

VACLAV SMIL

»Es gibt keinen Autor, auf dessen Bücher ich mich mehr freue,
als Vaclav Smil.«

Bill Gates

INNOVATIONEN

UND

ERFINDUNGEN

**Eine kurze Geschichte des Hypes
und des Scheiterns**

VACLAV SMIL

INNOVATIONEN

UND

ERFINDUNGEN

**Eine kurze Geschichte des Hypes
und des Scheiterns**

Aus dem Englischen von Dr. Ulrich Korn

FBV

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Für Fragen und Anregungen:
info@finanzbuchverlag.de

Wichtiger Hinweis

Ausschließlich zum Zweck der besseren Lesbarkeit wurde auf eine genderspezifische Schreibweise sowie eine Mehrfachbezeichnung verzichtet. Alle personenbezogenen Bezeichnungen sind somit geschlechtsneutral zu verstehen.

1. Auflage 2023

© 2023 by FinanzBuch Verlag, ein Imprint der Münchner Verlagsgruppe GmbH

Türkenstraße 89

80799 München

Tel.: 089 651285-0

Fax: 089 652096

Die amerikanische Originalausgabe erschien 2023 bei The MIT Press unter dem Titel *Invention and Innovation: a brief history of hype and failure*. © 2023 by Massachusetts Institute of Technology. All rights reserved.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Wir behalten uns die Nutzung unserer Inhalte für Text und Data Mining im Sinne von § 44b UrhG ausdrücklich vor.

Projektleitung: Fabian Neidl

Übersetzung: Dr. Ulrich Korn

Redaktion: Rainer Weber

Korrektur: Anke Schenker

Umschlaggestaltung: Karina Braun

Satz: Daniel Förster

Druck: GGP Media GmbH, Pößneck

Printed in Germany

ISBN Print 978-3-95972-708-2

ISBN E-Book (PDF) 978-3-98609-363-1

ISBN E-Book (EPUB, Mobi) 978-3-98609-364-8



Weitere Informationen zum Verlag finden Sie unter

www.finanzbuchverlag.de

Beachten Sie auch unsere weiteren Verlage unter www.m-vg.de.

INHALT

KAPITEL 1

ERFINDUNGEN UND INNOVATIONEN	7
Eine lange Geschichte und die Verblendung der Moderne	7

KAPITEL 2

ERFINDUNGEN, DIE ERST WILLKOMMEN UND SPÄTER UNERWÜNSCHT WAREN	27
Verbleites Benzin	32
DDT	47
Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW)	63

KAPITEL 3

ERFINDUNGEN, DIE UNSER LEBEN BESTIMMEN SOLLTEN - UND ES NICHT TUN	79
Luftschiffe	83
Kernspaltung	98
Überschallflug	115

KAPITEL 4

ERFINDUNGEN, AUF DIE WIR NOCH WARTEN	131
Reisen im (Beinahe-)Vakuum (Hyperloop)	134
Stickstoffbindendes Getreide	150
Kontrollierte Kernfusion	164

KAPITEL 5

TECHNIK-OPTIMISMUS, ÜBERTREIBUNGEN UND REALISTISCHE ERWARTUNGEN	181
Durchbrüche, die keine sind	183
Der Mythos der immer schnelleren Innovationen	192
Was wir am meisten benötigen	205
Weiterführende Literatur	221
Stichwortverzeichnis	247

KAPITEL 1

ERFINDUNGEN UND INNOVATIONEN

EINE LANGE GESCHICHTE UND DIE VERBLENDUNG DER MODERNE

Die Evolution unserer Spezies ist eine Geschichte von Veränderungen, die sowohl unsere physiologische Beschaffenheit als auch unser Verhalten betreffen und die eng mit den Resultaten menschlicher Erfindungen verknüpft sind. Das Wort Erfindung ist ein Sammelbegriff und enthält Elemente aus vier Hauptkategorien. Die erste Kategorie umfasst eine enorme Vielfalt von einfachen, handgefertigten Gegenständen, angefangen mit Steinwerkzeugen, die unsere Vorfahren angefertigt haben, sobald sie auf zwei Füßen standen und somit ihre freien Hände nutzen konnten, um komplizierte Aufgaben zu erledigen. Der Fortschritt bei der Werkzeugherstellung war, soweit wir ihn anhand von Ausgrabungen oder Entdeckungen in Höhlen beurteilen können, sehr langsam. Die ältesten rohen Steinwerkzeuge entstanden vor mehr als 3 Millionen Jahren. Größere, gut gefertigte Handbeile mit beidseitig bearbeitetem Stein und Cleavers (schwere, rechteckige Hauwerkzeuge mit Stil und scharfer Schneide an einem Ende, heute als »Hackmesser« ein Küchen-Utensil) folgten erst vor etwa 1,5 Millionen Jahren, hölzerne Speere mit Steinspitzen scheinen etwa eine halbe Million Jahre alt zu sein, und erst vor etwa 25 000 Jahren beherrschten die Jäger des

Jungpaläolithikums die handwerkliche Herstellung einiger zusammengesetzter Werkzeuge, darunter Dechseln, Äxte, Harpunen, Nadeln und Sägen sowie die dazugehörige Töpferei.

Die weitverbreitete Einführung des Ackerbaus war die Voraussetzung für die Erfindung zahlreicher landwirtschaftlicher Geräte. Die Domestizierung der Pferde zum Reiten begann mit Trensen und Zaumzeug (Steigbügel und Sättel kamen erst viel später). Für Zugtiere mussten viele besondere Hilfsmittel ersonnen werden, um sie vor Pflüge, Karren oder Wagen zu spannen: Kummets, Zügel, Zugstränge sowie Bauchgurte für Pferde und Joche für Ochsen. Alle sesshaften Gesellschaften beschäftigten sich mit der Herstellung von Holzmöbeln, dem Entwerfen und Brennen von Töpferwaren und dem Schmelzen von Erzen zur Herstellung von Werkzeugen und Waffen, und einige von ihnen waren darin besonders gut. Heutige Gesellschaften sind immer noch auf viele solche einfachen Produkte angewiesen, darunter Hämmer und Sägen, Holzstühle und -bänke sowie Tassen und Teller. Allerdings basiert nur noch ein winziger Teil ihrer Produktion auf handwerklicher Fertigung, da Maschinen die Arbeit übernommen haben.

Maschinen gehören zur zweiten Kategorie von Erfindungen, nämlich zu den neuen und mehr oder weniger komplexen Geräten oder Mechanismen, die sowohl für den stationären Gebrauch als auch für den Transport eingesetzt werden. Große Wasserräder, Windmühlen, hohe Hochöfen aus Stein mit wasserradbetriebenen Blasebälgen aus Leder und hochseetüchtige Segelschiffe gehörten zu den markantesten vormodernen Erfindungen dieser Kategorie. Im späten 19. Jahrhundert listeten die jährlichen Kataloge des US-amerikanischen Einzelhandelsunternehmens Sears, Roebuck and Company Tausende solcher Erfindungen auf, von Taschenuhren bis hin zu kleinen Nähmaschinen und großen Dreschmaschinen für Weizen, und die Produktpalette der jüngsten Zeit bietet immer wieder Beispiele für den Überfluss an Gütern: Wir haben heute mehr als 1000 Modelle von Mobiltelefonen auf dem Weltmarkt und in den USA etwa 700 verschiedene Modelle von Pkws (ich kann nicht mehr von Autos sprechen, da es sich bei den neuen Fahrzeugen meist um SUVs, Pick-ups und Vans handelt).

Neue Ideen müssen realisiert werden – sei es als einfache praktische Werkzeuge, als komplexe Maschine oder als noch kompliziertere Maschinenaggregate, die zum Inventar moderner Industrieunternehmen gehören und

die heute oft hoch automatisiert sind: Autofabriken sind vielleicht das bekannteste Beispiel für technische Baugruppen, in denen Roboter alles übernehmen: vom Befördern und Positionieren der Teile bis hin zum Schweißen und Lackieren. Aus leicht verfügbaren Steinen und Holz lässt sich nur eine begrenzte Zahl von Werkzeugen, Maschinen und Bauten herstellen. Deshalb ist die dritte Kategorie der Erfindungen, zu der neue Materialien gehören, ein augenscheinliches Kennzeichen für den Fortschritt der Zivilisation: vom Zeitalter der Stein- und Holzverwendung bis zur Ära der Metalle, Gemische und (chemischen) Verbindungen. Die Erfindungen in der dritten Sparte waren zunächst aus Bronze, dann ging man zu Eisen und Stahl (einer weitgehend entkarbonisierten Eisenlegierung) über. Heute sind es Aluminium und ein Dutzend anderer gebräuchlicher Metalle sowie Glas, Zement (ein Gemenge verschiedener Materialien wie Kalkstein, Ton und Mergel) und, seit dem späten 19. Jahrhundert, eine immer noch wachsende Vielfalt von Kunststoffen. Jüngst kamen noch Verbundwerkstoffe auf Kohlenstoffbasis hinzu, die leicht und dennoch solider als Stahl sind.

Die vierte Kategorie von Erfindungen umfasst neue Produktions-, Betriebs- und Managementmethoden, die von geringfügigen, aber wirtschaftlich lohnenden Verbesserungen bis hin zu grundlegend neuen und hochgradig automatisierten Methoden der Massenproduktion, Informationsbeschaffung und Datenverarbeitung reichen. Eine der bemerkenswertesten und folgenreichsten Erfindungen dieser Art war die vollautomatische Blasmaschine von Michael Joseph Owens zur Flaschenherstellung aus dem Jahr 1904. Jahrhundertlang mussten Flaschen einzeln geblasen werden, im späten 19. Jahrhundert kamen dann die ersten halb automatischen Maschinen auf den Markt. In beiden Fällen waren es Kinder, die geschmolzenes Glas tragen, bearbeiten und es aus den Formen lösen mussten. Bis 1899 arbeiteten mehr als 7000 amerikanische Jungen unter diesen heißen und gefährlichen Bedingungen, wie auf zeitgenössischen Fotos zu sehen ist. Nur die Kinderarbeit in den Kohleminen war ähnlich entsetzlich. Im Gegensatz dazu holten Owens' Maschinen das Glas direkt aus dem Ofen, und der gesamte Prozess erforderte keinerlei menschliche Arbeit. Schon Owens' frühestes Modell konnte 2500 Flaschen pro Stunde herstellen, verglichen mit 200 Flaschen pro Stunde mit halb automatischen Geräten (Abb. 1.1).

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde fast jede etablierte Art der industriellen Massenproduktion durch die Einführung elektronischer Steuerungen (die heute in jedem neuen Reiskocher oder jeder Kaffeemaschine zu finden sind) umgestaltet – effizienter, billiger, schneller. Die Elektronik hatte einen noch größeren Einfluss auf die Erfassung, Verarbeitung und Verbreitung von Daten. Während des Zweiten Weltkriegs wurden die Begriffe »Taschenrechner« und »Computer« im Zusammenhang mit (meist jüngeren) Frauen verwendet, die mit der mühsamen Dateneingabe und -verarbeitung beschäftigt waren. Heute verfügt jeder kleine Laptop über eine Datenverarbeitungsleistung, die den fortschrittlichsten Computern der späten 1960er-Jahre vor der Einführung der Mikroprozessoren weit überlegen ist. Die Auswahl an elektronischen Geräten reicht von kleinen Überwachungsgeräten, von denen einige so winzig sind, dass sie auf dem Rücken fliegender Insekten angebracht werden können, bis hin zu riesigen Datenservern, die aufgrund ihres permanent hohen Strombedarfs in der Nähe kostengünstiger Energieversorgungsanlagen gebaut werden.

Im allgemeinen Sprachgebrauch meinen die Begriffe »Erfindung« und »Innovation« weitgehend dasselbe. Doch Innovation ist vielleicht am besten zu verstehen als der Prozess der Einführung, Übernahme und Beherrschung neuer Materialien, Produkte, Verfahren und Ideen. Demzufolge kann es viele Erfindungen ohne entsprechende Innovationen geben. Die ehemalige UdSSR ist vielleicht das beste Beispiel für diese Unstimmigkeit in der jüngsten Vergangenheit. Sowjetische Wissenschaftler haben viele bemerkenswerte Erfindungen hervorgebracht, von denen acht mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurden (darunter Landau und Kapiza für die Tieftemperaturphysik und Bassow und Prochorow für Laser- und Masertechnologie). Und die vorrangige, finanzkräftig unterstützte Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet militärischer Technologie führte dazu, dass die Waffen des Landes mit den Fortschritten der USA mithalten konnten.

Die Sowjetunion verfügte über 45 000 Atomsprengköpfe. Die MiG-29 und die Su-25 gehörten zu den besten Kampfflugzeugen, die je im Einsatz waren, und als amerikanische Ingenieure das erste Tarnkappenflugzeug der Welt entwarfen, machten sie sich die Gleichungen von Pjotr Ufimzew zunutze, um die Reflexionen elektromagnetischer Wellen an der Oberfläche des Flugzeugs vorherzusagen. Die UdSSR war auch auf dem wichtigsten

No. 766,768.

PATENTED AUG. 2, 1904.

M. J. OWENS,
GLASS SHAPING MACHINE.
APPLICATION FILED APR. 13, 1903.

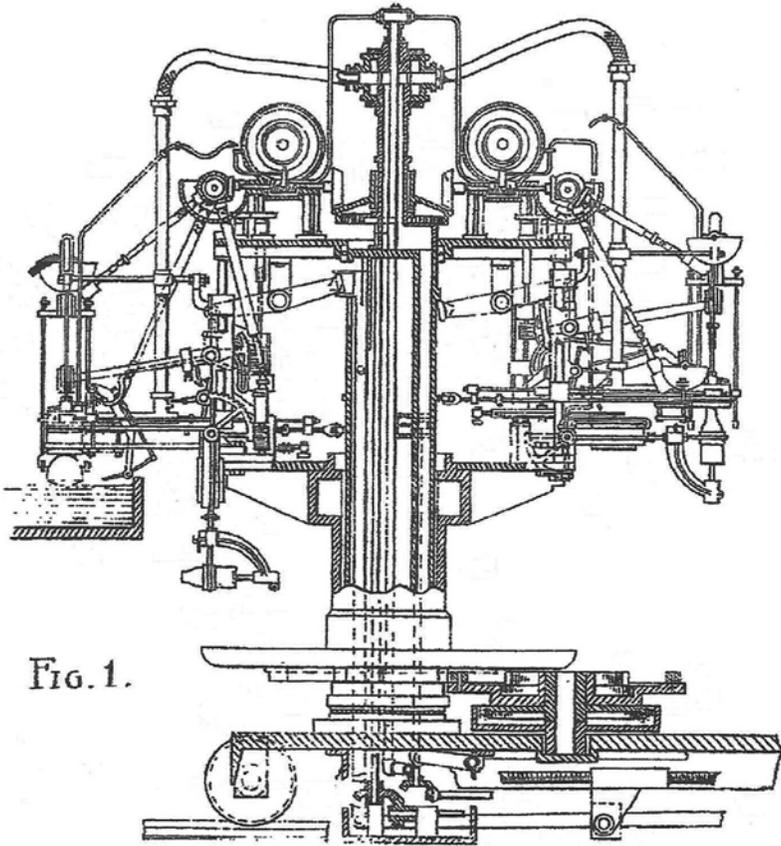


FIG. 1.

Witnesses.
G. A. Green.
W. Smith.

Inventor.
MICHAEL J. OWENS.
By James Whittemore
Atty.

Abbildung 1.1 Die Maschine zur Glasformung von Michael Joseph Owens. US-Patent angemeldet von der Toledo Glass Company. Quelle: M. Owens, Maschine zur Glasformung (US-Patent 766, 768, angemeldet am 13. April 1903 und erteilt am 2. August 1904), <https://patents.google.com/patent/US766768>.

Energiesektor der Welt führend: Sowjetische Wissenschaftler und Ingenieure entdeckten die riesigen Kohlenwasserstofffelder Sibiriens, entwickelten die größte Öl- und Gasindustrie weltweit und bauten (zum Zeitpunkt ihrer Fertigstellung) die längsten Pipelines der Welt, die einen Großteil des europäischen Rohöl- und Erdgasbedarfs deckten.

Doch 1991, als das Land – bemerkenswerterweise ohne Gewalteinwirkung – zerfiel, litt die Sowjetunion unter zahlreichen Innovationslücken, angefangen bei den Schlüsselindustrien bis hin zu denjenigen, die zur Befriedigung der grundlegenden Verbrauchernachfragen benötigt wurden. Stahl ist das vorherrschende Metall der modernen Zivilisation. Anfang der 1990er-Jahre wurden in der EU, in Nordamerika und in Japan keine Siemens-Martin-Öfen mehr zu seiner Herstellung verwendet – einfache Sauerstofföfen hatten in den Fünfzigern begonnen, sie zu ersetzen –, aber dieses Verfahren aus dem 19. Jahrhundert (das in den 1860er-Jahren zur Stahlherstellung eingeführt wurde) wurde in den letzten Jahren der Sowjetunion immer noch verwendet, um fast die Hälfte der Metallproduktion des Landes zu decken. Und der Innovationsrückstand der UdSSR bei der Massenproduktion alltäglicher Konsumgüter, von Blue Jeans bis hin zu PCs, war einer der anhaltenden Gründe für die Unzufriedenheit der Bevölkerung und zweifellos ein Faktor, der zum Niedergang des Sowjetregimes beitrug.

Im Gegensatz zum sowjetischen Innovationsversagen ist die wirtschaftliche Entwicklung Chinas nach 1990 das beste jüngste und bislang historisch unerreichte Beispiel für eine Masseninnovation, die auf der schnellen Aneignung zahlreicher ausländischer Erfindungen beruht. Die chinesische Wirtschaft ist nicht etwa um das 14-Fache gewachsen und das durchschnittliche Pro-Kopf-Einkommen des Landes nicht um mehr als das 11-Fache gestiegen (beides inflationsbereinigt), weil inländische bahnbrechende Erfindungen in nie da gewesener großer Menge auftraten. Der Grund war vielmehr, dass Geräte oder Produktionsverfahren, die Jahrzehnte (oder Jahre, wenn es sich um die neuesten Fortschritte handelt) zuvor im Ausland entwickelt worden waren, auf ein neues, aufgeschlossenes Umfeld trafen und in großem Rahmen eingesetzt wurden. Resolute Anstrengungen des Landes und Billionen von Dollar an ausländischen Direktinvestitionen gingen einher mit einer breit gefächerten Übernahme der neuesten Maschinen, Designs und Verfahren. Dies geschah zum einen durch den Er-

werb von Patenten und zum anderen durch die Weitergabe von Know-how seitens amerikanischer, europäischer und japanischer Unternehmen, die in den chinesischen Markt eintreten wollten. Diese legalen Übernahmen wurden begleitet von weitreichender und unerbittlicher Industriespionage.

Die Kommunistische Partei Chinas hat ihre Lektion aus dem Zerfall der Sowjetunion gelernt: keine Lockerung der Kontrolle wie bei Gorbatschows Versuch, ein nicht reformierbares politisches Regime zu reformieren. Es war vielmehr eine in ihrem Ausmaß beispiellose, von Innovationen geleitete wirtschaftliche Expansion, die zu einem raschen Anstieg der Lebensqualität führte und die Macht der Partei sogar noch festigte. Das allererste kommerzielle Handelsgeschäft nach Richard Nixons Besuch im Februar 1972, um sich »China zu öffnen«, war Chinas Erwerb der modernsten Anlagen der Welt zur Ammoniaksynthese, die von der amerikanischen M. W. Kellogg Company entwickelt worden waren. Diese Anschaffung war entscheidend, um eine weitere große Hungersnot in einem Land mit einer schnell wachsenden Bevölkerung und ohne moderne Düngemittelindustrie zu verhindern.

In der Folge gaben Tausende ausländischer Unternehmen (angeführt von den größten multinationalen Konzernen wie Toyota, Hitachi, Nippon Steel, GM, Ford, Boeing, Intel, Siemens und Daimler) ihr Know-how an China weiter. Und zwar indem sie in der Regel zu Joint Ventures gezwungen wurden, die das gesamte Fachwissen für chinesisches »Reverse Engineering« (das bedeutet den Nachbau eines bereits bestehenden Produkts) bereitstellten. Es ist nur allzu offensichtlich, dass China davon profitiert hat, als Spätzügler auf einer riesigen Innovationswelle zu reiten, die durch die Übernahme perfekter ausländischer Erfindungen ausgelöst wurde. Natürlich gingen auch Japan und Südkorea diesen Weg, angefangen in den 1950er- beziehungsweise 1970er-Jahren. Aber auf dem Weg dorthin wurden sie nicht nur zu entschlossenen Innovationsmächten, sondern auch zu wichtigen Volkswirtschaften mit Erfindungsgeist. Beachtliche Beispiele reichen von Sonys Führungsposition bei der frühen Entwicklung der Unterhaltungselektronik und Toyotas fehlerarmem Just-in-time-Fabrikmanagement bis hin zur Entwicklung fortschrittlicher Mikroprozessoren, Mobiltelefone und Batterien (unter anderem durch Samsung, SK Hynix, LG und Panasonic). Bislang gab es keine vergleichbar wichtigen, weltweit an-

erkannten und kommerziell lohnenden Beiträge aus China (obwohl mancher behaupten könnte, Huawei solle miteingeschlossen werden).

Blickt man auf die lange Geschichte der Erfindungen zurück, ist es kaum überraschend, dass viele Historiker und Wirtschaftswissenschaftler beeindruckt waren, wie schnell diese Fortschritte an Fahrt aufgenommen haben. Die Häufigkeit und die Folgen der wirklich epochalen Erfindungen des 19. Jahrhunderts unterscheiden sich von dem viel weniger effektiven und wesentlich langsameren technischen Fortschritt des 18. Jahrhunderts – die Rede ist von der industriellen Revolution. Aber die Fortschritte des 20. Jahrhunderts waren vielleicht noch bemerkenswerter. Wie Joel Mokyr betont, fanden sie trotz zweier langwieriger Weltkriege und trotz des Aufstiegs totalitärer Regime statt, die ihre Herrschaft über weite Teile Europas und Asiens ausdehnten:

»In der Vergangenheit hätten solche Katastrophen ausgereicht, um Volkswirtschaften um Hunderte von Jahren zurückzuwerfen oder sogar ganze Gesellschaften zur Stagnation oder Barbarei zu verdammen. Doch keine von ihnen konnte die Kraft der immer schneller werdenden Innovationen im 20. Jahrhundert aufhalten, um ein schnelles Wachstum in weiten Teilen der industrialisierten und sich industrialisierenden Welt anzuregen.«

Die Vorstellung von immer schnelleren Innovationen steht ganz oben auf der Liste der unablässig wiederholten Mantras des späten 20. und frühen 21. Jahrhunderts. Natürlich dient eine steigende Zahl von Patenten nicht als ideale Messlatte für diese Innovationsbeschleunigung (zu viele Patente schützen geringfügige Variationen und marginale Verbesserungen einflussreicher Entdeckungen). Es ist jedoch unbestreitbar, dass die dekadischen Gesamtzahlen der vom US-amerikanischen Patent- und Markenamt (USPTO) erteilten Anmeldungen, einschließlich der Erteilungen an Ausländer, von nur 911 im ersten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts auf fast 250 000 in den 1890er-Jahren und dann von etwa 340 000 im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts auf etwa 1 653 000 in den 1990er-Jahren angestiegen sind – eine Steigerung um fast das 2000-Fache in 200 Jahren.

Natürlich hat dieser einfache, für Auswertungszwecke ungeeignete und in gewisser Weise offensichtlich irreführende Anstieg der Gesamtzahl der

Patente immer auch zweifelhafte Einträge und sogar einige wirklich kuriose Erzeugnisse enthalten. Im Jahr 1932 erstellten Alford Brown und Harry Jeffcot eine kleine Auflistung solcher Fälle aus den Akten des USPTO. Man muss sich fragen, welcher Teufel professionelle Patentbewerber geritten haben muss, solchen Dingen Patentschutz zu erteilen wie einem »verbesserten Sarg« (mit dem eine Person »nachdem sie das Bewusstsein wiedererlangt hat, über eine Leiter aus dem Grab und dem Sarg aufsteigen kann«) oder einem »Gerät zur Bildung von Grübchen«. Wenn Sie glauben, wir hätten solche albernen Dinge hinter uns gelassen, wird Ihnen ein regelmäßiger Blick auf die Website »Stupid Patent of the Month« der Electronic Frontier Foundation klar vor Augen führen, dass es an solchem Schwachsinn nicht mangelt. Ich greife hier das US-Patent 8.609.158 B2 heraus, das 2013 erteilt wurde. Ein langes Zitat ist notwendig, um zu verdeutlichen, wie fragwürdig das Patentierungsverfahren nach wie vor ist. Das Patent, das einer einzigen Erfinderin, Diane Elizabeth Brooks, gewährt wurde, ist für Dianas »Manna«,

»... ein potentes Medikament mit narkotischer Wirkung, das aus eindeutig und einzigartig kombinierten und verarbeiteten austauschbaren Samen und Samenderivaten hergestellt wird, die so stark sind, dass sie Depressionen, Gemütsstörungen, Symptome von Aufmerksamkeitsstörungen, Denkstörungen, Geisteskrankheiten, Schmerzen, Hasenscharten, körperliche Probleme, Lymphknotenkrebs und viele andere Krankheits-symptome beheben oder lindern. Es beseitigt Beulen im Nacken innerhalb von ein oder zwei Wochen und ist in den meisten Bereichen austauschbar ... Es ist extrem wirkmächtig und kann abgeschwächt werden, um Ihr kleines Kind mit Aufmerksamkeitsdefiziten wieder normal zu machen. Es ist ein unglaublicher Stimmungsstabilisator und mindert Psychosen. Verwenden Sie es für Krebspatienten und für Menschen mit Schmerzproblemen. Es wirkt.«

Es übersteigt jegliches Vorstellungsvermögen, dass dieser Antrag tatsächlich genehmigt wurde. Es gibt jedoch auch viele sachlich begründete Bewilligungen, die gleichwohl immer noch in die Schublade »Es ist zum Kopfschütteln« fallen, so auch das 2012 an Apple erteilte US-Patent D670, 286S1

(insgesamt waren es zehn Antragssteller, darunter Steve Jobs und der Chefdesigner des Unternehmens, Jonathan Ive) für ein »tragbares Display«, das heißt für ein Rechteck mit abgerundeten Ecken (Abb. 1.2). Ich kann es mir nicht verkneifen, noch eine weitere amerikanische Patentanmeldung von Susan R. Harsh zu zitieren, und zwar für »ein Kit und eine Vorgehensweise, wodurch Schmierereien, welche mit der Hundenasen auf einer Fläche entstanden sind, auf einer weiteren Ebene in eine Art Hundenasenkunst umgewandelt werden«. Erstaunlich ist, dass dieses Patent noch nicht erteilt wurde.

Es gibt in der Tat einige aufschlussreiche Methoden, innovative Musterideen zu bewerten und bahnbrechende Erfindungen zu erkennen (ich stelle sie im letzten Kapitel dieses Buches vor). Im Moment aber können wir nur auf die realen quantitativen und qualitativen Verbesserungen hinweisen, die – so die Überzeugung vieler – einer größer werdenden Flut von Erfindungen zu verdanken sind, und diese innovativen Erfolge nicht als etwas endgültig Abgeschlossenes betrachten, sondern als bloße Grundlagen für weitere und sich weiter beschleunigende Fortschritte. Moderne Erfindungen tragen das Versprechen allumfassender Errettung quasi in sich, da sie jedes sich uns stellende Problem aus dem Weg räumen, sei es technischer, ökologischer oder sozialer Natur. Darüber hinaus werden Lösungen nicht nur als kleine oder allmähliche Fortschritte in Aussicht gestellt, sondern als Veränderungen, die sich am besten mit Adjektiven wie »revolutionär«, »erneuernd« oder »bahnbrechend« beschreiben lassen. Und ihr nahendes weltveränderndes Potenzial soll alle Bereiche abdecken, von der Ernährung bis zur Langlebigkeit und von der Energieversorgung bis zu Reisen.

Wir haben die Zahl der unterernährten Menschen bereits auf weniger als ein Zehntel der Weltbevölkerung verringert. Warum also die Ernährungsgpässe nicht ganz beseitigen, und wenn wir schon dabei sind: Warum legen wir unsere Abhängigkeit von Feldfrüchten nicht ad acta, indem wir Nahrungsmittel in klimaregulierten Hochhäusern erzeugen oder synthetische Kapseln schlucken, die eine komplette Ernährung bieten? In den vergangenen zwei Jahrhunderten haben wir die durchschnittliche Lebenserwartung in den wohlhabenden Ländern bereits verdoppelt.

Warum also sollten wir sie durch ausgeklügelte Genmanipulationen nicht mindestens noch einmal verdoppeln oder uns mit CRISPR, der »Gen-

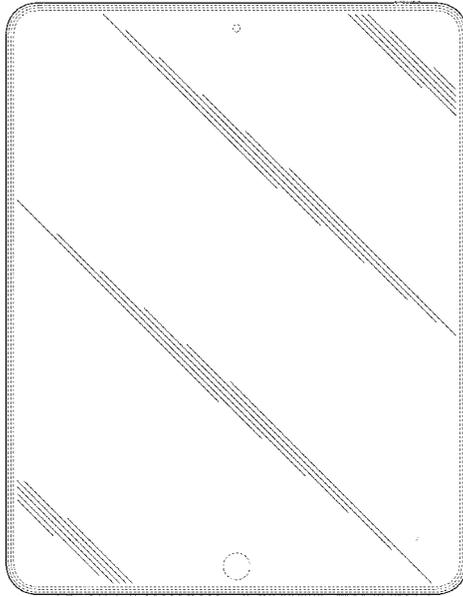


Abbildung 1.2 Die dritte Darstellung in Apples US-Patentanmeldung D670, 286S1 (ausgestellt im November 2012) zeigt ein »tragbares Display« – ein mittlerweile bekanntes Rechteck mit abgerundeten Ecken. *Quelle:* J. Akana et al., Portable display device (US Patent D670, 286S1, eingereicht am 23. November 2010 und erteilt am 6. November 2012), <https://patents.google.com/patent/USD670286>.

Schere«, den Weg zur Unsterblichkeit bahnen? Im selben Zeitraum haben die wohlhabenden Länder die Pro-Kopf-Energieversorgung vervielfacht (in unterschiedlichem Tempo). Warum also bauen wir das nicht weiter aus, während wir durch die Umwandlung erneuerbarer Energiequellen alle fossilen Kohlenstoffe als Energieträger abschaffen? Wir können bereits mit einer Geschwindigkeit von etwa 300 km/h auf der Erde und nahezu mit Schallgeschwindigkeit (fast 1000 km/h) in der Luft reisen. Warum also nicht auch mit Überschallgeschwindigkeit in unterirdischen oder hoch gelegenen Vakuumröhren oder in Passagierflugzeugen, die den Atlantik in ein paar Stunden überqueren?

Angesichts des exponentiellen (immer schnelleren) Tempos moderner Erfindungen wird uns stets aufs Neue gesagt, dass solche Zielsetzungen nicht außergewöhnlich kühn sind oder unrealistische Ambitionen verfol-

gen. Die Mathematik lässt sich dabei nicht umgehen: Es ist ein unvermeidliches Merkmal eines lang anhaltenden exponentiellen Wachstums, dass es in einer Singularität endet, einem Zeitpunkt, an dem eine Funktion einen unendlichen Wert erreicht, wodurch alles sofort möglich wird. Aber man muss kein Verfechter des aufkommenden Kults der Singularitäten sein, denn auch viel banalere Patentansprüche sind beeindruckend – und tauchen immer wieder auf. So werden Durchbrüche bei der Behandlung von Krankheiten (Medikamente, die angeblich Alzheimer heilen), der Speicherung von elektrischer Energie (die Erfindung von Batterien mit unerhörter Energiedichte) und sogar die Umbildung anderer Planeten in bewohnbare Welten (das sogenannte Terraforming des Mars) angekündigt. Die Realität ist weit weniger erhaben, und dieses Buch ist eine bescheidene Erinnerung an die Welt, wie sie ist, und nicht die Welt der übertriebenen Ansprüche oder, noch schlimmer, die imaginäre Welt der unhaltbaren Fantasien.

Bevor ich fortfahre, muss ich anmerken, dass ich mich hier nicht mit den zahlreichen Fehlentwicklungen befasse, die zu katastrophalen Ereignissen geführt haben (darunter so bekannte Tragödien wie der Untergang der *Titanic* im Jahr 1912 und die Katastrophe beim Start der *Challenger* im Jahr 1986). Auch nicht mit denen, die kommerziell nicht erfolgreich waren (Sonys Videorekorder Betamax, der von JVCs VHS verdrängt wurde) oder für ihre Peinlichkeiten berüchtigt sind (Edsel und Pinto von Ford oder Google Glass). Historiker, die sich mit dem technischen Fortschritt befassen, haben viele dieser Misserfolge in Studien ausführlich beschrieben, etwa über so hoffnungslose Konstruktionen wie die elektrischen Pflüge in Deutschland vor dem Ersten Weltkrieg oder die Gasturbinen von Chrysler für Autos. Und eine kürzlich erschienene Auflistung gibt einen Überblick über die zwölf peinlichsten Produktpleiten von Apple, vom Macintosh TV bis zum Power Mac G4 Cube.

Wer sich für diese gescheiterten Konstruktionen interessiert, sollte Susan Herrings 1989 erschienenen Buch *From the Titanic to the Challenger* lesen, in dem nicht weniger als 1354 solcher Fehlschläge des 20. Jahrhunderts aufgezählt sind, oder Michael Schiffers *Spectacular Flops*, in dem der Leser einige ältere Beispiele (einschließlich Teslas Weltsystem der drahtlosen Stromverteilung) und einige neuere Wahnvorstellungen (ein Bomber mit Kernreaktorantrieb) findet. Gleichzeitig muss der Tatsache Rechnung

getragen werden, dass viele Fehlschläge bei der Konstruktion von technischen Objekten und Systemen nicht nur unvermeidlich sind, sondern sie sind auch wertvolle Lektionen darüber (wenn auch oft kostspielig und manchmal tragisch), was zu vermeiden und was zu korrigieren ist. Deshalb hat Henry Petroski sein Buch, das diesen Aspekten gewidmet ist, mit dem Untertitel *The Role of Failure in Successful Design* versehen.

Ebenso wenig geht es in diesem Buch um die vielen unerwünschten, oft ärgerlichen und manchmal sogar tödlichen Folgen vieler massenhaft verbreiteter und gänzlich etablierter moderner Erfindungen. Diese Begleiterscheinungen, Schattenseiten und Komplikationen wurden oft vorhergesehen. Viele von ihnen wurden genau beobachtet, bewertet und in monetären Aufwand und Kosten bei der Lebensqualität umgerechnet; zudem waren sie Gegenstand zahlreicher Forschungen und Bemühungen, sie zu verhindern oder zu entschärfen. Die Auswirkungen von verschreibungspflichtigen Medikamenten auf die Gesundheit und die Umwelt sind vielleicht die anerkannteste Kategorie von Nebenwirkungen in der heutigen Gesellschaft. Sie reichen von Unwohlsein bis zu rigorosen Gegenanzeigen aufgrund von Vorerkrankungen und von Arzneimittelmetaboliten in Flüssen und Gewässern bis zur Verbreitung von antibiotikaresistenten Bakterien. Letzteres ist ein sehr ernstes und inzwischen auch ein globales Problem. Wir wissen seit vielen Jahrzehnten um seine weiter fortschreitenden Auswirkungen, aber trotz wiederholter Ermahnungen und Versprechungen kommt der Suche nach neuen Antibiotika immer noch nur ein Bruchteil der Mittel und des Engagements zu, das sie verdient.

Nicht weniger bemerkenswert ist die Tolerierung der vielfältigen Schattenseiten, die mit der Erfindung des Autos mit Verbrennungsmotor einhergingen. Diese Motoren bedeuten für uns Mobilität, Bequemlichkeit und die sprichwörtliche Freiheit der Straße, sorgen aber auch für schädliche Emissionen, neu gestaltete Stadtbilder (selten zum Besseren) und derart viele Todesfälle, wie man sie bei keinem gängigen verschreibungspflichtigen Medikament tolerieren würde. Sogar in den wohlhabendsten Ländern hat man erst in den 1970er-Jahren damit begonnen, die Emissionen zu reduzieren (mit Katalysatoren, einer neuen Erfindung, die uns zu Hilfe kam). Aber wir haben immer noch keine wirksamen weitverbreiteten Lösungen für Autos als Teil einer vernünftigen Städteplanung, und die jährliche weltweite

Zahl der Verkehrstoten (einschließlich Fußgänger und Radfahrer) lag laut Schätzwerten zuletzt bei 1,35 Millionen.

Die Folgen bedeutender Erfindungen und unsere zum Teil beachtliche Duldung ihrer ungewollten Auswirkungen und Begleiterscheinungen ließen sich auf weitere Themen ausdehnen. Sie erstreckten sich von der ausgiebigen Nutzung synthetischer Stickstoffdünger bis zur Verschmutzung von Land und Wasser durch viele Kunststoffe – und sie würden ein langes Buch füllen, um sie auch nur oberflächlich zu behandeln. Hier entscheide ich mich für einen allgemeineren Ansatz für das Scheitern von Erfindungen. Dabei konzentriere ich mich auf die Tatsache, dass die Flut an grundlegenden und sehr erfolgreichen Erfindungen, die die moderne Zivilisation in den vergangenen 150 Jahren hervorgebracht hat, von einem zu Frustrationen führenden Fortschrittsmangel in vielen entscheidenden Bereichen begleitet wurde. Ferner richte ich meinen Fokus auf jene Innovationen, die sich – um es milde auszudrücken – weniger fruchtbar entwickelt haben, als ursprünglich erwartet. In diesem Buch untersuche ich drei Kategorien dieser gescheiterten Innovationen: unerfüllte Versprechen, enttäuschte Erwartungen und letztendliche Ablehnung.

Ich bin mir bewusst, dass einige Historiker des technischen Fortschritts den Begriff »gescheiterte Technologie« für irreführend halten, weil er (wie Tom Carroll auf dem Symposium über gescheiterte Innovationen 1989 argumentierte) auf die positivistisch gefärbte Lesart einer Dynamik hindeutet, »die einer potenziellen Innovation entweder innewohnt oder nicht«, während die weitaus wichtigere Unterscheidung darin besteht anzuerkennen, dass »Erfolg« oder »Misserfolg« von gesellschaftlichen Entscheidungen abhängt. Zweifellos sind technische Fortschritte nicht etwas Eigengesetzliches und werden in großem Maße von sozialen Bedingungen und Kontexten beeinflusst. Aber allzu offensichtlich schlagen die wichtigsten Einflüsse die andere Richtung ein, und oft liegt es nicht in der Macht offener Gesellschaften (oder sogar der Machthaber in Diktaturen) zu entscheiden, welche Innovationen sie annehmen oder nicht.

Ich beginne mit Erfindungen, nach denen eifrig gesucht wurde, und die, als sie schließlich auf den Markt kamen, allgemein (und oft begeistert) gepriesen und schnell markttechnisch verwertet wurden und sich weltweit durchgesetzt haben. Doch irgendwann, sogar Jahrzehnte später, erwie-

sen sie sich als so lästig und so schädlich für Mensch und Umwelt, dass man ihnen großes Misstrauen entgegenbrachte und sie in der Folge für die Zwecke, für die sie ursprünglich erfunden worden waren, gänzlich verboten wurden. Die Einführung von bleihaltigem Benzin ermöglichte den reibungslosen Betrieb von Verbrennungsmotoren. Es dauerte jedoch mehrere Jahrzehnte, bis die daraus resultierenden Emissionen eines neurotoxischen Schwermetalls allgemein als inakzeptabler Kompromiss erkannt wurden. In der Folge begannen die Länder, zunächst die USA im Jahr 1970, die Verwendung dieses Zusatzstoffs zu verbieten. Kurz darauf wurde der Einsatz von DDT als weitverbreitetes Mittel zur Insektenbekämpfung verboten, und 1987 wurde in einem weltweiten Abkommen ein Zeitplan für die sukzessive Abschaffung der Fluorchlorkohlenwasserstoffe festgelegt, die häufig als Kühlmittel verwendet werden und deren steigende Konzentration in der Atmosphäre mit dem Rückgang des stratosphärischen Ozons in Verbindung gebracht wurde.

Die nächste Kategorie gescheiterter Erfindungen, der ich mich widme, beinhaltet drei wichtige Beispiele für Fortschritte, deren anfängliches Versprechen die letztendliche Vorherrschaft in ihren jeweiligen Marktnischen zu sichern schien: Luftschiffe für einen kostengünstigen Langstreckenluftverkehr, Kernspaltung zum Zwecke der Stromerzeugung und Überschallflugzeuge für schnelle Interkontinentalreisen. Diese Innovationen wurden auf den Markt gebracht und kamen mehr oder weniger überall zum Einsatz. Allerdings erkannte man schon bald, dass sie ihr ursprünglich erhofftes Potenzial nicht erreichen würden. Chronologisch gesehen waren es zunächst Zeppeline, die konkret zum Scheitern verurteilt waren, und zwar auf spektakuläre Weise. Denn die in Flammen aufgehende *Hindenburg* wurde zu einem der meistreproduzierten Bilder einer technischen Katastrophe. Doch dieser tragische Unfall beendete nicht den Traum der Luftschiffahrt. Die Versuche, diese Transportart in den Lüften wiederzubeleben, wurden fortgesetzt, auch nachdem Passagierflugzeuge mit Düsenantrieb nach 1960 schnell die globale Luftfahrt erobert hatten, und in den ersten beiden Jahrzehnten des 21. Jahrhunderts gab es neue Vorschläge für bessere Zeppeline.

Die Kernspaltung ist ein Fall enttäuschter Erwartungen in viel größerem Ausmaß, und sie ist zweifelsohne das beste Beispiel für das, was ich als erfolgreiches Scheitern bezeichne. Trotz ihres beachtlichen wirtschaftlichen

Einsatzes (mehr als 400 Reaktoren sind auf drei Kontinenten in Betrieb) und trotz ihres wichtigen Beitrags zur Stromerzeugung in mehreren wohlhabenden Ländern bleibt ihr derzeitiger Anteil am Weltmarkt weit hinter dem zurück, was man in der Anfangsphase ihrer mit Begeisterung gefeierten Einführung von dieser komplexen Technik erwartet hatte: nichts anderes als die absolute Vorherrschaft bis zum Ende des 20. Jahrhunderts! Die Geschichte des Überschallflugs zeigt in gewisser Weise Ähnlichkeit mit diesen beiden Fällen: eine Zeit lang erfolgreicher als der Einsatz von Luftschiffen, letztlich nicht konkurrenzfähig, aber immer wieder durch neue Entwürfe wiederbelebt, deren Befürworter (wie auch die Unternehmen, die neue Reaktorkonstruktionen vorantreiben) behaupten, es werde diesmal anders sein, da die überdurchschnittlich schnellen Flugzeuge in der Lage sein werden, eine entwicklungsfähige Nische auf dem Weltmarkt zu erobern.

Die letzten Beispiele veranschaulichen relativ detailliert Erwartungen, die sich nicht erfüllt haben. Ich konzentriere mich auf nur drei Beispiele vieler höchst erstrebenswerter Erfindungen, deren massenhafte Kommerzialisierung wirklich große Veränderungen mit sich bringen würde und deren bevorstehender Erfolg seit Generationen verheißen wird, deren effektive und bezahlbare Verwirklichung jedoch stets jenseits des erkennbaren Horizonts zu liegen scheint. Die Idee von Hochgeschwindigkeitsreisen im Vakuum (oder, was wahrscheinlicher ist, in Röhren, in denen der Luftdruck auf einen kleinen Bruchteil des normalen atmosphärischen Drucks gesenkt wird) gibt es seit über 200 Jahren. Die jüngste, viel beachtete Wiederbelebung dieser Idee unter dem irreführenden Namen »Hyperloop« bietet eine gute Gelegenheit zu erklären, warum dieser generationenalte Traum noch immer auf eine praktische, günstige, zuverlässige und profitable Vermarktung wartet.

Mein zweites Beispiel für eine versprochene Erfindung, auf die wir immer noch warten, gehört zu einer weitaus weniger bekannten Sparte notwendiger Fortschritte, gleichwohl wäre sie tatsächlich eine der folgenreichsten Errungenschaften der Geschichte. Wenn die Getreideernten, die die Grundnahrungsmittel der Welt ausmachen (Weizen, Reis, Mais, Sorghum), einen bedeutenden Teil ihres Stickstoffbedarfs durch die Symbiose mit stickstoffbindenden Bakterien decken könnten – ähnlich wie Hülsenfrüchte, zum Beispiel Bohnen, Sojabohnen, Linsen und Erbsen –, würden wir nicht nur die Getreideernten weltweit steigern, sondern auch den Aus-

stoß und den Einsatz synthetischer Düngemittel reduzieren, wodurch viel Energie eingespart und mehrere Formen der Umweltverschmutzung vermieden würden. Mein letztes Beispiel ist die kommerzielle Nutzung der Kernfusion zur Stromerzeugung, ein Kunststück, das einige führende Physiker in den 1940er-Jahren erstmals angekündigt haben. Dies ist vielleicht das berühmteste und mit Sicherheit das meistpropagierte Beispiel der enttäuschten Erwartungen, und ich erörtere hier, mit welcher erstaunlicher Hartnäckigkeit dieser Traum verfolgt wird, dessen Verwirklichung stets in weiter Ferne zu liegen scheint.

Natürlich kann jede dieser drei Kategorien der gescheiterten Innovationen mit weiteren Beispielen illustriert werden. Mit Blick auf die Erfindungen, die erst willkommen, später dann lästig waren, hätte ich die Geschichte der hydrierten Pflanzenöle hinzufügen können. Deren kommerzieller Erfolg begann 1911 mit der teilweisen Hydrierung von Baumwollsamölen, was bei Procter & Gamble zu der Herstellung von Crisco (kristallisiertes Baumwollsamöl) führte, ein Fett, das bei Zimmertemperatur seine feste Konsistenz beibehält. Die Verwendung von Transfetten (ungesättigten Fettsäuren) wurde auf eine Reihe preiswerter Butter- und Schmalzersatzstoffe ausgeweitet, die lange haltbar waren und sich gut zum Backen und Frittieren eigneten – bis die Ernährungswissenschaft sie mit einem erhöhten Cholesterinspiegel im Blut und einem höheren Risiko für Herzkrankheiten in Zusammenhang brachte und die Regierungen dazu übergingen, ihren Gebrauch im Alltag zu reglementieren.

Bei der Auflistung von Erfindungen, die die Welt beherrschen sollten, aber nie diese Bedeutung erlangten, hätte ich auch den Aufstieg und Fall von Blackberry erwähnen können. Das Mobiltelefon der CEOs und Präsidenten war für seine Sicherheitsfunktionen berühmt und angeblich dazu bestimmt, die Geschäftswelt zu dominieren. Aber seine Bedeutung währte nur etwa zehn Jahre: Das erste Smartphone kam 2002 auf den Markt, und 2013 konnte das Unternehmen nicht mehr mithalten und geriet in eine langwierige Talfahrt. Und wenn es um Erfindungen geht, auf die wir immer noch warten, dann wäre die Geschichte der Wasserstoffwirtschaft – vielleicht die ultimative, aber immer wieder aufgeschobene Lösung für die zunehmend dringlichere Notwendigkeit der globalen Dekarbonisierung – eine hervorragende Ergänzung.

Man könnte ein langes, interessantes Buch über Erfindungen schreiben, die ihren jeweiligen Produktions- oder Verbrauchssektor über Generationen hinweg, ja sogar mehr als ein Jahrhundert lang beherrschten, bevor sie recht schnell entweder ganz von der Bildfläche verschwanden oder nur noch als marginale Kuriositäten von exzentrischen Befürwortern am Leben gehalten oder wirtschaftlich an den Rand gedrängt wurden. Die bereits erwähnten Siemens-Martin-Öfen – ein System mit offener Feuerung – sind vielleicht das beste Beispiel für die erste Kategorie: Zwischen den 1870er- und den frühen 1950er-Jahren wurde der gesamte Primärstahl dadurch hergestellt, indem der Kohlenstoffgehalt von Gusseisen aus Hochöfen in diesen großen Behältern reduziert wurde.

Innerhalb einer Generation verschwanden die Hochöfen in Japan und Europa fast vollständig, in Nordamerika hielt man noch eine Zeit lang an ihnen fest, und einige dieser Öfen aus dem 19. Jahrhundert haben bis ins 21. Jahrhundert überlebt (Abb. 1.3). Ein Beispiel für einen noch schnelleren Abgang veranschaulicht eine Veränderung im Transportwesen: Ozeandampfer beherrschten fast ein Jahrhundert lang den interkontinentalen Passagierverkehr, bevor sie nur etwa ein Jahrzehnt nach der Einführung von transatlantischen Linienflügen in düsengetriebenen Flugzeugen verschwanden.

Und natürlich haben alle älteren Leser dieses Buches miterlebt, wie die neue Welt der Mikroelektronik viele Beispiele für den schnellen Beinahe-Untergang und das Randdasein von einst bewundernswerten Erfindungen hervorgebracht hat, deren Dienste mehr als ein Jahrhundert lang weltweit eine Vorrangstellung hatten. Schreibmaschinen wurden von PCs und später auch von tragbaren elektronischen Geräten verdrängt, Kameras durch Smartphones ersetzt und physische Formen der Musikaufzeichnung (Schallplatten, Kassetten, CDs) lösten sich gegenseitig ab, bevor der digitale Zugang sie alle ins Abseits drängte. Schreibmaschinen, Kameras und Schallplatten gibt es zwar immer noch, aber Erstgenannte werden nur noch von denjenigen als Secondhandprodukt erworben, die die mechanische Variante des Schreibens bevorzugen. Der Markt für Kameras mit austauschbaren Objektiven ist heute überwiegend auf Profi- und seriöse Naturfotografen beschränkt, und Musikaufnahmen sind eine nostalgische Nische in einer vom Streaming dominierten Welt.

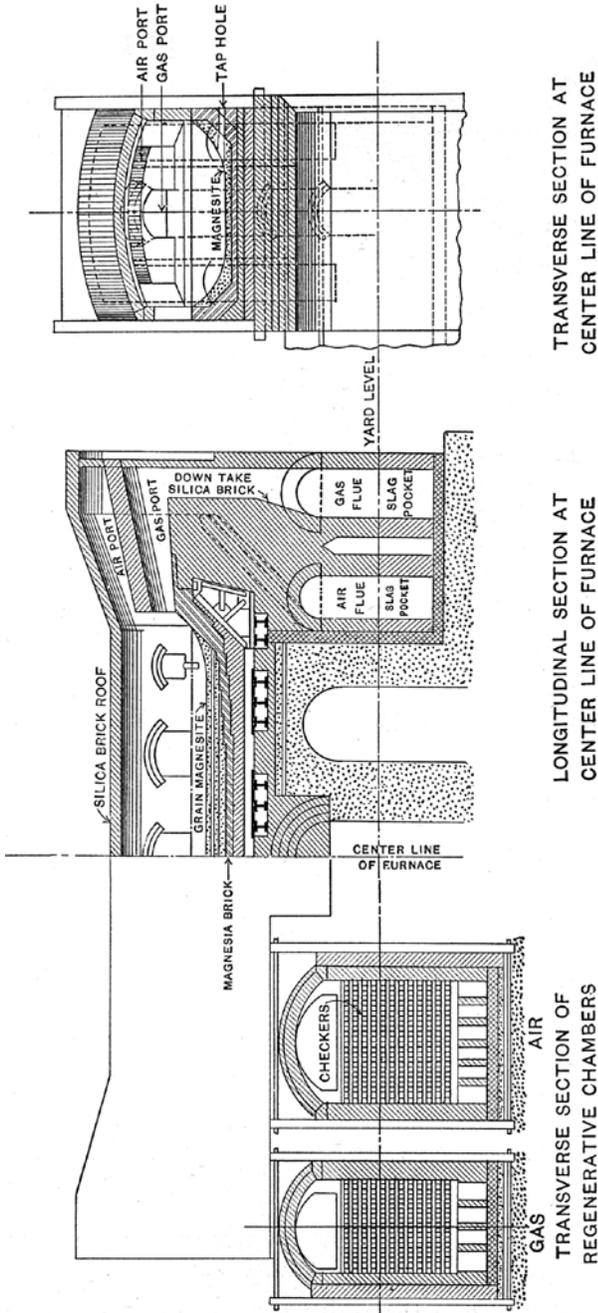


Abbildung 1.3 Schnitte durch einen Siemens-Martin-Ofen aus dem frühen 20. Jahrhundert. Quelle: Harbison-Walker Refractories, A Study of the Open Hearth (Pittsburgh: Harbison-Walker Refractories, 1909). Der letzte Siemens-Martin-Ofen in den USA wurde 1992, in China 2001 und in Russland 2018 stillgelegt.