

Otto Sager



Technik als Motor des wissenschaftlichen Fortschritts

Zur Geschichte der Naturwissenschaften

Das Buch

Wir alle sind Nutzniesser des wissenschaftlichen Fortschritts. Doch wie entsteht wissenschaftlicher Fortschritt? - Sind es einzelne hochbegabte Männer und Frauen, welche für den Fortschritt verantwortlich sind? - Wir kennen Namen wie Galilei, Newton, Marie Curie oder Einstein, die Grosses geleistet haben und heute Kultstatus besitzen. Doch sie konnten diese Leistungen nur erbringen, weil viele andere, meist unbekannte Menschen, enorme Vorarbeit geleistet haben. Die Zeit musste reif sein, und sie wurde reif, weil neue technische Möglichkeiten vorhanden waren, mit denen alte Vorstellungen über Bord geworfen werden konnten und so neuen Platz machten. Galilei konnte die Jupitermonde nur entdecken, weil die Kunst des Linsenschleifens damals einen hohen Stand erreicht hatte. Davon erzählt dieses Buch. - Aber wo sind die Grenzen des Wissens? - Gibt es eines Tages die Weltformel, mit der man alles erklären kann, oder bleibt unser Wissen Stückwerk? - Auch davon berichtet dieses Buch.

Autor

Otto Sager; Dr. sc. nat, geboren 1938 in Zürich, humanistisches Gymnasium in Einsiedeln, Studium der Physik an der ETH-Zürich. Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Hochfrequenztechnik der ETH, später Ingenieur-Physiker in der Industrie. Weiterbildung in Betriebswirtschaft (Stanford University, USA). Leiter der Stabsabteilung Planung und Organisation in einem schweizerischen Industriekonzern. Seit 1992 selbstständig als Unternehmensberater und in der Management - Ausbildung tätig. Lebt heute in Zollikerberg bei Zürich im Ruhestand.

Inhalt

Vorwort

1 Weltbilder und Denkmuster

Das naive Bild von der Wissenschaft - Werkzeuge und Denkvermögen - Priester und Philosophen - Revolutionen und Paradigmawechsel - Mathematik und Physik - Grundvoraussetzungen für wissenschaftlichen Fortschritt

2 Handwerklich-technische Entwicklungen

Von Euklid bis Leonardo da Vinci - Metallbearbeitung - Glasbearbeitung - Fotografische Technik - Licht- und Wärmequellen - Agrotechnik

3 Verfahrenstechnik

Dampfmaschinen - Chemische Verfahrenstechnik - Kältetechnik - Hochvakuumtechnik - Kristallziehen und Zonenschmelzen

4 Automation und Kommunikation

Automaten - Fernmeldetechnik - Computertechnik

5 Trade-off - Technologien

Die S-Kurve - Die Trade-offs der Energietechnik - Nanotechnologie - Genomik

6 Denkzeuge

Wo und wann braucht es Management? - Projektmanagement - Projektfinanzierung - Center of Excellence - Management komplexer Systeme

7 Wissenschaftlicher Fortschritt und Grenzen

Grenzen erweitern - Grenzen respektieren -
Gesetzmässigkeiten - Babylonische Wissenschaften
- Fortschrittsglaube

Anhang

Personenverzeichnis

Literaturverzeichnis

Stichwortverzeichnis

Vorwort

Im Jahre 2011 publizierte ich das Buch ‚Werkzeuge und Denkzeuge‘ mit dem Untertitel ‚Wissenschaftlicher Fortschritt aufgrund handwerklicher und technischer Entwicklungen‘. Was Werkzeuge sind ist allgemein bekannt. Handwerker brauchen seit jeher Werkzeuge wie Zangen, Bohrer, Hammer und Schraubenzieher. Später baute man Werkzeugmaschinen, mit denen man komplizierte Gegenstände und Anlagen baute. In diesem Buch habe ich gezeigt, wie solche Fertigkeiten notwendig waren, damit man mit neueren Messtechniken und -methoden neuere Forschungen durchführen konnte. Die moderne Physik braucht aber immer grössere und aufwendigere Anlagen, um ihre Forschungen durchführen zu können. Man denke nur an den ‚Large Hadron Collider‘ im Forschungszentrum CERN bei Genf. Damit solche Grossanlagen realisiert werden können, braucht es ein professionelles Management. Dazu braucht es Denkzeuge, wie zum Beispiel die Instrumente des Projektmanagements. Der Begriff ‚Denkzeuge‘ fand in den 80er Jahren sowohl bei der Softwareentwicklung als auch beim vernetzten Denken im Management grosse Verbreitung. Im Jahre 1987 publizierte Klaus Haefner et al. im Birkhäuser Verlag ein Buch unter dem Titel ‚Denkzeuge‘. Erstaunlicherweise konnte die Firma Chiemsee Denkzeuge GmbH im Jahre 1997 den Begriff ‚Denkzeuge‘ als Wortmarke in Deutschland schützen lassen. Da diese Firma 2014 gegen den Verkauf meines Buches mit dem obigen Titel Einspruch erhob, habe ich mich um Rechtsstreitigkeiten zu vermeiden nach Absprache mit dem Verlag BoD entschlossen, das Buch unter dem Titel ‚Technik als Motor des wissenschaftlichen Fortschritts‘ neu heraus zu geben. Dabei habe ich einige Kürzungen bei der Bildergalerie vorgenommen und die Zeittafeln weggelassen. In der Zwischenzeit habe ich ein

weiteres Buch unter dem Titel ‚Physik in nullter Näherung‘ publiziert, welches vor allem die in Abschnitt 7 gemachten Aussagen vertieft. Die beiden Bücher ‚Technik als Motor des wissenschaftlichen Fortschritts‘ und ‚Physik in nullter Näherung‘ bedingen sich gegenseitig, auch wenn sie unabhängig voneinander gelesen werden können.

Zollikerberg, im April 2014 Otto Sager

Vorwort zu ‚Werkzeuge und Denkzeuge‘

Wieso hat Galileo Galilei im Januar des Jahres 1610 vier Jupitermonde entdeckt? – Auf diese einfache Frage gibt es unterschiedliche Antworten. Hier einige Möglichkeiten:

- Weil Galilei ein Astronom war, der genau und systematisch arbeitete. Er beobachtete alle Planeten, und er entdeckte beim Jupiter die vier Monde.
- Weil Galilei ein überzeugter Anhänger des heliozentrischen Systems war. Er suchte nach einem Beweis, der seine Auffassung stützte.
- Weil Galilei ein streitbarer Mensch war. Ihm ging es nicht primär um wissenschaftliche Fragen. Er suchte nach Argumenten, um seine Gegner lächerlich zu machen, was er dann auch in seinem ‚Dialogo‘ ausführlich tat. So hiess der Vertreter des ptolemäischen Systems Simplicio, was die Absicht von Galilei deutlich zeigt.
- Weil Galilei das eben vom holländischen Brillenmacher Jan Lippershey erfundene Fernrohr kopierte. Er probierte aus, was man mit dem neuen Instrument alles sehen konnte.

Wenn auch alle Erklärungsversuche einen wichtigen Aspekt und eine bestimmte Wahrheit enthalten, so ist doch mit aller Deutlichkeit festzustellen, dass zuerst die hohe Kunst des

Linsenschleifens soweit fortgeschritten sein musste, dass man Fernrohre bauen konnte. Es war also der handwerkliche, technische Fortschritt, der zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen führte.

Ebenso bedeutend wie die astronomischen Beobachtungen ist die Vorgehensweise von Galilei. Die bis dahin vorherrschende Denkweise war philosophischer Natur und ging auf Aristoteles zurück. Dabei stand die Sinnfrage im Zentrum: Warum geschieht etwas? - Und Aristoteles gab dazu vier Ursachen an, die gleichzeitig wirkten.

Galilei fragte demgegenüber nicht mehr nach dem ‚warum‘; er und später auch Newton fragten nach dem ‚wie‘. Galilei war der erste moderne Experimentalphysiker, der von der Beobachtung ausging und so auch die Fallgesetze erforschte. Dabei scheute er sich auch nicht vor Aussagen, die dem gesunden Menschenverstand widersprachen. Und das ist bis heute so in der Physik. Wenn im Folgenden der Fokus mehr auf technische Entwicklungen und ihre Konsequenzen als auf die grossen Persönlichkeiten und ihre wissenschaftlichen Leistungen gelegt wird, so soll damit beim Leser vor allem das Verständnis für die geschichtlichen Vorgänge geweckt werden. Fundamentale Erkenntnisse sind dabei nicht zu erwarten, und ich kann auch keinen Anspruch auf Neuheit erheben.

Die erste Anregung, diesem Aspekt in der geschichtlichen Entwicklung nachzugehen, habe ich während meines Physikstudiums an der ETH in Zürich erhalten. Markus Fierz, Professor für theoretische Physik und ein sehr gebildeter Mann, verfiel während seiner Vorlesungen gerne ins Plaudern. Und so kam er auf die Kupferstiche von Albrecht Dürer zu sprechen. Er riet uns, diese genau zu betrachten. Wenn man die feinen Striche sehe, dann verstehe man, dass Tycho Brahe Instrumente bauen lassen konnte, die eine viel

feinere Skaleneinteilung hatten als die älteren Exemplare. Damit waren auch viel genauere Daten über den Lauf der Gestirne möglich. Leider war es dann so, dass die Notizen aus der Vorlesung von Prof. Fierz zur Vorbereitung der Examina nicht sehr hilfreich waren. Ich musste deshalb ein Lehrbuch kaufen, das mich systematisch ins Fachgebiet einführte. - Heute, aus einiger Distanz, bin ich um beide Erfahrungen froh, um das Lehrbuch, auch wenn es suggeriert, dass die Wissenschaft eine rein logische Angelegenheit sei, und auf den Hinweis, dass wissenschaftliche Arbeit immer in einem gesellschaftlichen und kulturellen Kontext stattfindet. Die Bildung von Städten und das Aufblühen des Handwerks, das in den Zünften gepflegt wurde, sind dafür ein Beispiel. Auch die industrielle Revolution nach der Erfindung der Dampfmaschine zeigt diesen Zusammenhang. Diese Erfindung eröffnete dann ganz neue Wissensgebiete: die Thermodynamik und die Volkswirtschaftslehre.

Teil 1 und Teil 7 bilden den Rahmen zu diesem Buch. In Teil 1 wird gezeigt, wie Denkmuster entstehen und welche Folgen sie haben. Im siebten und letzten Teil versuche ich, die Grenzen aufzuzeigen, an die man mit der wissenschaftlichen Tätigkeit gestossen ist, und ich konnte es nicht lassen, auf die grossen Probleme und Fragen hinzuweisen, die wir als Menschheit bisher nicht zu lösen imstande waren. Die dazwischen liegenden Kapitel haben mehr erzählenden Charakter und reichen vom Handwerk über Physik bis zu modernen Techniken, wobei auch ein Abstecher ins Management nicht fehlt

Zollikerberg, Januar 2011

Otto Sager

(osager@hispeed.ch)

1

Weltbilder und Denkmuster

1.1 Das naive Bild von der Wissenschaft

Wenn man Leute auf der Strasse fragt, was Wissenschaft sei, so wird man meist keine genaue Antwort erhalten. Manche werden wissen, dass man für wissenschaftliche Leistungen in Physik, Chemie oder Medizin einen Nobelpreis bekommen kann, einige werden bekannte Namen von Wissenschaftlern wie Röntgen, Einstein oder Madame Curie nennen, und viele werden an den permanenten wissenschaftlichen Fortschritt glauben. Danach wäre der Lauf der Wissenschaft ein Prozess, bei dem Fakten, Theorien und Methoden gesammelt und kombiniert werden und die so zu neuen Erkenntnissen führen. Will man selbst ein Wissenschaftler werden, so muss man das gesammelte Wissen für das gewählte Fachgebiet genau studieren und die anzuwendenden Methoden erlernen. So sind auch die Studiengänge an den Universitäten aufgebaut.

Fragt man Fachleute oder zieht man ein Lexikon zurate, dann wird Wissenschaft *„als System von methodisch gesicherten, objektiven Sätzen über einen Gegenstandsbereich“* definiert. Dabei soll anstelle einer naiven Erklärung der Wirklichkeit eine objektive Erfassung und Beschreibung vorgenommen werden. Wissenschaft wird zwar von Menschen gemacht. Im Gegensatz zu den Künstlern, seien es Musiker, Maler oder Dichter, interessiert das Leben der Wissenschaftler nur wenige. Sie gelten als seltsame Käuze, die in einem Elfenbeinturm leben und die

den Kontakt zum normalen Leben verloren haben. Je verschrobener desto genialer muss der Wissenschaftler sein. Zuoberst in der Hierarchie kommen die Theoretiker, zu denen der vergessliche Professor gehört. Er arbeitet gemäss dieser Vorstellung vor allem mit dem Kopf und findet durch Nachdenken neue Erkenntnisse. Diese können dann, falls es sich um Naturwissenschaften handelt, durch Experimente überprüft, verifiziert oder falsifiziert werden, und dann geht der abstrakte Denkprozess weiter. Aufbauend auf den Experimenten kann nachher überprüft werden, ob auch ein praktischer Nutzen aus diesem wissenschaftlichen Fortschritt gezogen werden kann. Wenn ja, führt das zu technischen Anwendungen und Erfindungen und dient dann der Allgemeinheit. Dies ist das naive Bild der Wissenschaft¹

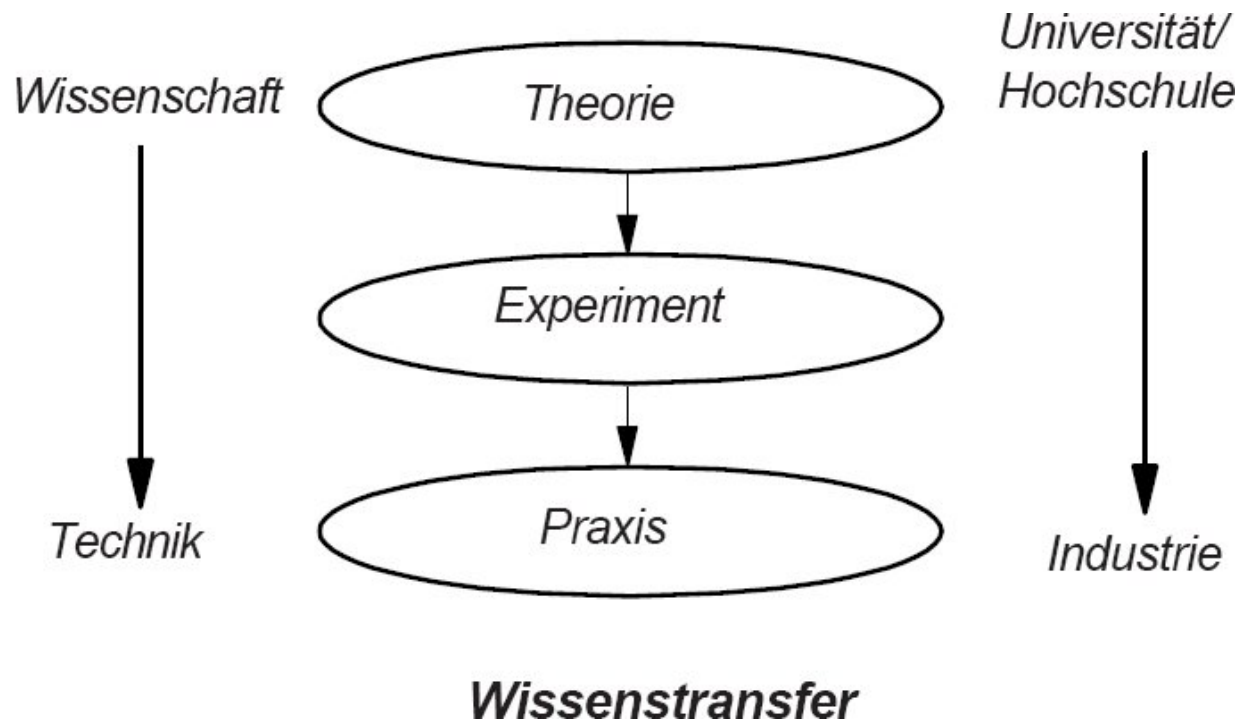


Abb. 1: Das naive Bild der Wissenschaft

Dieses Bild ist insofern naiv, dass heute die meisten Impulse zur wissenschaftlichen Forschung aus der Industrie kommen. Das Hauptmotiv der Industrie für die Zusammenarbeit mit den Hochschulen ist das Kennenlernen, junger, talentierter Forscher und Ingenieure.

Einen gänzlich anderen Ansatz entwirft T.S. Kuhn in seinem grundlegenden Werk ‚Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen‘. Dabei zeigt er auf, dass die Geschichte der Wissenschaft kein kontinuierlicher Prozess ist. Der scheinbar gleichmässige Fluss wird – wenn die Zeit reif ist – durch Revolutionen unterbrochen, die sogar zu einem neuen Weltbild führen können. Die Wirklichkeit kann demnach nie durch eine Theorie vollständig eingefangen und erklärt werden, und es ist die Praxis, die immer wieder zu Korrekturen führt. In diesem Buch wird diese Sicht der Dinge an verschiedenen Beispielen erläutert. Am bekanntesten sind die kopernikanische Revolution aufgrund genauerer Beobachtungen und Messungen und die industrielle Revolution durch die Erfindung der Dampfmaschine. Ebenso bedeutend ist die Siliziumtechnologie, wodurch erst die Verbreitung der Computer und des Internets möglich wurde.

Seit Urbeginn versuchen die Menschen gemäss dem biblischen Auftrag, sich ‚die Erde Untertan‘ zu machen und sie zu beherrschen. Dazu braucht der Mensch nicht nur seinen Geist, sondern auch die Arbeit seiner Hände, die durch die Entwicklung von Werkzeugen erleichtert wird. Und so war es die Entwicklung neuer und besserer Werkzeuge und Vorrichtungen, welche die tägliche Praxis verbessert hat. Und mit Hilfe solcher Werkzeuge waren oft Beobachtungen und Messungen möglich, die dann wissenschaftliche Theorien zum Einsturz brachten.

1.2 Werkzeuge und Denkvermögen

Ähnlich wie die Vorstellungen von der Wissenschaft sind die gängigen Ansichten über das Denkvermögen des Menschen. Wir kennen die Schöpfungsgeschichte der Bibel, nach der Gott den Menschen nach seinem Ebenbild geschaffen und ihm die Seele eingehaucht hat. Diese Aussage mit tief religiöser Bedeutung soll hier nicht in Zweifel gezogen werden. Die Botschaften der Bibel sind aber keine naturwissenschaftlichen Erkenntnisse. Demgegenüber kann die Evolutionslehre Anspruch auf Wissenschaftlichkeit erheben. Wie kam es aber zur Entwicklung des Grosshirns, auf der das Denkvermögen des Menschen basiert? Hat sich aufgrund des Zufalls zuerst das Grosshirn gebildet, wodurch der Mensch fähig wurde, Werkzeuge zu gebrauchen? – Die Evolutionsgeschichte lehrt uns heute eine andere zeitliche Abfolge. Der evolutionäre Vorteil gegenüber den Menschenaffen ergab sich durch die Entwicklung des opponierenden Daumens. Dadurch war und ist ein festes Zugreifen mit der Hand möglich, eine Voraussetzung für das Benutzen von Werkzeugen und für präzise Feinarbeit. Um den Gebrauch dieser Werkzeuge immer besser koordinieren zu können, entwickelte sich im Verlaufe der Jahrtausende das Grosshirn und mit ihm das Denkvermögen. Dabei ergab sich eine wechselseitige Beziehung: Je besser der Gebrauch der Werkzeuge wurde, desto besser entwickelte sich das Hirn, und je besser das Denkvermögen wurde, desto besser konnten Werkzeuge gebraucht und neue entwickelt werden.

Im Rahmen der Ausführungen dieses Buches geht es um diese Art von Wechselwirkungen, wobei sowohl Fortschritte aufgrund des abstrakten Denkens als auch aufgrund besserer manueller und technischer Fähigkeiten erzielt wurden. Dabei soll das Augenmerk vor allem auf den zweiten Fall gelegt werden, da dies den meisten Lesern weniger bewusst ist. Damit soll gezeigt werden, dass wissenschaftlicher Fortschritt nicht nur das Resultat genialer Leistungen einiger Weniger ist, sondern auch das Resultat

vieler Entwicklungen und Verbesserungen durch Menschen, deren Namen längst vergessen gegangen sind.

1.3 Priester und Philosophen

Sammler, Jäger und Ackerbauern schufen sich in der Folge Werkzeuge für ihren Gebrauch. Sammler waren wohl die Ersten, die Pflanzen in Kategorien einordnen konnten – essbar, ungeniessbar, giftig – und die ihr Wissen auch weiter gaben und so den Kern zur phänomenologischen Betrachtung der Naturerscheinungen legten. Ihre Nachkommen sammeln noch heute Heilkräuter und setzen sie im Rahmen der Alternativmedizin erfolgreich ein.

Jäger brachten Materialkenntnisse, um wirksame Speere in grösserer Zahl herzustellen, die sie sehr bald auch für kriegerische Zwecke benutzten. Ackerbauern fingen an, Pflanzen und Tiere zu züchten und brauchten Vorratskammern für ihre Früchte. Sie verstanden dadurch intuitiv Statik und Baukunst.

Sammler, Jäger und Ackerbauern fingen aber auch an, nachzudenken und sich Fragen zu stellen, Fragen zu Geburt, Leben und Tod, zu Glück und Unglück, Schicksal und Umwelt. Antworten fanden sie in Mythen und Göttern, die über den Menschen standen. Es brauchte Priester als Vermittler zwischen den Göttern und Menschen und es entstanden Kulte und Rituale. Priester nahmen immer eine besondere Rolle ein, den sie sagten, was der Wille der Götter sei. An ihrer Autorität durfte man nicht zweifeln und ihre Antworten erhoben den Anspruch auf endgültige Wahrheit.

Dann entstanden Kulturen und Staaten, die das Zusammenleben der Menschen durch Normen und Gesetze regelten². Auch hier wurden zuerst die Priester und dann die

Beamten mit der Verwaltung betraut, die so ihre Vormachtstellung weiter ausbauen konnten. Es gab aber auch immer wieder Leute, die trotz der Antworten der Priester weiter Fragen stellten. Dass diese Philosophen ihre Fragerei mit dem Leben bezahlen mussten, war schon in der Antike so, und Sokrates musste wegen angeblicher Gottlosigkeit und Verführung der Jugend den Schierlingsbecher trinken.

Die Philosophen entwickelten ihre Weltsicht, hatten ihre modellhaften Vorstellungen und beobachteten aus diesem Blickwinkel die Natur. So konnten sie auch Theorien zu physikalischen Vorgängen entwickeln und sie dachten über Ursache und Wirkung nach. Gemäss Sokrates sollte sich die Philosophie vor allem mit ethischen und politischen Fragen auseinandersetzen. Das Verständnis und die Beobachtung der Naturvorgänge hielt er für unwichtig. Platon orientierte sich stark an den Auffassungen der Pythagoräer, für die Zahlen mythischen Charakter hatten. Himmelskörper mussten demnach göttliche und unvergängliche Wesen sein, deren Bewegungen vollkommen gleichmässig und kreisförmig verliefen. Bekannt ist Platons Höhlengleichnis. Menschen können zwar nur die Schatten von Gegenständen oder Lebewesen erkennen. Das wahre Ich dieser Erscheinungen (ihre Idee) ist einmalig und unveränderlich. Aristoteles übernahm von Anaximandros die Lehre von den vier Elementen, aus denen alle Dinge der Natur zusammengesetzt seien: Erde, Wasser, Luft und Feuer. Ebenso vertrat er die Lehre des Hippokrates, der die Vier-Säfte-Lehre als die Basis der Medizin ansah: Blut, Schleim, schwarze und gelbe Galle.

Aristoteles teilte die Lebewesen in drei Klassen ein: Pflanzen mit einer vegetativen Seele, Tiere mit einer animalischen Seele und Menschen mit einer Vernunftseele. Diese Lehren wurde später dann von Claudius Galenus weiter verfeinert.

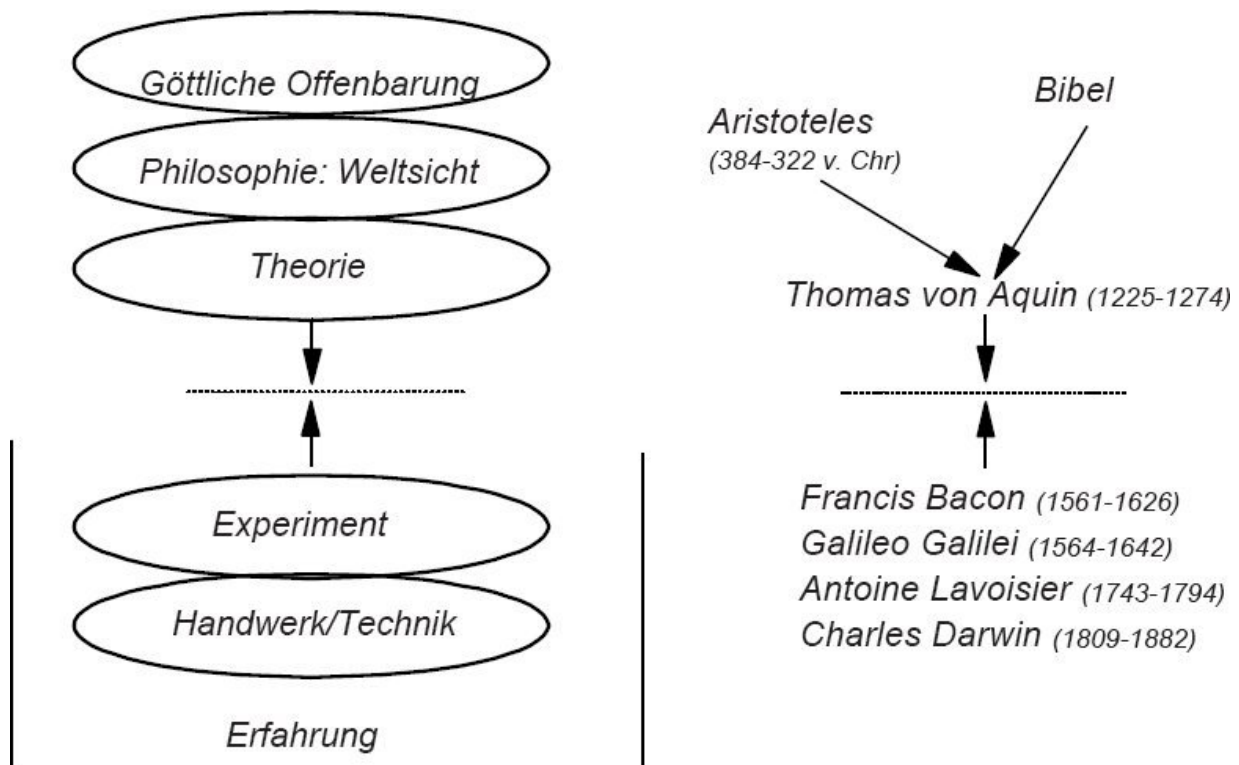
Er vertrat die Ansicht, dass der nützliche Teil der aufgenommenen Nahrung über die Leber geleitet und dort zu dunklem Blut verarbeitet würde. Unbrauchbare Stoffe würden zur Milz wandern und dort in schwarze Galle umgewandelt. Auch über die Atmung und die Herztätigkeit machte er Aussagen, die heute nur schwer nachvollziehbar sind. Seine Vorstellungen waren aber äusserst einflussreich und beherrschten die Medizin durch das ganze Mittelalter hindurch. Aristoteles nahm an, dass die Substanz des Himmels von der irdischen Materie absolut verschieden sei. Er vertrat die Auffassung, dass irdische Körper nur so lange in Bewegung gehalten werden können, wie sie in unmittelbarer Berührung zu einem auf sie einwirkenden Bewegter ständen. Wenn zum Beispiel ein Stein von seinem Katapult abgeschossen wurde, dann wurde der Stein nach dieser Auffassung durch die Luft in Bewegung gehalten, welche hinter ihm her strömte, um die Bildung eines Vakuums zu verhindern. Ein Vakuum konnte nach seiner Lehre nicht existieren, da der Raum immer mit Materie gefüllt sein musste. Aristoteles war aber nicht ein Philosoph, der nur in geistigen Höhen schwebte. Er machte sich auch die Mühe, Insekten und andere Tiere zu beobachten und zu beschreiben. Etwas verwirrend sind die Ansichten von Aristoteles zur Kausalität. Er unterscheidet zwischen der Materialursache, der Formalursache, der Wirkursache und der Zweckursache. Die Zweckursache kennen wir heute höchstens noch bei den Zielen, die in einem konkreten Projekt verfolgt werden sollen. Im täglichen Leben geht man aber immer noch von der Wirkursache aus: Alles, was geschieht, hat seinen hinreichenden Grund. Bis heute hat Aristoteles grosse Bedeutung durch seine ethischen Forderungen. Nach ihm sind Gerechtigkeit, Klugheit, Tapferkeit und Mass die vier Kardinaltugenden, die zum ethisch sinnvollen Leben gehören. Das Weltbild des Aristoteles wurde später noch ergänzt und abgerundet durch das kosmologische Modell des Ptolemäus.

Aristoteles und mit ihm Galenus und Ptolemäus erlitten das Schicksal, dass sie nicht mehr wegen der von ihnen aufgeworfenen Fragen, sondern wegen ihrer Antworten zu unanfechtbaren Autoritäten wurden. Dadurch nahmen sie eine ähnliche Stellung wie die Priester ein. Mit der Christianisierung des Abendlandes standen die Bibel und ihre Auslegung durch die Kirche im Zentrum des Denkens und Handelns. Als dann im Hochmittelalter Thomas von Aquin sein theologisches Gebäude aufbaute, welches die christliche Theologie und die Aristotelik in sich vereinigte, hatten die römische Kirche und ihre Leiter, die Päpste, nun ein geschlossenes Werk in der Hand, mit dem man über ‚richtig‘ und ‚falsch‘ entscheiden konnte. Thomas war im Gegensatz zu seinem Lehrer Albert der Grosse kein Philosoph, der Fragen stellte, er war Theologe, der endgültige Antworten geben wollte. Beide gehörten dem damals noch jungen Dominikanerorden an.

Die von ihnen entwickelten Vorstellungen standen in Konkurrenz zur Theologie und Philosophie eines Roger Bacon und William Ockham, die beide dem auch noch jungen Orden der Franziskaner angehörten. Bacon vertraute nicht blind den Autoritäten. Für ihn war Erfahrung (heute würden wir sagen ‚das Experiment‘) ebenso eine wichtige Quelle der Erkenntnis. Der etwas jüngere William Ockham, dessen Anschauungen auf dem Nominalismus basierten, bevorzugte zur Erklärung von Phänomenen jeweils das einfachste mögliche Modell³. Er vertrat unter anderem die Impetustheorie, nach der ein bewegter Körper einen Impetus besitze, der dann im Laufe der Bewegung aufgezehrt würde. Was sich heute so harmlos anhört, hatte aber damals ungeheure Sprengkraft. Damit wurde der Gottesbeweis von Thomas infrage gestellt, der von Aristoteles ausgehend behauptete, dass es einen ersten Beweger der Himmelskörper brauchen würde. Und das konnte nur Gott sein. Dieser habe – so nahm man an – eine

ganze Engelhierarchie (Cherubine, Seraphine usw.) damit beauftragt, die Himmelsphären in Bewegung zu halten. Nach Ockham brauchte es keine Engel, da die Planeten ihren Impetus bei der Schöpfung erhalten hätten. Die aufgeworfenen Fragen wurden aber nicht durch Diskussionen und Argumente zwischen den beiden Schulen entschieden. Viel bedeutender war der Armutsstreit zwischen den Franziskanern und der päpstlichen Kurie. Der Ordensgeneral Michael von Cesena war der Meinung, Armut müsse für die Kirche ein Gebot sein, da Christus arm war. Papst Johannes XXII war aus naheliegenden Gründen anderer Ansicht und sprach Thomas von Aquin heilig, womit der Fall entschieden war⁴.

Aristoteles und die biblische Offenbarung blieben für viele Jahre nicht nur die Richtschnur für christliches Leben und ethisches Verhalten, sondern sie waren auch Anleitung und Unterweisung zu allen wissenschaftlichen Fragestellungen. Das von Thomas vollendete Weltbild wurde von Leuten wie Francis Bacon, Galilei, Lavoisier oder Darwin mehrfach erschüttert, wobei dies nicht ohne heftige Nebengeräusche abging.



*Das mittelalterliche Weltbild der Scholastik
und seine Erschütterungen durch neue Erkenntnisse*

Abb. 2: Weltsicht oder Erfahrung?

1.4 Revolutionen und Paradigmawechsel

Handwerk und Technik basieren zuerst auf Erfahrung. Erfahrung geht über das rein phänomenologische Erfassen und Katalogisieren von Beobachtungen hinaus. Aus Erfahrung weiss man, wie man Werkzeuge herstellen und benutzen kann. Vieles lernt man durch Versuch und Irrtum, wobei man merkt, welche Materialien die gewünschten Eigenschaften haben und wie die Werkzeuge zu formen sind. Damit verbunden sind technische Experimente, wobei Regeln und Gesetzmässigkeiten abgeleitet werden können.

Wissenschaftliche Theorien gehen demgegenüber von Denkmustern oder – wie T.S. Kuhn sagt – von Paradigmen

aus. Sie haben damit die gleiche Tendenz wie die Theologie und die Philosophie und führen zu ähnlichen Verhaltensweisen. Das Paradigma leitet die Fachleute oder Wissenschaftler an, welche noch ungelösten Probleme mit welchen Methoden gelöst werden sollen, damit sie im Einklang mit dem Paradigma oder dem vorherrschenden Denkmuster stehen. Dabei darf das vorhandene Weltbild nicht infrage gestellt werden. Dies bezeichnet Kuhn als die *„normale Wissenschaft“*, die oft über lange Jahre erfolgreich Antworten auf die sich stellenden Fragen liefert. Der Wert des Paradigmas liegt nicht so sehr in der Prognose; er liegt darin, dass die zu lösenden Probleme, die zu lösenden Rätsel eingeschränkt werden und dass sich Regeln herausbilden, mit denen die Rätsel erfolgreicher gelöst werden können als mit anderen konkurrierenden Methoden⁵. Während des Vorherrschens einer normalen Wissenschaft erfolgen eine stetige Ausweitung des Wissens und eine immer höhere Exaktheit der wissenschaftlichen Messungen und Daten. Es ist eine Periode des Sammeins und des Katalogisierens von Phänomenen und Erkenntnissen, die aufgrund des Paradigmas schlüssig erklärt werden können. Die dazugehörige philosophische Theorie, der viele und bekannte Naturwissenschaftler anhängen, wird als logischer Positivismus bezeichnet. Nach Karl Popper besteht die Logik in der Forschung darin, dass Hypothesen aufgestellt werden, die sich dann durch Experimente testen lassen. Die Hypothese ist solange von Wert, als sie durch die Experimente bestätigt und verifiziert wird. Kann in einem Experiment gezeigt werden, dass die Hypothese falsch ist, so bringt diese Falsifizierung einen Fortschritt in der wissenschaftlichen Erkenntnis, und man kann eine neue, bessere Hypothese aufstellen.

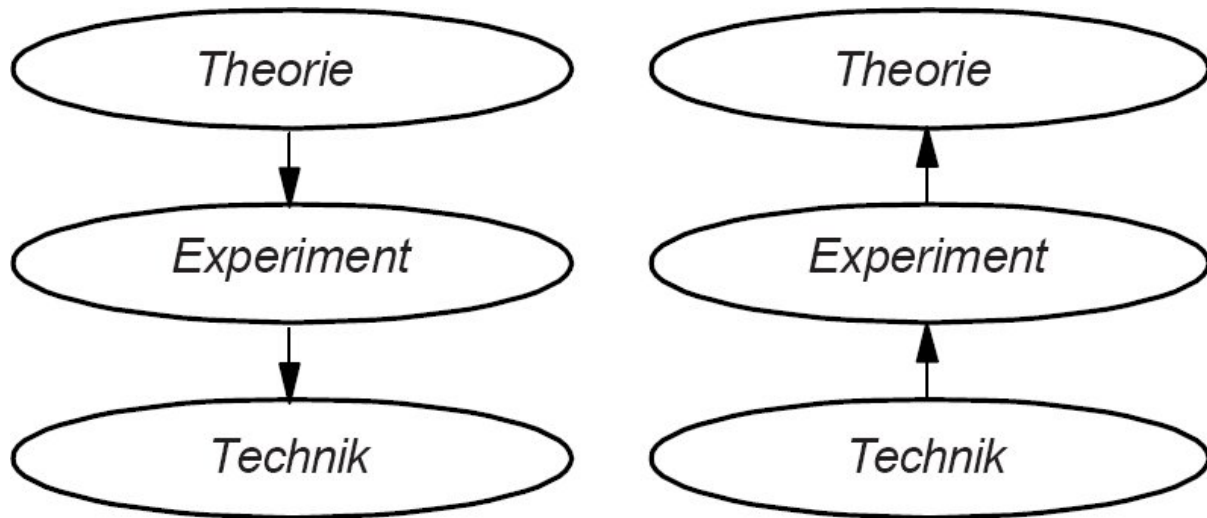
Hypothesen, Paradigmen und Denkmuster (man könnte auch von ‚Denkzeugen‘ sprechen) führen stets zu einem deduktiven (top-down) Vorgehen. Demgegenüber steht die

induktive Methode (bottom-up), die aus der Erfahrung ein allgemeines Prinzip (oder Paradigma) ableiten will⁶. Der Ansatz von Kuhn geht aber über das rein Methodische hinaus. Er geht von neuen Beobachtungen und scheinbar paradoxen Erscheinungen aus, die weder durch das vorherrschende Paradigma erklärt noch durch die üblichen Methoden der Wissenschaft entdeckt wurden. Solche paradoxe Phänomene wurden in den Naturwissenschaften oft durch neue, bessere Messmethoden entdeckt, die darauf beruhten, dass bessere technische Hilfsmittel zur Verfügung standen, die ein genaueres Beobachten ermöglichten. Man denke nur an Galileis Fernrohr, mit dem er die Jupitermonde beobachten konnte. Technische Entwicklungen sind deshalb in vielen Fällen eine Voraussetzung für wissenschaftlichen Fortschritt.

Ein Paradigma, das nicht mehr genügend Erklärungen liefert, führt die Gesellschaft, die einem solchen Denkmodell anhing, zwangsläufig in die Krise. Die gemachten neuen Entdeckungen und Erklärungen benötigen andere Modellvorstellungen, oft auch andere Wertvorstellungen und sie lösen wissenschaftliche Revolutionen aus. Dabei sind Konflikte zwischen der alten und der neuen Weltanschauung unausweichlich und sie werden mit grosser Heftigkeit ausgetragen. Dies führte zum Beispiel im Falle von Galilei zur Verurteilung durch die Kirche, in andern Fällen zu jahrelangen Streitigkeiten und unfruchtbaren Diskussionen zwischen den Gelehrten. Dabei verwendete jede Gruppe zur Verteidigung ihrer Position ihr eigenes Paradigma, was von der anderen nie akzeptiert werden konnte. Man könnte meinen, dass durch Logik und experimentelle Beweise ein objektiver Entscheid über das ‚richtige‘ Paradigma gefällt werden könne. Dies ist aber nicht so, da die Anhänger verschiedener Paradigmen die Welt durch eine andere Brille sehen.

Schon in der normalen Wissenschaft ist es eine grosse Kunst, Experimente so aufzubauen, dass sie ‚objektiv‘ richtige Resultate liefern. Mit der Verfeinerung der Messtechnik sollten an sich die Messfehler immer kleiner werden. Dabei wird mit jedem Experiment eine Frage an die Natur gestellt. Je nach Art der Fragestellung erhält man aber unterschiedliche Antworten, was vor allem in der Quantenphysik offensichtlich ist. Auch in der klassischen Physik sind das geplante Experiment und die daraus gefundenen Messresultate nie streng objektiv. Kuhn bemerkt dazu: *„Was während einer wissenschaftlichen Revolution geschieht, kann nicht vollständig auf eine neue Interpretation einzelner und stabiler Daten zurückgeführt werden. Zunächst einmal sind Daten nicht eindeutig stabil. Ein Pendel ist kein fallender Stein und Sauerstoff ist keine entphlogistizierte Luft. Folglich sind die von Wissenschaftlern gesammelten Daten über diese unterschiedlichen Objekte an sich schon verschieden.“*

Es braucht deshalb Zeit, bis die Anhänger des neuen Paradigmas in der Mehrzahl sind und dann den weiteren Gang der Wissenschaft bestimmen.⁷ Dies ist nicht nur in den sogenannten ‚exakten Wissenschaften‘ so, auch in den Geisteswissenschaften gibt es das gleiche Phänomen. So werden zum Beispiel historische Tatsachen stets aufgrund des gerade vorherrschenden Denkmusters beschrieben und interpretiert. Die gleichen Vorkommnisse werden deshalb zu verschiedenen Zeiten oft gänzlich unterschiedlich dargestellt und bewertet. ‚Objektivität‘ gibt es streng genommen nur innerhalb eines Paradigmas.



Normale Wissenschaft:
Erklärung aufgrund des
vorherrschenden Modells

Revolution/Paradigmawechsel:
Notwendigkeit einer neuen Theorie
zur Erklärung der experimentellen
Befunde

Abb 3: Normale Wissenschaft und Paradigmawechsel

Es lohnt sich deshalb, der Frage nachzugehen, wie handwerkliche und technische Entwicklungen dazu führten, dass neuere, bessere Beobachtungen gemacht werden konnten, wodurch alte Denkmuster überholt wurden und nachher neuen Platz machen mussten. Dabei spielen vor allem Erfindungen, aber auch Entdeckungen eine entscheidende Rolle. Erfindungen sollen hier für grosse und kleine Schritte stehen, die das handwerkliche und technische Können verbessert und verfeinert haben. Der Schutzgott der meisten Erfinder war sicherlich Mars. Viele wichtige und grosse Erfindungen dienten kriegerischen Zwecken. Das war schon so bei Archimedes, aber auch bei Leonardo da Vinci. Auch Radar und Weltraumtechnik als Beispiele aus neuerer Zeit hatten einen militärischen Beweggrund. Nebst Mars hat auch Merkur den Erfindungen Pate gestanden, wollte und will man doch durch Patente sich einen wirtschaftlichen Vorteil sichern. Venus und Minerva standen und stehen als Motivatorinnen im Hintergrund, was sehr zu bedauern ist.

1.5 Mathematik und Physik

Hier sei ein kurzer Hinweis auf die Bedeutung der Mathematik in der Physik gestattet. Die Mathematik hat sich schon mit Euklid und Pythagoras zu einer selbstständigen Wissenschaft entwickelt, die um ihrer selbst willen betrieben wird. Die Schönheit geometrischer Formen und stereometrischer Körper beflügelte den Geist der Antike, wobei auch die Gestirne solchen Bahnen folgen mussten. Euklid hat gezeigt, dass alle geometrischen Theoreme von einem Satz besonders einfacher Axiome abgeleitet werden können. Die selbstständige mathematische Wissenschaft geht bis heute von Axiomen aus und konzentriert sich auf Beweise innerhalb des Systems dieser Axiome. Feynman bezeichnet dies in seinem berühmten Buch ‚Vom Wesen physikalischer Gesetze‘ als die griechische Tradition der