

Jürgen Renn

Die
EVOLUTION
des
WISSENS

Eine
NEUBESTIMMUNG
der
WISSENSCHAFT
für das
ANTHROPOZÄN

Suhrkamp

SV

Jürgen Renn
DIE EVOLUTION DES WISSENS

Eine Neubestimmung der Wissenschaft für
das Anthropozän

Aus dem Englischen
von Sven Scheer

Suhrkamp

Die Originalausgabe erschien 2020 unter dem Titel
The Evolution of Knowledge. Rethinking Science for the Anthropocene
bei Princeton University Press

Erste Auflage 2022
Deutsche Erstausgabe
© der deutschsprachigen Ausgabe Suhrkamp Verlag AG, Berlin, 2022
© 2020 by Princeton University Press
Alle Rechte vorbehalten. Wir behalten uns auch eine Nutzung des Werks
für Text und Data Mining im Sinne von § 44b UrhG vor.
Umschlaggestaltung: Brian Barth
Satz: Satz-Offizin Hümmer GmbH, Waldbüttelbrunn
Druck: GGP Media GmbH, Pößneck
Printed in Germany
ISBN 978-3-518-58786-7

www.suhrkamp.de

Für Kathrin und Erika, Leonardo, Eleonora und Louis

Inhalt

Die Geschichte dieses Buches 9

Teil 1

Was ist Wissenschaft? Was ist Wissen?

Kapitel 1 Wissenschaftsgeschichte im Anthropozän 33

Kapitel 2 Elemente einer historischen Theorie des
menschlichen Wissens 74

Teil 2

Wie sich Wissensstrukturen wandeln

Kapitel 3 Der historische Charakter von Abstraktion und
Repräsentation 99

Kapitel 4 Strukturelle Veränderungen in
Wissenssystemen 155

Kapitel 5 Externe Repräsentationen in der Praxis 199

Kapitel 6 Mentale Modelle in der Praxis 223

Kapitel 7 Die Natur wissenschaftlicher Revolutionen 252

Teil 3

Wie Wissensstrukturen die Gesellschaft beeinflussen und
umgekehrt

Kapitel 8 Die Wissensökonomie 301

Kapitel 9 Eine Ökonomie des praktischen Wissens 347

Kapitel 10 Wissensökonomien in der Geschichte 381

Teil 4

Wie sich Wissen verbreitet

- Kapitel 11 Die Globalisierung des Wissens in der
Geschichte 485
- Kapitel 12 Die vielfältigen Ursprünge der
Naturwissenschaft 546
- Kapitel 13 Epistemische Netzwerke 584

Teil 5

Von welchem Wissen unsere Zukunft abhängt

- Kapitel 14 Epistemische Evolution 625
- Kapitel 15 Auszug aus dem Holozän 686
- Kapitel 16 Wissen für das Anthropozän 728
- Kapitel 17 Die Wissenschaft und die Herausforderungen der
Menschheit 802

- Glossar 819
- Anmerkungen 850
- Literatur 906
- Verzeichnis der Abbildungen 1027
- Abbildungen im Text 1027
- Farbtafeln 1030
- Verzeichnis der Erklärkästen 1031
- Register 1033
- Ausführliches Inhaltsverzeichnis 1065

Die Geschichte dieses Buches

Wenn wir unser wahres Ziel nicht für immer aufgeben wollen, dann dürfte es nur den einen Ausweg aus dem Dilemma geben: dass einige von uns sich an die Zusammenschau von Tatsachen und Theorien wagen, auch wenn ihr Wissen teilweise aus zweiter Hand stammt und unvollständig ist – und sie Gefahr laufen, sich lächerlich zu machen.

– ERWIN SCHRÖDINGER, *Was ist Leben?*

Ein Langzeit-Forschungsprojekt und seine Wurzeln

Dieses Buch umfasst die Zeitspanne von den Ursprüngen des menschlichen Denkens bis zu den aktuellen Herausforderungen des Anthropozäns. Das Anthropozän wird hier als neue geologische Epoche verstanden, die durch die weitreichenden und nachhaltigen Folgen des menschlichen Handelns für das Erdsystem definiert ist. Somit ist das Anthropozän der letztgültige Kontext für eine Geschichte des Wissens und der natürliche Fluchtpunkt einer Untersuchung der kulturellen Evolution aus einer globalen Perspektive. Aus dieser Perspektive habe ich versucht, in dieser Studie vielfältige historische und geografische Horizonte miteinander zu verknüpfen; sie beschäftigt sich sowohl mit den Aspekten der *longue durée* der Wissensentwicklung als auch mit den beschleunigten Veränderungen der Wissensentwicklung, die uns in das Anthropozän geführt haben.

Forschungen, die seit 1994 am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte durchgeführt wurden, bilden das Fundament dieses Buches.¹ Seit den Anfängen des Instituts haben meine Kollegen und ich uns der Erforschung der Wissenschaftsgeschichte als Bestandteil einer umfassenderen Geschichte des menschlichen Wissens verschrieben. Stets haben wir dabei die Bedeutung des praktischen Wissens und der historischen Kontinuität hervorgehoben, selbst bei der Beschäftigung mit den Wendepunkten der modernen Wissenschaft. Darüber hinaus haben wir kulturübergreifende Vergleiche angestellt, insbesondere zwischen der westlichen, der chinesischen und der islamischen Wissenschaft, und ein Forschungsprojekt zur Globalisierung des Wissens in der Geschichte angestoßen.

Die Forschung, die dem Buch zugrunde liegt, war (und ist) ein Gemeinschaftsunternehmen. Ihre Keimzelle ist der Begriffsrahmen einer historischen Epistemologie – verstanden als eine historische Theorie des Wissens –, welcher gemeinsam mit Peter Damerow, Peter McLaughlin und Gideon Freudenthal entwickelt wurde, und zwar auf Grundlage vorangegangener Arbeiten von Peter Damerow und Wolfgang Lefèvre zur Wissenschaft und ihrer Beziehung zur menschlichen Arbeit und ihrer gesellschaftlichen Organisation. Von Wolfgang Lefèvre, Klaus Heinrich und Yehuda Elkana habe ich gelernt, die Wissenschaft in den umfassenden Zusammenhängen der menschlichen Geschichte zu betrachten und die Versprechungen ihrer aufklärerischen Ideale sowie ihren potenziellen Beitrag zur Selbsterkenntnis der Menschheit kritisch zu hinterfragen.

Das vorliegende Buch verdankt vieles dem Denken von Peter Damerow, seiner führenden Rolle in unserer Forschungsgruppe und unserer mehr als dreißigjährigen Freundschaft und Zusammenarbeit. Sie stützt sich nicht zuletzt auf die grundlegenden theoretischen Einsichten, die er (ausgehend von Philosophie, Bildungsforschung, Psychologie und Kognitionswissenschaft) in seinem Werk *Abstraction and Representation* von 1996 zusammen-

getragen hat.² Ich habe hier Teile des Materials verwendet, das wir für ein gemeinsames Werk zur Geschichte der Mechanik zusammengetragen hatten – das wir aufgrund seines vorzeitigen Todes 2011 nicht zum Abschluss bringen konnten.

Zwei Forschungsstränge

Unsere Forschungen am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte folgen zwei Strängen: der langfristigen Tradierung und Transformation von Wissen und den Prozessen von dessen Transfer und Globalisierung. Beide Aspekte sind meiner Ansicht nach entscheidend, um zu verstehen, wie es zu unserem Eintritt in das Anthropozän kam, und in beiden werden Muster der Wissensrevolution sichtbar, die trotz ihrer Bedeutung für die Bewältigung der Herausforderungen des Anthropozäns lange unterschätzt wurden. Von daher spiegeln sich beide in der Struktur des Buches wider.

Die Geschichte von Wissenschaft und Technologie hat traditionell der Innovation mehr Aufmerksamkeit geschenkt als der Tradierung, der Transformation und dem Transfer von Wissen. Doch vielfach war es gerade das weniger spektakuläre Wissen, das zu den gefeierten Entdeckungen und Erfindungen geführt hat. Dieses Wissen zeigt teilweise eine verblüffende Stabilität und Haltbarkeit, und zwar nicht selten über große Zeiträume mit Phasen grundlegender Umwälzungen hinweg. In ähnlicher Weise haben seit den Anfängen der menschlichen Kultur der interkulturelle Wissenstransfer und die damit einhergehende Transformation dieses Wissens die technologischen und wissenschaftlichen Errungenschaften geprägt, ein Umstand, der bei der ausschließlichen Konzentration auf die offensichtlichen Konvergenzpunkte leicht übersehen wird.

Auf Grundlage unserer historischen Untersuchungen haben wir versucht, eine theoretische Sprache zu entwickeln, mit der sich sämtliche dieser Entwicklungs- und Transferprozesse unabhängig von ihrer Beschaffenheit oder ihrem Medium beschreiben lassen. Zu diesem Zweck haben wir auf Einsichten aus historischen Disziplinen wie der Archäologie, der Politik- und der Wirtschaftsgeschichte, der Wissenschafts- und der Technikgeschichte sowie der Kunst- und der Religionsgeschichte zurückgegriffen, aber auch auf Erkenntnisse der philosophischen Erkenntnistheorie, der Kognitions-, der Sozial- und der Verhaltenswissenschaften sowie insbesondere der Soziologie, Wirtschaftswissenschaft, Psychologie und Sozialanthropologie.

Wie lässt sich ein solches ehrgeiziges und umfassendes Forschungsprogramm umsetzen – und wie lässt sich sein Resultat präsentieren? Wir entschieden uns für eine Herangehensweise, die vielleicht mit dem Versuch von Biologinnen und Biologen verglichen werden kann, allgemeine biologische Muster durch die Konzentration auf einen Modellorganismus wie die *Drosophila melanogaster* zu verstehen, oder mit der Strategie eines Drehbuchautors, der einen komplexen Roman mit vielen ineinander verwobenen Erzählsträngen für das Drehbuch eines Films adaptiert, indem er die Zahl der Figuren und Erzählebenen reduziert und sich auf einige wenige, sorgsam ausgewählte Protagonisten und Themen konzentriert.³ In unserem Zusammenhang ging es selbstverständlich nicht um die Auswahl eines Figurenensembles, sondern um die Konzentration auf bestimmte Stränge und Bereiche der Wissensentwicklung, die für die Untersuchung der langfristigen Entwicklungen und der globalen Transformationen des Wissens besonders geeignet erschienen.

Die Geschichte des mechanischen Denkens

Ein Erzählstrang, auf den wir uns konzentriert haben, ist die Geschichte der Mechanik im weitesten Sinne. Gemeint ist also weniger die Geschichte der Mechanik als einer eigenständigen wissenschaftlichen Disziplin, als vielmehr die Geschichte des mechanischen Wissens, das von dem elementaren, intuitiven Wissen in einer von Schwerkraft und Druck regierten Welt über das aus der Erfahrung mit Instrumenten und Werkzeugen gewonnene praktische Wissen bis zu den theoretischen, in schriftlichen Texten festgehaltenen Wissensformen reicht. Die Geschichte des mechanischen Wissens erstreckt sich von seinen vormenschlichen Ursprüngen über eine lange Tradition der praktischen Erfahrung, der Naturphilosophie und der klassischen Mechanik bis zu den jüngsten wissenschaftlichen Entwicklungen einschließlich der neuen Mechanik von Relativitätstheorie und Quantenphysik. Ein weiteres bemerkenswertes und bedeutendes Merkmal des mechanischen Wissens ist die Tatsache, dass es keineswegs allein der Stolz einer westlichen Tradition ist, sondern im Laufe der Geschichte auch in vielen anderen Kulturen gedieh.

Aus all den genannten Gründen entschlossen wir uns (vor gut 25 Jahren), dass das mechanische Wissen im Mittelpunkt des Forschungsprogramms der von mir geleiteten Abteilung am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte stehen solle. Unser übergreifendes Ziel war es, die Möglichkeit einer historischen Theorie des Wissens und des menschlichen Denkens zu erkunden. Die Entscheidung für das mechanische Wissen sollte sich als eine glückliche Wahl erweisen, nicht zuletzt wegen der dadurch beförderten langfristigen Zusammenarbeit mit dem Museo Galilei in Florenz und dessen charismatischen Leiter Paolo Galluzzi samt seinem Team.

Spezielle Untersuchungen waren einerseits einzelnen Zeiträumen von der Antike bis zur modernen Wissenschaft gewidmet,

andererseits den unterschiedlichen Ebenen des mechanischen Wissens von der Verwendung einfacher Maschinen bis zur Formulierung hochabstrakter Theorien. Unsere Forschung beschränkte sich ihrer Anlage nach nicht auf die europäische Tradition, sondern bezog auch Entwicklungen in der chinesischen und der islamischen Welt ein.

Die besondere Aufmerksamkeit galt weniger einzelnen Erfindungen und Leistungen als vielmehr allgemeineren gesellschaftlichen Prozessen, welche die Tradierung, Akkumulation und Erneuerung von mechanischem Wissen ermöglicht, im Laufe der Jahrtausende aber auch zu Verlusten und dramatischen Veränderungen in den kognitiven und sozialen Strukturen dieses Wissens geführt haben. Die Ergebnisse zahlreicher dieser Untersuchungen wurden bereits in Spezialstudien veröffentlicht, in denen wir unser neuartiges Vorgehen auf die historischen Quellen anwenden. Hier nutze ich diese Ergebnisse als Hintergrund, der es mir ermöglicht, einen theoretischen Rahmen zu entwerfen, der für künftige Studien der Wissenschaftsgeschichte von Nutzen sein könnte.

Gemeinsam mit Peter Damerow, Gideon Freudenthal und Peter McLaughlin habe ich mich zunächst mit der Entstehung der klassischen Mechanik beschäftigt, um ein gemeinsames Verständnis der begrifflichen Transformationen in den Naturwissenschaften auszubilden. Diese Arbeit gab unserer weiteren Forschung die Richtung vor, und ihre Ergebnisse wurden 1991 in unserem Gemeinschaftswerk *Exploring the Limits of Preclassical Mechanics* veröffentlicht.⁴ Den Begriff der »vorklassischen Mechanik« prägten wir seinerzeit, um die ausgedehnte Zwischenstufe der Frühen Neuzeit (etwa zwischen 1500 und 1800) zu beschreiben, in der die aristotelische Naturphilosophie (die jahrhundertlang das Denken über die physische Welt dominiert hatte) in die klassische Mechanik transformiert wurde – nicht durch eine »wissenschaftliche Revolution«, sondern durch einen Prozess der begrifflichen Neuorganisation, der dem praktischen Wissen sei-

nen Platz innerhalb der neuen gesellschaftlichen Verhältnisse zuwies.

Zunächst konzentrierten wir uns auf Protagonisten wie Galilei und Descartes und einige wenige zentrale Themen wie das Fallgesetz und die Projekttilbewegung. In der Folge wurde diese Arbeit durch Jochen Büttner, Matthias Schemmel und Matteo Valleriani wesentlich erweitert, nicht allein durch Fallstudien, sondern auch durch grundlegende epistemologische Beiträge wie etwa die Begriffe des herausfordernden Objekts, des geteilten Wissens und der Struktur des praktischen Wissens.⁵ Diese Begriffe sind Grundpfeiler des vorliegenden Buchs. Der allgemeinere Zusammenhang der frühneuzeitlichen Wissenschaft wurde zudem zum Gegenstand der Zusammenarbeit mit weiteren Kollegen, insbesondere mit Rivka Feldhay und Pietro Omodeo, unterstützt durch die Deutsch-Israelische Stiftung für Wissenschaftliche Forschung und Entwicklung (GIF) und die DFG-Sonderforschungsbereiche 644 und 980 der Humboldt-Universität zu Berlin und der Freien Universität Berlin. Die Ergebnisse dieser Zusammenarbeit wurden in einer Buchreihe zur historischen Epistemologie der Mechanik veröffentlicht.⁶

Neben der frühneuzeitlichen Wissenschaft wurde die Entstehung der modernen Physik zu einem zentralen Thema unserer Untersuchungen zu Transformationsprozessen in der Wissensgeschichte. Als Schwerpunkt wählten wir hierbei die Arbeit Albert Einsteins, insbesondere zur Relativitätstheorie.⁷ Eine parallele Anstrengung widmeten wir anschließend der Geschichte der Quantenphysik als der anderen tragenden Säule der modernen Physik.⁸ Ein tiefergehendes Verständnis dieses Strangs der Entstehung der modernen Physik musste über Einsteins eigene Leistungen hinausgehen und auch das allgemeinere Wissenssystem in den Blick nehmen, das am Übergang von der klassischen zur modernen Physik beteiligt war, einschließlich der disziplinären Organisation der Wissenschaft, der Beziehung zum zeitgenössischen technischen Wissen, des industriellen und gesellschaftlichen

Kontextes, in dem sich dieser Übergang ereignete, der Arbeiten anderer Physiker und der Tatsache, dass sich die Entstehung der modernen Physik selbst nur als Teil einer langfristigen Entwicklung begreifen lässt, die mit der Veröffentlichung einiger weniger bahnbrechender Aufsätze nicht beendet war.

An den Forschungen zu Einsteins Arbeit waren (neben Peter Damerow als Berater) Michel Janssen, John Norton, Tilman Sauer und John Stachel beteiligt, die sich nicht nur mit den historischen Aspekten des Projekts befassten, sondern auch mit seiner Bedeutung für das allgemeine Verständnis von Transformationsprozessen des Wissens. An der Erforschung der Arbeit von Einsteins Zeitgenossen waren unter anderem Leo Corry und Matthias Schemmel beteiligt. Den kulturellen Kontexten, in denen die Relativitätstheorie entstand, widmeten sich innerhalb unserer Forschungsgruppe Giuseppe Castagnetti und Milena Wazeck. Nachfolgende Studien zur Relativitätstheorie wurden in Zusammenarbeit mit Alexander Blum, Olaf Engler, Jean Eisenstaedt, Hanoeh Gutfreund, Roberto Lalli, Robert Rynasiewicz, Matthias Schemmel und anderen durchgeführt. Von diesen Arbeiten mache ich in diesem Buch ausgiebigen Gebrauch.

Langzeitstudien der Wissensgeschichte

Die Forschungsarbeiten, auf denen dieses Buch aufbaut, beschränkten sich jedoch keineswegs auf die Mechanik. Wesentliche Beiträge leisteten die Untersuchungen zur Geschichte von Charles Darwins Evolutionstheorie von Wolfgang Lefèvre und zur Geschichte der Chemie von Ursula Klein, insbesondere ihre Arbeit zu den Ursprüngen der modernen Chemie im praktischen Wissen und zur Verwendung von chemischen Formeln als »Papierwerkzeugen« in der Transformation des wissenschaftlichen

Wissens. Zudem haben Kleins Einsichten hinsichtlich der Beziehung zwischen wissenschaftlicher und industrieller Revolution (insbesondere die Rolle der »Technowissenschaften« und der hybriden Experten betreffend) zusammen mit Beiträgen von Wolfgang Lefèvre und Matteo Valleriani unser Verständnis der gesellschaftlichen Voraussetzungen und Implikationen des wissenschaftlichen und technischen Wissens vertieft.⁹

Im Rahmen unseres umfassenden Gemeinschaftsunternehmens wurden zudem zwei maßgebliche Langzeitstudien durchgeführt: eine zur Epistemologie des Raums und eine zur Wissensgeschichte der Architektur, also zur Geschichte des Wissens, das den großen architektonischen Errungenschaften der Vergangenheit zugrunde lag. Im Rahmen des Exzellenzclusters TOPOI untersuchte eine Forschungsgruppe unter Leitung von Matthias Schemmel die Wechselbeziehung von Erfahrung und Reflexion in der historischen Entwicklung des räumlichen Wissens von der Kognition der Primaten bis zur modernen Wissenschaft.¹⁰ Die zweite systematische Langzeitstudie widmete sich der Wissensgeschichte der Architektur vom Neolithikum bis zur Renaissance.¹¹ Sie beruhte auf der Zusammenarbeit mit einem anderen Max-Planck-Institut, der Bibliotheca Hertziana in Rom, und wurde von Wilhelm Osthus und Hermann Schlimme geleitet.

Studien zur Wissenszirkulation

Ein Forschungsprojekt zur Globalisierung des Wissens und ihren Folgen untersuchte kulturübergreifende Prozesse des Wissenstransfers und der Wissenszirkulation. Daran beteiligt war ein ganzes Netzwerk von Wissenschaftlern aus höchst unterschiedlichen Disziplinen und mit vielfältigen historischen Spezialge-

bieten. Entwickelt wurde eine Taxonomie für die systematische Analyse historischer Prozesse des Transfers und der Transformation von Wissen. An dem Projekt wirkten unter anderem Peter Damerow, Kostas Gavroglu, Gerd Graßhoff, Malcolm Hyman, Daniel Potts, Mark Schiefsky und Helge Wendt mit. Einige der von mir gemeinsam mit Malcolm Hyman verfassten Texte (vier Überblicksdarstellungen, die erstmals 2012 in einem Sammelband zu den Ergebnissen des Forschungsprojekts erschienen) sind an verschiedenen Stellen in die vorliegende Studie eingeflossen.¹² Tragischerweise verstarb Malcolm vor Vollendung dieses Bandes.

Unsere Untersuchung der Globalisierung des Wissens wurde durch kulturübergreifende Vergleiche und weitere ausführliche Studien zum Wissenstransfer insbesondere zwischen der westlichen, der chinesischen und der islamischen Wissenschaft bereichert. Der Vergleich mit der außereuropäischen Wissenschaft beruht im Fall Chinas auf der Zusammenarbeit mit Matthias Schemmel, Zhang Baichun, Tian Miao und William Boltz und wurde im Rahmen der Kooperation zwischen der Max-Planck-Gesellschaft und der Chinesischen Akademie der Naturwissenschaften gefördert.¹³ Im Fall der islamischen Wissenschaft stütze ich mich im Anschluss an frühere Arbeiten mit Mohammed Abatouy und Paul Weinig im Wesentlichen auf gemeinsame Untersuchungen mit Sonja Brentjes.¹⁴ Diese Studien entstanden im umfassenderen Zusammenhang des Projekts »Convivencia«, einer gemeinsamen Initiative des Kunsthistorischen Instituts Florenz, des Max-Planck-Instituts für Wissenschaftsgeschichte, des Max-Planck-Instituts für Rechtsgeschichte und Rechtstheorie und des Max-Planck-Instituts für ethnologische Forschung.

Meine Mitarbeit im DFG-Sonderforschungsbereich 980 (»Epi-
systeme in Bewegung«) der Freien Universität Berlin hat mir entscheidende Impulse für die konkrete Ausgestaltung von Begriffen gegeben, die hier von zentraler Bedeutung sind, etwa dem der Wissensökonomie. Das Globalisierungsprojekt regte zudem

die Auslotung neuer methodischer Ansätze zu Fragen des Transfers und der Verbreitung von Wissen an, insbesondere der sozialen Netzwerkanalyse, wozu Malcolm Hyman, Roberto Lalli, Matteo Valleriani und Dirk Wintergrün entscheidende Beiträge leisteten, auf die ich mich hier stütze.¹⁵

Allgemeinere Wissenskontexte

Da die Geschichte des wissenschaftlichen Wissens nur vor dem Hintergrund anderer, elementarerer Wissensformen zu verstehen ist, haben wir zudem Studien zum intuitiven und praktischen Wissen in verschiedenen Kulturen durchgeführt und gefördert. So hat etwa Katja Bödeker vergleichende Feldforschungen in Deutschland und Papua-Neuguinea betrieben und in einer Studie die Entwicklung intuitiver Auffassungen von Kraft, Bewegung, Gewicht und Dichte untersucht.¹⁶ Ein umfassend dokumentiertes Beispiel für ein indigenes Volk und sein (mechanisches und sonstiges) Wissen verdanken wir der Arbeit von Wulf Schiefenhövel und seinen Kollegen, die sich den Eipo, einem Volk im abgelegenen Bergland Neuguineas, widmeten. Darüber hinaus haben wir auch auf Grundlage archäologischer Funde Untersuchungen zum praktischen Wissen unternommen; so beschäftigte sich bis vor kurzem im Rahmen des Exzellenzclusters TOPOI eine interdisziplinäre Forschungsgruppe unter der Leitung von Jochen Büttner mit einer systematischen Rekonstruktion der Wägetechniken in der antiken Welt. Das mit diesen verbundene praktische Wissen haben Peter Damerow, Matthias Schemmel und ich bei Feldforschungen in Italien und China erkundet, und in einem Bericht über die handwerkliche Herstellung von Waagen zusammengefasst.¹⁷

Die Interpretation der Wissensgeschichte aus einer evolutionä-