wie den klassischen großen Gestalten der herkömmlichen Geschichte, vielleicht sogar noch mehr.

Doch es gibt noch einen weiteren Grund dafür, die Geschichte auf diese Art darzustellen. All diese Innovationen haben viel mehr Veränderungen auf den Weg gebracht, als wir alle denken. Innovationen entstehen meist aus dem Versuch heraus, ein bestimmtes Problem zu lösen, doch wenn

sie erst einmal unter die Leute kommen, lösen sie weitere Veränderungen aus, die sich kaum vorhersagen lassen. Diese Art des Wandels findet sich in der gesamten Evolutionsgeschichte. Beispiel Bestäubung: Irgendwann im Laufe der Kreidezeit begannen die Blütenpflanzen (Bedecktsamer), Blütenfarben und -düfte zu entwickeln, die Insekten das Vorhandensein von Pollen signalisierten. Die Insekten wiederum entwickelten zeitgleich komplexe Vorrichtungen, um an Pollen zu gelangen, wobei sie zwangsläufig andere Blüten mit dem Pollen bestäubten. Im Laufe der Zeit kam zum Pollen der noch energiereichere Nektar hinzu, der die Insekten zur Bestäubung verführte. Bei Bienen und anderen Insekten entwickelten sich die Sinnesorgane so, dass sie Blüten sehen konnten und sich von ihnen angezogen fühlten, während die Blüten sich so entwickelten, dass sie Bienen anlockten. Diese Art des „Überlebens des am besten Angepassenen“ ist nicht das Nullsummenspiel, wie es in vereinfachten Darstellungen von Darwins Evolutionstheorie oft formuliert wird, sondern mehr symbiotischer Natur. Die Insekten und Blütenpflanzen hatten Erfolg, weil sie physisch gut zueinander passten (der Fachausdruck dafür ist Koevolution). Die Bedeutung dieser Beziehung war Charles Darwin natürlich nicht entgangen; nach der Veröffentlichung von *Die Entstehung der Arten* widmete er der Bestäubung der Orchideen ein ganzes Buch.

Diese Koevolution bewirkt oft auch Veränderungen bei Organismen, die scheinbar keine Verbindung zu den ursprünglichen Arten haben. Die Symbiose zwischen Blütenpflanzen und Insekten, die zur Bildung von Nektar führte, schuf letztlich für viel größere Organismen – die Kolibris – die Möglichkeit, Nektar aus Pflanzen zu gewinnen. Ko-

libris entwickelten dabei eine ganz besondere Flugtechnik, dank der sie in einer Weise neben einer Blüte schweben können, wie sie ganz wenige Vögel auch nur annähernd beherrschen. Insekten können „in der Luft stehen“, weil ihre Anatomie ihnen eine Flexibilität verleiht, die Wirbeltiere nicht haben. Doch trotz der Einschränkungen durch ihre Knochenstruktur entwickelten die Kolibris eine neue Art der Flügelrotation, bei der sowohl beim Ab- als auch beim Aufschlag Auftrieb erzeugt wird (Schwirr- oder Rüttelflug). So können sie auf der Stelle fliegen, während sie an einer Blüte Nektar saugen. Die Evolution macht ständig solche merkwürdigen Sprünge: Pflanzliche Strategien zur sexuellen Fortpflanzung bestimmen also letztlich die Form der Kolibriflügel. Hätten Naturforscher die Insekten dabei beobachtet, wie sie im Wechselspiel mit den Blütenpflanzen das Bestäubungsverhalten entwickelten, wären sie logischerweise davon ausgegangen, dass dieses seltsame neue Ritual nichts mit Vögeln zu tun hat. Und doch brachte es letztlich eine der erstaunlichsten körperlichen Veränderungen in der Evolutionsgeschichte der Vögel hervor.

Die Entwicklung von Ideen und Innovationen ging ganz genauso vor sich. Johannes Gutenbergs Druckerpresse zog einen enormen Bedarf an Brillen nach sich, da die neue Art des Lesens den Menschen in ganz Europa plötzlich ihre Weitsichtigkeit bewusst machte. Die Nachfrage nach Brillen wiederum ermutigte immer mehr Menschen, Linsen herzustellen und mit ihnen zu experimentieren, was zur Erfindung des Mikroskops führte. Und das Mikroskop enthüllte nicht viel später, dass unser Körper aus mikroskopisch kleinen Zellen zusammengesetzt ist. Man käme normalerweise nicht auf den Gedanken, dass der Buchdruck etwas mit dem

Blick bis hinunter auf die Zellebene zu tun hat, so wie man auch nicht darauf käme, dass die Entwicklung des Pollens etwas mit der ungewöhnlichen Anatomie des Kolibriflügels zu tun hat. Doch genau so geschehen Veränderungen.

Dies mag bei flüchtiger Betrachtung wie eine Abwandlung des berühmten „Schmetterlingseffekts“ aus der Chaostheorie wirken, wonach der Flügelschlag eines Schmetterlings in Brasilien bewirken kann, dass mitten über dem Atlantik ein Hurrikan entsteht. Tatsächlich aber unterscheiden sich beide grundlegend. Die außergewöhnliche (und irgendwie beunruhigende) Eigenschaft des Schmetterlingseffekts besteht darin, dass er eine praktisch nicht nachvollziehbare Kausalkette umfasst – man kann die Verbindung zwischen den um den Schmetterling wirbelnden Luftmolekülen und dem sich über dem Atlantik zusammenbrauenden Sturm nicht darstellen. Sie können in Verbindung stehen, weil alles in gewissem Maße miteinander in Verbindung steht, doch es übersteigt unsere Fähigkeiten, diese Verbindungen zu analysieren oder sie gar vorherzusagen. Bei der Blütenpflanze und dem Kolibri geht dagegen etwas völlig Andersartiges vor sich. Beide sind zwar ganz unterschiedliche Organismen mit unterschiedlichen Bedürfnissen und Fähigkeiten (von den biologischen Systemen ganz zu schweigen), aber die Blütenpflanze beeinflusst den Körperbau des Kolibris eindeutig auf unmittelbare, nachvollziehbare Weise.

Dieses Buch befasst sich also unter anderem mit solchen merkwürdigen Einflussketten, dem „Kolibrieffekt“. Eine einzelne Innovation oder eine Reihe von Innovationen auf einem bestimmten Gebiet bewirkt Veränderungen, die scheinbar in ein ganz anderes Gebiet gehören. Kolibri-

effekte treten in sehr unterschiedlicher Form auf. Manche sind auf Anhieb erkennbar: Werden Energie oder Informationen in größerem Umfang miteinander geteilt, setzt das eine chaotische Welle der Veränderung in Gang, die rasch intellektuelle und soziale Grenzen übersteigt – man denke nur an die Entwicklung des Internets in den letzten 30 Jahren. Andere Kolibrieffekte sind weniger offensichtlich und hinterlassen nicht so eindeutige Täterspuren. Durchbrüche bei unseren Fähigkeiten, bestimmte Phänomene (wie Zeit, Temperatur oder Masse) zu messen, eröffnen oft neue Möglichkeiten, die auf den ersten Blick damit in gar keinem Zusammenhang stehen. (Die Pendeluhr half beispielsweise dabei, die Fabrikstädte der Industriellen Revolution entstehen zu lassen.) Manchmal – etwa im Falle von Gutenberg und der Linse – führt eine Innovation zu einer Beanspruchung oder Schwäche unserer natürlichen Ausstattung, die uns in eine neue Richtung führt und neue Werkzeuge ersinnen lässt, um ein „Problem“ zu lösen, das selbst eine Art Erfindung war. Manchmal setzen neue Werkzeuge und Hilfsmittel natürliche Grenzen und Hindernisse für die Ausbreitung des Menschen herab, so wie etwa die Erfindung der Klimaanlage die Besiedlung heißer Lebensräume auf unserem Planeten in einem Maße erlaubte, das unsere Vorfahren noch vor drei Generationen in Erstaunen versetzt hätte. Und manchmal beeinflussen uns die neuen Werkzeuge nur im übertragenen Sinne, wie in der Beschreibung des Historiker-Roboters von der mechanistischen Weltsicht in der Frühzeit der Physik, als man sich das Universum als „Räderwerk“ vorstellte.

Die Betrachtung von Kolibrieffekten im Laufe der Geschichte macht deutlich, dass soziale Veränderungen nicht

immer unmittelbar auf menschliche Taten und Entscheidungen zurückgehen. Manchmal kommt der Wandel durch politische Führer oder Erfinder oder Protestbewegungen, die durch ihre bewusste Planung gezielt eine Art neue Realität erschaffen. (So verfügen die USA vor allem deshalb über ein Netz aus Interstate Highways, weil ihre politischen Führer 1956 das Federal-Aid Highway Act verabschiedeten.) In anderen Fällen aber entwickelten die Ideen und Innovationen scheinbar ein Eigenleben und lösten gesellschaftliche Veränderungen aus, die ihre Schöpfer überhaupt nicht im Blick hatten. Die Erfinder der Klimaanlage hatten nicht das Ziel, die politische Landschaft Amerikas zu verändern, als sie sich daran machten, Wohnzimmer und Bürogebäude zu kühlen. Doch wie wir noch erfahren werden, ermöglichte die Technik, die sie der Welt zur Verfügung stellten, dramatische Veränderungen in der amerikanischen Besiedlungsstruktur und damit auch eine veränderte Besetzung von Kongress und Weißem Haus.

Ich habe der verständlichen Versuchung widerstanden, diese Veränderungen in irgendeiner Weise zu bewerten. Dieses Buch singt zweifellos ein Loblied auf unseren Erfindungsgeist, doch eine Innovation kann durchaus auch zwiespältige Auswirkungen auf die Gesellschaft haben. Die meisten von der Kultur „auserwählten“ Ideen bringen eindeutig Verbesserungen hinsichtlich lokaler Bedürfnisse mit sich; die Fälle, in denen wir eine unterlegene Technik oder wissenschaftliche Vorgehensweise einer produktiveren oder exakteren vorgezogen haben, sind höchstens Ausnahmen, die die Regel bestätigen. Und selbst wenn wir für eine Weile das unterlegene VHS- dem besseren Betamax-Videosystem vorziehen, tritt schon bald die DVD auf den Plan, die beide

aussticht. Betrachtet man die Geschichte also aus diesem Blickwinkel, verläuft die Entwicklung stets hin zu besseren Werkzeugen, besseren Energiequellen und besseren Methoden der Informationsübermittlung.

Das Problem besteht in den externen und unbeabsichtigten Auswirkungen. Als Google 1999 seine erste Suchmaschine einführte, bedeutete dies eine gewaltige Verbesserung gegenüber allen bisherigen Techniken zum Durchforsten der unendlichen Internetarchive – praktisch auf allen Ebenen ein Grund zum Feiern. Google machte das gesamte Internet nützlicher, und das auch noch gratis. Doch dann begann Google damit, Werbeanzeigen zu verkaufen, die an die Suchanfragen gekoppelt waren, und binnen weniger Jahre hatte die Effizienz der Suchanfragen (zusammen mit ein paar weiteren Online-Diensten, wie etwa Craigslist) die wichtigen Anzeigeneinnahmen regionaler Zeitungen in aller Welt einbrechen lassen. Das hatte praktisch niemand kommen sehen, auch nicht die Gründer von Google. Natürlich kann man argumentieren – ich würde es wahrscheinlich –, dass es die Sache wert war und dass die Herausforderung durch Google letztlich bessere Arten des Journalismus hervorbringen wird, die den einzigartigen Möglichkeiten des Internets entsprechen und nicht mehr nur der klassischen Presse. Doch zweifellos muss man sagen, dass die Zunahme der Werbung im Internet unterm Strich eine negative Entwicklung für die wichtige Informationsquelle Zeitungsjournalismus ist. Solche Konflikte begleiten praktisch jede technische Neuerung: Das Auto transportiert uns effizienter durch den Raum, als es Pferde konnten, aber war das all die Umweltbelastungen und fußgängerfeindlichen Städte wert?

Die Klimaanlage erlaubte uns, in der Wüste zu leben, aber um welchen Preis für die Trinkwasservorkommen?

Dieses Buch enthält sich konsequent jeglicher Wertungen. Wenn man herauszufinden versucht, ob die Veränderung auf lange Sicht tatsächlich eine Verbesserung darstellt, ist das etwas anderes, als wenn man der Frage nachgeht, wie es überhaupt zu der Veränderung kam. Beide Fragen sind wichtig, wenn man die Geschichte verstehen und unseren Weg in die Zukunft ergründen will. Wir müssen verstehen können, wie es in einer Gesellschaft zu Innovationen kommt; wir müssen so gut wie möglich jene Kolibrieffekte vorhersagen und verstehen können, die nach jeder Innovation andere Gebiete verändern werden. Und gleichzeitig brauchen wir ein Wertesystem, um zu entscheiden, welche Wege unterstützenswert sind und für welche Vorteile der Preis einfach zu hoch ist. Ich habe mich bemüht, in diesem Buch die ganze Bandbreite der Konsequenzen – die guten wie die schlechten – darzustellen, die die hier vorgestellten Innovationen nach sich zogen. Die Vakuumröhre trug dazu bei, nicht nur den Jazz einem großen Publikum nahezu bringen, sondern auch die Reichsparteitage. Wie man diese Neuerungen einschätzt (sind wir dank der Erfindung der Vakuumröhre tatsächlich besser dran?), hängt letztlich von der eigenen Einstellung zu politischen Fragen und sozialen Veränderungen ab.

Noch eine Bemerkung zum Fokus dieses Buches: In den meisten Fällen geht es um die Menschen Europas und Nordamerikas. Wie China oder Brasilien zu dem wurden, was sie sind, ist eine andere, ebenso interessante Geschichte. Die Geschichte Europas und Nordamerikas ist einerseits begrenzt, hat aber andererseits große Relevanz, denn viele

entscheidende Vorgänge – wie das Aufkommen wissenschaftlicher Methoden oder die Industrialisierung – fanden zuerst in Europa statt und sind heute in aller Welt angekommen. (Warum sie zuerst in Europa stattfanden, ist natürlich eine der interessantesten Fragen überhaupt, aber darauf will dieses Buch keine Antwort geben.) Jene magischen Dinge des Alltags, jene Glühbirnen und Linsen und Aufzeichnungsgeräte, sind heute praktisch überall auf der Welt Teil unseres Lebens. Eine Geschichte des letzten Jahrtausends, aus ihrer Perspektive erzählt, dürfte also durchaus interessant sein, ganz gleich, wo Sie, werte Leserinnen und Leser, leben. Innovationen haben immer auch eine geopolitische Prägung, in Städten und Handelszentren treten sie gehäuft auf. Auf lange Sicht aber lassen sie sich von Grenzen und Nationalitäten nicht aufhalten, schon gar nicht in unserer heutigen vernetzten Welt.

Ich habe versucht, diesen Fokus beizubehalten, weil die Geschichte, die ich hier erzähle, in anderer Hinsicht so umfassend wie möglich ist. So ist die Geschichte unserer Fähigkeit, die menschliche Stimme aufzuzeichnen und weiterzuleiten, nicht etwa mit der Aufzählung einiger weniger genialer Erfinder erzählt, den Edisons und Bells, deren Namen schon jeder in der Schule gelernt hat. Nein, dazu gehört auch die Geschichte von anatomischen Zeichnungen des Ohrs aus dem 18. Jahrhundert, dem Untergang der *Titanic*, der Bürgerrechtsbewegung und den merkwürdigen akustischen Eigenschaften einer zerbrochenen Vakuumröhre. Diesen Ansatz habe ich an anderer Stelle einmal Geschichte „durch das Zoomobjektiv“ genannt: Es ist der Versuch, den historischen Wandel zu erklären und zugleich vielerlei Ebenen des Erlebens zu beleuchten, von den

Schwingungen des Trommelfells durch Schallwellen bis hin zu politischen Massenbewegungen. Es mag naheliegender wirken, die Geschichte auf der Ebene von Individuen oder Nationen zu erzählen, doch im Grunde ist es nicht korrekt, es dabei zu belassen. Geschichte findet auf der Ebene von Atomen, des weltweiten Klimawandels und auf allen dazwischenliegenden Ebenen statt. Wollen wir uns ein korrektes Bild davon machen, brauchen wir einen interpretativen Ansatz, der all diesen Ebenen gerecht wird.

Der Physiker Richard Feynman beschrieb die Beziehung zwischen Ästhetik und Wissenschaft einmal in ganz ähnlicher Weise:<sup>2</sup>

Ein Freund von mir ist Künstler und äußert manchmal Ansichten, die ich nun wirklich überhaupt nicht teile. Er hält beispielsweise eine Blüte in der Hand und sagt: „Sieh mal, wie wunderschön sie ist“, und ich stimme ihm zu. Dann sagt er: „Ich als Künstler kann sehen, wie wunderschön sie ist, aber du als Naturwissenschaftler nimmst das alles auseinander, und dann verliert es seine Schönheit“, und ich denke, dass er ein bisschen spinnt. Zunächst einmal ist die Schönheit, die er sieht, anderen Menschen und ebenso auch mir zugänglich, davon bin ich überzeugt. Mag sein, dass ich ästhetisch nicht ganz so geschult bin wie er ... Ich kann durchaus die Schönheit einer Blüte würdigen. Gleichzeitig sehe ich in ihr weit mehr als mein Freund. Ich könnte mir die Zellen der Blüte vorstellen, die komplizierten Abläufe darin, die ihre eigene Schönheit haben. Ich meine, die Schönheit beschränkt sich nicht nur auf diese Dimension im Zentimeterbereich, sondern steckt auch in kleineren Dimensionen, in der inneren Struktur und den inneren Abläufen. Interessant ist beispielsweise die Tatsa-

che, dass sich Blütenfarben entwickelt haben, die gezielt bestäubende Insekten anlocken; das bedeutet, dass die Insekten die Farben sehen können. Das wirft eine neue Frage auf: Existiert dieser Sinn fürs Ästhetische auch bei niederen Lebensformen? Warum ist es ästhetisch? All das sind interessante Fragen, die zeigen, dass wissenschaftliche Kenntnisse die Verzückung, das Mysterium und die Ehrfurcht angesichts einer Blüte nur noch größer machen. Sie machen sie größer. Ich sehe nicht ein, warum sie sie schmälern sollten.

Geschichten von großen Erfindern oder Wissenschaftlern (wie etwa Galileo Galilei mit seinem Fernrohr), die auf eine alles umwälzende Idee zusteuern, sind unbestreitbar interessant. Doch es gibt eine andere, tiefere Geschichte, die sich ebenfalls erzählen lässt – davon, inwiefern die Fähigkeit, Linsen anzufertigen, auch von den einzigartigen quantenmechanischen Eigenschaften von Siliziumdioxid und dem Fall Konstantinopels abhing. Wenn man die Geschichte so, also quasi durch das Zoomobjektiv, erzählt, schmälert das nicht das traditionelle, auf das Genie von Galileo fokussierte Bild. Es macht es nur größer.

Marin County, Kalifornien  
Februar 2014

# Dank

Es gibt einen vorhersehbaren sozialen Rhythmus beim Schreiben von Büchern, zumindest ist das meine Erfahrung: Bücher beginnen mit einem Zustand, der der Einsamkeit sehr nahe kommt, der Schriftsteller ist allein mit seinen Ideen, und sie bleiben über Monate, manchmal Jahre in diesem intimen Raum, nur unterbrochen von einem gelegentlichen Interview oder einem Gespräch mit einem Herausgeber. Naht der Zeitpunkt der Veröffentlichung, erweitert sich der Kreis: Plötzlich liest ein Dutzend Leute den Text, und sie alle helfen, ein noch ungeformtes Rohmanuskript in ein geschliffen formuliertes Endprodukt zu verwandeln. Dann kommt das Buch in den Handel, und die ganze Sache wird fast erschreckend öffentlich: Tausende von Angestellten im Buchhandel, Rezensenten, Radiointerviewer und Lesern treten mit Sätzen in einen Dialog, die ihr Leben in so intimum Umfeld begannen. Und dann geht das Ganze wieder von vorne los.

Bei diesem Buch war jedoch alles ganz anders. Dank der gleichzeitigen Entwicklung unserer PBS/BBC-Fernsehserie war es von Anfang an ein sozialer, gemeinschaftlicher Prozess. Die Geschichten und Beobachtungen – ganz zu schweigen von der übergreifenden Struktur des Buches – entwickelten sich in Hunderten von Gesprächen: in Kali-

fornien und London, in New York und Washington, via E-Mail und Skype, mit Dutzenden von Leuten. Für die Serie und das Buch habe ich härter gearbeitet als jemals zuvor in meinem Leben – und das nicht nur, als ich gezwungen wurde, in die Kanalisation von San Francisco hinabzusteigen. Aber es war auch die erfüllendste Arbeit, die ich jemals geleistet habe, größtenteils deshalb, weil meine Mitarbeiter so einfallsreiche und unterhaltsame Menschen waren. Dieses Buch hat von ihrem Verstand und ihrer Unterstützung in tausenderlei Hinsicht profitiert.

Meine Dankbarkeit beginnt bei der unerschütterlichen Jane Root, die mich überredete, es beim Fernsehen zu versuchen, und die ganze Zeit hindurch eine unermüdliche Verfechterin dieses Projektes blieb. (Dank an Michael Jackson, der uns vor so vielen Jahren miteinander bekannt gemacht hat.) Als Producer brachten Peter Lovering, Phil Craig und Diene Petterl die Ideen und Geschichten in diesem Buch mit großem Geschick und großer Kreativität in Form; gleiches gilt für die Regisseure Julian Jones, Paul Olding und Nic Stacey. Ein so komplexes Projekt mit so vielen potenziellen Erzählsträngen wäre kaum zu bewältigen gewesen ohne die Hilfe unserer Rechercheure und Storyproducer Jemila Twinch, Simon Willgoss, Rowan Greenaway, Robert MacAndrew, Gemma Hagen, Jack Chapman, Jez Bradshaw und Miriam Reeves. Danken möchte ich auch Helena Tait, Kirsty Urquhart-Davies, Jenny Wolf und dem übrigen Team bei Nutopia. (Ganz zu schweigen von den brillanten Illustratoren bei Peepshow Collective.) Ich danke Beth Hoppe und Bill Gardner vom PBS, Jennifer Lawson von der CPB, Dave Davis vom OPB sowie Martin David-

son von der BBC für das Vertrauen, das sie in mich gesetzt haben.

Ein Buch, das so viele Gebiete abdeckt, kann nur Erfolg haben, wenn man sich auf die Expertise anderer stützt. Ich bin den vielen fähigen Menschen dankbar, die wir für dieses Projekt interviewt haben, und einige von ihnen waren sogar so nett, Teile des Manuskripts im Entwurf zu lesen: Terri Adams, Katherine Ashenburg, Rosa Barovier, Stewart Brand, Jason Brown, Dr. Ray Briggs, Stan Bunger, Kevin Connor, Gene Chruszcs, John DeGenova, Jason Deichler, Jacques Desbois, Dr. Mike Dunne, Caterina Fake, Kevin Fitzpatrick, Gai Gherardi, David Giovannoni, Peggi Godwin, Thomas Goetz, Alvin Hall, Grant Hill, Sharon Hudgens, Kevin Kelly, Craig Koslofsky, Alan MacFarlane, David Marshall, Demetrios Matsakis, Alexis McCrossen, Holley Muraco, Lyndon Murray, Bernard Nagengast, Max Nova, Mark Osterman, Blair Perkins, Lawrence Pettinelli, Dr. Rachel Rampy, Iegor Reznikoff, Eamon Ryan, Jennifer Ryan, Michael D. Ryan, Steven Ruzin, Davide Salvatore, Tom Scheffer, Eric B. Schultz, Emily Thompson, Jerri Thrasher, Bill Wasik, Jeff Young, Ed Yong und Carl Zimmer.

Mein Lektor und Verleger Geoffrey Kloske bei Riverhead wusste wie immer, was das Buch redaktionell brauchte, und seine künstlerische Vorstellung davon, wie das Buch aussehen sollte, gab dem Projekt von Anfang an Gestalt. Dank auch an Casey Blue James, Hal Fessenden und Kate Stark bei Riverhead, wie auch an meine britischen Verleger Stefan McGrath und Josephine Greywoode. Und wie immer Dank an meine Agentin Lydia Wills dafür, dass sie fast ein halbes Jahrzehnt lang unbeirrt an dieses Projekt geglaubt hat.

Und schließlich gelten meine Liebe und Dankbarkeit meiner Frau Alexa und meinen Söhnen Clay, Rowan und Dean. Schreiben als Lebensunterhalt hat generell bedeutet, dass ich mehr Zeit mit ihnen verbracht und die Dinge aufgeschoben habe, indem ich im Haus herumgewerkelt, mit Alexa geplaudert und die Kinder von der Schule abgeholt habe. Doch dieses Projekt hat mich mehr von Zuhause weggeführt als mich dort gehalten. Daher danke ich allen vieren dafür, dass sie meine häufige Abwesenheit toleriert haben. Es heißt, die Liebe wachse mit der Entfernung. Ich weiß jedenfalls, dass es bei mir so war.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Glas</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Kälte</b> .....	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>Schall</b> .....	<b>85</b>
<b>4</b>	<b>Hygiene</b> .....	<b>129</b>
<b>5</b>	<b>Zeit</b> .....	<b>169</b>
<b>6</b>	<b>Licht</b> .....	<b>205</b>
<b>7</b>	<b>Fazit: Die Zeitreisenden</b> .....	<b>255</b>
	<b>Anmerkungen</b> .....	<b>273</b>
	<b>Literatur</b> .....	<b>281</b>
	<b>Sachverzeichnis</b> .....	<b>293</b>

# 1

## Glas

Vor etwa 26 Millionen Jahren geschah etwas über dem Sand der Libyschen Wüste, jener öden, unfassbar trockenen Landschaft am östlichen Rand der Sahara. Wir wissen nicht genau, was es war, aber wir wissen, dass es heiß war. Siliziumkörner verschmolzen unter gewaltiger Hitze von deutlich mehr als 1000 Grad Celsius miteinander. Das Siliziumdioxid, das sie bildeten, weist eine Reihe merkwürdiger chemischer Eigenschaften auf. Genau wie Wasser ( $H_2O$ ) bildet es in der festen Phase Kristalle und schmilzt bei Erhitzen zu einer Flüssigkeit. Doch Siliziumdioxid ( $SiO_2$ ) hat einen viel höheren Schmelzpunkt als Wasser, es schmilzt nicht bei Null, sondern erst ab etwa 1500 Grad Celsius. Das Ungewöhnlichste jedoch ist das Verhalten des geschmolzenen Siliziumdioxids, wenn es wieder abkühlt. Flüssiges Wasser nimmt bereitwillig wieder die kristalline Eisstruktur an, wenn die Temperaturen entsprechend absinken. Siliziumdioxid jedoch kann aus irgendwelchen Gründen nicht wieder in die geordnete Kristallstruktur zurückkehren. Es bildet eine andere Substanz irgendwo zwischen fest und flüssig, die uns Menschen seit Anbeginn der Zivilisation in ihren Bann zieht. Als jene überhitzten Sandkörner in der Libyschen Wüste wieder unter ihren Schmelzpunkt abkühl-

ten, überzogen sie eine große Fläche mit einer Schicht aus der Substanz, die wir heute Glas nennen.

Vor ungefähr 10.000 Jahren (plusminus einige Tausend Jahre) stieß jemand beim Durchqueren der Wüste auf ein großes Stück jenes Glases. Wir wissen nichts weiter über dieses Fragment, nur dass es auf jeden, der es zu Gesicht bekam, großen Eindruck gemacht haben muss, denn es nahm seinen Weg über die Märkte und sozialen Netzwerke der frühen Zivilisation, bis es schließlich – in die Form eines Skarabäus gebracht – als Mittelstück in einer Brosche landete. So blieb es 4000 Jahre lang ungestört, bis Archäologen es 1922 bei der Untersuchung eines ägyptischen Pharaonengrabes wieder ans Licht holten. Gegen jede Wahrscheinlichkeit hatte das kleine Stück Siliziumdioxid seinen Weg aus der Libyschen Wüste in die Grabkammer des Tutanchamun gefunden (Abb. 1.1).

In der Glanzzeit des römischen Reiches entwickelte sich Glas erstmals vom Schmuckobjekt zu einem ausgereiften Werkstoff. Damals fanden Glasmacher Methoden, um das Material fester und klarer zu machen als natürliches Glas (wie jenes, aus dem der Tutanchamun-Skarabäus bestand). In dieser Zeit wurden die ersten Glasfenster gefertigt, Vorboten der schimmernden Glastürme, die heute die Skylines von Großstädten in aller Welt prägen. Das Trinken von Wein wurde erst zu einem visuell-ästhetischen Genuss, als die Menschen ihn aus halbtransparenten Glasgefäßen zu sich nahmen und in Glasflaschen aufbewahrten. In gewisser Hinsicht ist die Frühgeschichte des Glases jedoch relativ vorhersagbar: Handwerker fanden heraus, wie man Silizium schmilzt und daraus Trinkgefäße oder Fensterscheiben fertigt, also genau das, was wir bis heute unmittelbar mit der



**Abb. 1.1** Pektoriale aus Gold-Cloisonné mit Halbedelsteinen und Glaseinlagen, mit geflügeltem Skarabäus, dem Symbol der Auferstehung, in der Mitte. Grabbeigabe des Tutanchamun. (© Robert Harding/Robert Harding World Imagery/Corbis)



**Abb. 1.2** Römische SalbengefäÙe aus Glas (1./2. Jahrhundert n. Chr.). (© Getty Images)

Nutzung von Glas assoziieren. Erst im nächsten Jahrtausend und nach dem Niedergang eines weiteren Großreiches wurde Glas zu dem, was es heute ist: eines der vielseitigsten und formbarsten Materialien der menschlichen Kultur (Abb. 1.2)

Die Plünderung Konstantinopels im Jahre 1204 war eines jener historischen Ereignisse, die auf der ganzen Welt nachwirken. Dynastien gehen zugrunde, Armeen fallen ein und ziehen sich wieder zurück, die Weltkarte wird neu ge-

zeichnet. Der Fall Konstantinopels war jedoch auch Auslöser für ein scheinbar kleineres Ereignis, das in all den gewaltigen religiösen und geopolitischen Umwälzungen praktisch unterging und bei den meisten zeitgenössischen Historikern unerwähnt bleibt. Eine kleine Gemeinschaft türkischer Glasmacher segelte westwärts über das Mittelmeer und ließ sich in Venedig nieder.<sup>1</sup> Fortan übten die Männer ihr Handwerk in der aufstrebenden neuen Stadt aus, die sich auf dem Marschland an der Adriaküste immer weiter ausdehnte.

Es war nur eine von Tausenden von Migrationen, die der Fall Konstantinopels nach sich zog, doch rückblickend wird etliche Jahrhunderte später deutlich, dass es eine der bedeutendsten war. Als sie sich in Venedig mit seinen Kanälen und gewundenen Gassen – damals sicher das wichtigste Handelszentrum der Welt – niederließen, entstand dank diesen geschickten Glasbläsern schon bald ein neues Luxusgut, das die venezianischen Kaufleute in aller Welt verkaufen konnten. Nun, die Glasbläserei war ein lukratives Geschäft, doch sie hatte auch ihre Nachteile. Damit Siliziumdioxid formbar wird, braucht es Öfen, die Temperaturen von rund 600 Grad Celsius erreichen, und die Gebäude von Venedig waren damals fast alle aus Holz (die klassischen venezianischen Paläste aus Stein wurden erst einige Jahrhunderte später errichtet). Die Glasmacher hatten eine neue Quelle des Wohlstands nach Venedig gebracht, aber leider auch die wenig attraktive Angewohnheit, hin und wieder die Nachbarschaft abzufackeln.

In dem Bemühen, sich sowohl die Fertigkeiten der Glasmacher zu sichern als auch die öffentliche Sicherheit zu wahren, schickte der Rat der Stadt die Glasmacher im Jahr 1291

ein weiteres Mal ins Exil, doch diesmal war ihr Weg nur kurz – etwa einen Kilometer über die Lagune bis zur Inselgruppe Murano.<sup>2</sup> Unbeabsichtigt hatte die Regierung von Venedig eine Keimzelle der Innovation geschaffen. Indem sie die Glasmacher auf einer einzigen Insel von der Größe eines Stadtviertels konzentrierten, stießen sie eine Welle der Kreativität an und schufen eine Umgebung mit „Spillover-Effekt“, wie es in der Wirtschaftswissenschaft heißt: Die Enge auf Murano bedeutete, dass neue Ideen rasch in die gesamte Bevölkerung „hinüberschwappten“. Die Glasmacher waren einerseits Konkurrenten, doch andererseits bestanden zwischen ihnen viele familiäre Verbindungen. Es gab unter ihnen einzelne Meister, die größere Kunstfertigkeit oder Kenntnisse besaßen als die anderen, doch im Großen und Ganzen war das Genie von Murano kollektiver Natur, hervorgegangen aus Gemeinschaft ebenso wie aus Konkurrenz (Abb. 1.3).

Schon zu Beginn des darauffolgenden Jahrhunderts hatte sich Murano einen Namen als Insel der Glaskunst erworben, und seine reich verzierten Vasen und anderen exquisiten Glaswaren wurden in ganz Westeuropa zu Statussymbolen. (Die Glasmacher betreiben ihr Handwerk noch heute; viele von ihnen sind direkte Nachkommen der ursprünglich aus der heutigen Türkei emigrierten Familien.) Das Vorgehen taugt zwar nicht recht als Modell für die heutige Zeit – eine Stadtregierung, die Kreative in ihre Stadt holen will, sollte von erzwungenem Exil und Grenzen, deren Überschreiten bei Todesstrafe verboten ist, besser absehen. Aber irgendwie funktionierte es. Nach Jahren des Experimentierens mit verschiedenen chemischen Mixturen nahm der Glasmacher Angelo Barovier aus Murano kalium-



**Abb. 1.3** Ausschnitt aus einer Karte von Venedig aus dem 15. Jahrhundert, rechts oben im Bild die Inseln von Murano. (© Philip de Bay/Corbis)

oxid- und manganreiche Algen, verbrannte sie und fügte die Asche geschmolzenem Glas hinzu.<sup>3</sup> Nach dem Abkühlen erwies sich diese Mischung als außerordentlich klares Glas. Aufgrund seiner Ähnlichkeit zu klarstem Bergkristall nannte Barovier es *cristallo*. Das war die Geburtsstunde des modernen Glases.

Glasmacher wie Barovier waren unübertroffen darin, Glas durchsichtig zu machen, doch *warum* es eigentlich durchsichtig ist, konnte die Wissenschaft erst im 20. Jahrhundert wirklich erklären. Die meisten Materialien absorbieren Lichtenergie. Auf subatomarer Ebene „schlucken“ die Elektronen, die den Atomkern der jeweiligen Elemente umkreisen, die Energie des eintreffenden Photons