



Leseprobe

Klaus Kornwachs

Philosophie für Ingenieure

ISBN (Buch): 978-3-446-44684-7

ISBN (E-Book): 978-3-446-44683-0

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44684-7>

sowie im Buchhandel.

### 3. Wissen und Erkennen vor Ort

#### Wie Wissenschaft zur Erkenntnis kommt

*»Werner Heisenberg war ein großer Wissenschaftler und Theoretiker. Seine bahnbrechenden Gedanken ersann er meist im Kopf...«<sup>14</sup>*

Was da so herrlich sprachlich entgleist ist, meint wohl, dass Werner Heisenberg (1901–1976) seinerzeit keine großen Hilfsmittel wie Computer oder umfangreiche Labore hatte. Als theoretischem Physiker standen ihm die Mathematik, physikalische Intuition sowie Bleistift und Papier zur Verfügung. Als er seinen mathematischen Formalismus der Quantentheorie beim Berechnen der Eigenschaften der von de Broglie vorgeschlagenen Materiewellen »entdeckte«, hatte er sich wegen eines Heuschnupfens von Göttingen nach Helgoland verzogen. Dort hatte er lediglich Bleistift und Papier dabei. Manchmal sind es eben äußere Umstände, die einem entscheidenden Gedanken zum Durchbruch verhelfen. René Descartes (1596–1656) saß während einer durch den Winter erzwungenen Pause des französischen Feldzuges gegen die protestantischen Truppen 1619 in Neuburg an der Donau in einem dieser großen Kaminöfen und wärmte sich, dachte über die Art und Weise nach, wie wir erkennen und kam auf seinen berühmten Satz: *»Ich denke, also bin ich.«*<sup>15</sup>

Es gibt verrückte Situationen, in denen Forscher, Erfinder und Entdecker ihre Sternstunden hatten – manchmal glaubt man an Zufall, der eine bestimmte Gedankenassoziation auslöst, manchmal ist

es ein Bild, das im Traum auftaucht – dem Chemiker August Kekulé (1829–1896) diene das Bild einer Schlange, die sich selbst in den Schwanz beißt, als Anregung für seine richtige Hypothese über die Strukturformel des Benzolrings.

Wie wir erkennen, ist nicht nur eine spannende philosophische Frage, die schon Platon umgetrieben hat. Es ist von enorm praktischer Bedeutung. Jedes Mal, wenn wir etwas lernen, haben wir eine ganze Reihe von Erkenntnisschritten zuvor absolviert – denn was wir nicht verstanden haben, ist schlecht zu behalten und noch schlechter zu lernen. Und manchmal ist eine Entdeckung in uns selber ein schlagartiger Übergang vom Nicht-Verstehen zum Verstehen.

## Wie wir erkennen

Wie so oft im Lauf der Geschichte, haben sich aus philosophischen Fragen wissenschaftliche Disziplinen gebildet und diese haben dann zum Teil der Philosophie die Antwortversuche abgenommen. So auch in der Frage nach der Erkenntnis: Das Modell, wonach Erkenntnisse wie Tauben in einem Taubenschlag in unseren Geist hineinkommen und ihn auch wieder verlassen, das wir in einem von Platon fingierten Gespräch zwischen dem Mathematiker Theaitetos und Sokrates finden,<sup>16</sup> ist von der Psychologie und der heutigen Kognitionsforschung abgelöst worden. Manchmal hört man dann die Behauptung, alle Gedanken und alle Erkenntnis, aber auch alles Wahrnehmen und unsere Gefühle, ja letztlich unser Selbstbewusstsein sei nichts anderes als neurophysiologische, also biochemische und elektrische Prozesse in unserem Gehirn. Es ist zwar richtig: Von diesen Untersuchungen her wissen wir eine ganze Menge, was sich im Gehirn abspielt, wenn wir ein Bild erkennen, einen Satz oder eine Formel verstehen oder über einen Witz lachen. Trotzdem bleiben entscheidende Fragen offen – z. B. wie wir Erkenntnisse aus Erfahrungen verdichten, wie sie uns zu Bewusstsein kommen, wie es kommt, dass wir jetzt etwas verstanden haben und uns dessen auch sicher sein

können, und vor allem wie es kommt, dass wir uns selbst beim Denken beobachten können.

Und da kann die Philosophie durchaus liefern, indem sie eine Theorie der Wahrnehmung – allerdings nicht auf neuronal-kognitiver Ebene – entwickelt hat. Diese berücksichtigt eine Reihe von Faktoren, an die wir beim Zuhören, beim Lesen, beim Beobachten, beim Probieren und Austesten meist nicht denken, weil sie mit der »Sache« nichts zu tun zu haben scheinen.

Das erste, was auffällt, ist, wie sehr uns unsere Wahrnehmung täuschen kann – die optischen Täuschungen sollten uns ein Warnsignal dafür sein, dass es mit den anderen Sinnen auch nicht so weit her ist. »Sehen« allein ist nicht hinreichend.

So kennen wir den Effekt, dass man zuweilen das versteht, was man gern hören möchte, obwohl der andere etwas ganz anderes gesagt hat. Innere Einstellungen prägen unsere Bereitschaft, unsere Wahrnehmungen zu trüben oder zu schärfen. Wenn wir mit jemandem reden, dann ist es uns im Prinzip nicht direkt zugänglich, was sich unser Gesprächspartner eigentlich gedacht hat. Um zu verstehen, was da gemeint ist, sind wir auf die kommunikativen Äußerungen angewiesen – diese interpretieren wir, und nicht nur, was gesagt wurde, sondern auch wie es gesagt wurde, mit welchem Tonfall, in welchem Kontext, in welcher Situation.

Dies gilt auch für scheinbar »objektive« Erklärungen von Sachverhalten aus Expertenmunde: Aus welchem fachlichen Gebiet und von welcher Institution kommt er, wie ist das Selbstverständnis seiner eigenen Tätigkeit, wie wurde er ausgebildet und so fort. Diese Frage wird in den Geisteswissenschaften so umschrieben: Wie ist der Gesprächspartner oder Autor sozialisiert? Entsprechend diesem Vorwissen über Situation und Sozialisation fallen unsere Wahrnehmung, deren Interpretation und damit auch die gewonnen Erkenntnisse unterschiedlich aus. Denn was wir im Vertrauen als Expertise wahrnehmen, kann sehr irreführend sein, wenn man sich nicht seines eigenen Verstandes bedient.

## Wie wir technische Erkenntnis gewinnen

Der alte Satz: »Probieren geht über Studieren« mag ja stimmen – mit bloßem Herumprobieren kommt man jedoch heute nicht mehr weit. In der Wissenschaft geht die Theorie dem Experiment mittlerweile weit voraus. Den Large Hadron Collider in Genf bei CERN, die größte Maschine der Welt – wenn man das Internet einmal weglässt –, hätte man ohne die Theorie von Peter Higgs und dem Standardmodell der Elementarteilchenphysik nicht gebaut. Die Theorie hilft beim Aufbau des Experiments und sie hilft auch beim Aufbau eines technischen Tests. Auch wenn es den »vorschnellen Gestaltungsdrang der Ingenieure« geben sollte – die Forschung und Entwicklung sind heute so komplex und auch teuer geworden, dass man sie sich ohne Theorie gar nicht mehr leisten könnte. Allerdings sind einige Erfindungen sicher auch deshalb auf der Strecke geblieben, weil sie trotz guter Ideen finanziell keiner mehr weiter verfolgen konnte.

Aber wie kommt man zur Theorie und wie kommt man zu einer technischen Theorie – wie erkennen wir technische Zusammenhänge, bevor wir ein Gerät gebaut haben? Diese Frage ist nicht nur philosophisch interessant, weil solche Erkenntnisse offensichtlich von theoretischer wie praktischer Relevanz sind, sie sind auch wichtig dafür, wie man das Erzeugen von Neuem managen kann, also wie man Innovationen fördern kann.

Im Prinzip gibt es zwei Wege: Der erste Weg ist der ursprüngliche, weil er auch bei der Herstellung der ersten Werkzeuge eine Rolle gespielt hat: In die Hand nehmen, also aus der Umgebung herausgreifen, ausprobieren, herumspielen, Erfahrungen sammeln, vergleichen, Handlungsmöglichkeiten systematisieren. Diese Systematik bezieht sich nicht auf das Wesen der grundlegenden Eigenschaften der Dinge oder auf die in ihnen obwaltenden Gesetzlichkeiten, sondern darauf, was man mit ihnen machen kann. Mit dem Faustkeil kann man das Beutetier töten oder einen neuen Faustkeil herstellen. Jede gefundene Handlungsmöglichkeit stellt einen Erkenntnisfortschritt dar.

Der zweite Weg ist eher theoretisch: Wie schon angesprochen, benutzen wir kausale Wenn-dann Beziehungen und suchen mit diesem Wissen Mittel für unsere Zwecke. Wenn dieses Mittel in der Umgebung oder in der Natur nicht auffindbar ist, müssen wir es herstellen, d. h. wir entnehmen Dinge aus ihrer Umgebung und richten sie für unsere Zwecke her. Jedes Gelingen auf diesem Weg stellt wiederum einen Erkenntnisfortschritt dar.

Beide Wege sind eng gekoppelt und heute nicht mehr trennbar, weil wir kausale Wenn-dann-Beziehungen meist als Verdichtung aus Erfahrungen am Vorhandenen gewinnen. Erst viel später, ab dem 17. Jahrhundert, erlaubte uns dann die Wissenschaft, aus theoretisch gefassten kausalen Beziehungen bei vorgegebenem Zweck die Bedingungen zu errechnen, die ein Mittel haben sollte. Dies ersetzte aber nicht das Herstellen des Mittels.

Institutionen, die darauf angelegt sind, die Hervorbringung von Innovationen zu ermöglichen und zu fördern, also Laboratorien, F&E-Einrichtungen aller Art bis hin zu sog. Living Labs, beherbergen meist Leute, die naturwissenschaftlich und/oder technisch ausgebildet sind, und daher einen gewissen Erkenntnisstil mitbringen. Dieser lässt sich grob so umschreiben: Es gibt Naturgesetze, an denen man nicht vorbeierfinden kann. Experimente, Tests und der Bau von Artefakten wie deren Anwendung müssen im Prinzip mit vergleichbarem Ergebnis durchführbar, wiederholbar und nutzbar sein. Die Nutzung selbst kann Nebenwirkungen haben, für die jedoch zuerst der Nutzer, dann vielleicht auch der Konstrukteur oder Erbauer verantwortlich sind. Unter welchen Umständen ist der Erfinder verantwortlich? Auf die Verantwortungsfrage kommen wir in Kapitel 13 zurück.

Ein einmaliges Gerät ist noch keine Innovation, letztlich bezieht sich der Begriff Innovation auf den wirtschaftlichen Erfolg eines Produkts oder einer Dienstleistung am Markt. Dies impliziert Wiederholbarkeit. Was nur einmal funktioniert, ist nur begrenzt von Nutzen.

## Ohne Modelle geht's nicht

Schaut man genauer hin, wie dies die Wissenschaftstheorie getan hat, indem sie sich nun endlich auch einmal mit den Technikwissenschaften beschäftigt,<sup>17</sup> ist nicht das Naturgesetz die Basis für eine neue Erkenntnis in der Technik, sondern eine testbare Funktionsvermutung. Es geht eher um die technische Regel als um den kausalen Hintergrund – auch wenn diese zu wissen nützlich sein kann. Basis für eine Funktionsvermutung ist ein Modell. Hier ist nicht das gebaute Modell, z. B. eines Motors oder eines Flugzeugs, gemeint, sondern eine mit mathematischen, technischen oder systemtheoretischen Begriffen ausgedrückte Beschreibung eines gedachten Teilbereichs der Realität, dessen Struktur und Verhalten man näher erforschen will, z. B. den Individualverkehr. Dann kann man den Flugverkehr zunächst außen vorlassen. Was zu diesem Teilbereich und damit zum Modell gehört, bestimmt zunächst die Aufgabe, der sich der Erfinder oder Konstrukteur stellt. Wie wäre es, wenn man Autos ohne Fahrer im Straßenverkehr automatisch fahren lassen könnte? Man stellt sich Situationen vor, in denen diese Möglichkeit bestehen soll – Szenarios, und überlegt sich dann, was man an den gegenwärtigen Autos verändern müsste, um diesen Wunsch technisch in die Tat umsetzen zu können. Dies ist schon ein ganz grobes Modell.

Bereits hier zeigen sich zwei Möglichkeiten: Man macht das Auto autonom, indem man den Fahrer durch eine Automatik ersetzt, die auf den aktuellen Verkehr reagiert und somit den Fahrer in gewisser Weise simuliert. Dann braucht man ein Modell des Fahrerverhaltens, um es technisch abbilden zu können (Sensoren, Aktoren, Programme). Oder man geht einen Schritt weiter und stellt den Individualverkehr infrage und sucht nach einer Lösung, wie man fahrerlose Transporteinheiten baut, die sich beispielsweise auf Magnetstreifen auf den Straßen bewegen und bei Bedarf bestellt werden können und die man nach Gebrauch einfach stehen lässt – sie rollen dann von selbst wieder in ihr Depot. Hier würde man ein ganz anderes, ein organisatorisches Modell benötigen.

Welches Modell nun bevorzugt wird, um eine entsprechende Technik zu entwickeln, hängt nicht allein von der Vermutung ab, was solche Funktionen kosten werden und wie lange man zu ihrer Entwicklung brauchen wird. Es wird auch davon abhängen, welches Verhältnis der Entscheider zum Individualverkehr hat: Soll das Auto, auch wenn autonom fahrend, weiterhin proprietär, also privater Besitz, Spiel- und Aufenthaltsbereich sein, sozusagen die Verlängerung der eigenen Wohnung auf vier Rädern, oder wird der Gedanke »nutzen statt besitzen«, der sich ja auch in den Initiativen wie Car Sharing andeutet, bevorzugt?

Um es kurz zu sagen: Der Ausgangspunkt von Technikentwicklung ist selten »ideologiefrei« – man kann das auch am Smartphone, an der Kernkraft wie an alternativen Energiesystemen sehen. Es spielen immer Geschäftsideen, Wertevorstellungen und idealisierte Gebrauchsvorstellungen eine Rolle, die aber über der scheinbar offenkundigen »objektiven« technischen Funktionalität nicht bewusst gemacht und deshalb auch nicht kommuniziert werden.

Das Modell bestimmt dann auch die ersten Ideen, Entwürfe, Konstruktionen – in gewisser Weise auch die Erfindungen – es leuchtet den Weg aus, der gegangen werden soll. Danach beginnt die Zeit der Festlegungen – erst dann kommt die Mathematik, die Berechnung, die Simulation ins Spiel. Das Modell ist dann ein mathematisches Modell, wenn es die Grundlage für eine Berechnung liefern kann. Die Ergebnisse dieser Schritte sehen dann – vor allem wenn sie grafisch ansprechend dokumentiert und präsentiert werden – quasi-objektiv aus. Aber das sind sie nicht – sie sind berechnete Konsequenzen aus Entscheidungen, die vorher Menschen getroffen haben. Schon allein deshalb geht Technik über Naturwissenschaft weit hinaus.

Ohne Erfahrung geht es auch nicht

Nun muss der Einwand kommen: Wie ist es denn mit den überraschenden Entdeckungen? Marie Curie (1867–1934) hatte keine Theo-



rie, als sie die noch ungeklärte neue Strahlung untersuchte und dabei das neue Element Radium »entdeckte«. Im Forschungsalltag spielt auch oft der Zufall eine Rolle – er findet sich in der kleinen und großen Wissenschaftsgeschichte zuhauf, und dies ist bei der Technik nicht viel anders.

Wir hatten noch etwas gefeiert im Stockwerk über dem Labor und ich wartete, bis alles ruhig war und alle Gäste gegangen waren. Ich wollte noch einen Versuchslauf machen, um das Spektrum, das ich messen wollte, möglichst störungsfrei zu erhalten, und nachts war dafür die beste Gelegenheit. Ich fuhr die Apparatur, Laser und Spektrograph langsam hoch, erhitzte die Metallprobe, deren Fluoreszenz ich messen wollte, prüfte nach der Einschwingphase der Apparatur alle Parameter und startete auf der kurzwelligen Seite des Spektrums. Die erwarteten Linien, die ich aus den vorigen Messungen kannte, kamen schön und deutlich, und ich schlief auf dem neben der Apparatur aufgestellten Feldbett ein. Ich wusste aus früheren Nächten mit solchen Messungen: Wenn sich etwas änderte, wachte ich auf – ich bemerkte es sofort an den Geräuschen und den Lichtverhältnissen und konnte dann eingreifen. Da die Messung ca. 6 Stunden dauerte, verließ ich mich auf meine somnambule Kontrollfähigkeit. Diesmal war der Schlaf stärker – ich erwachte und sah, dass der Papierstreifen aus dem Aufzeichnungsgerät den ganzen Boden bedeckte. Normalerweise erwartet man bei einem Spektrum der Art, mit dem ich es zu tun hatte, dass nach 5300 Å Schluss ist. Als ich mit schlechtem Gewissen den Papierstreifen aufrollte – ich würde sicher einen Anschiss von meinem Chef wegen des hohen Papierverbrauchs bekommen – sah ich im Bereich kurz vor den zwei D-Linien des Natriums (5889 Å, die sind immer da) im Bereich von 5873 bis 5885 Å klare Linien mit einer klaren Struktur, die da von der Erwartung (sprich Theorie) her nichts zu suchen hatten. – Später stelle sich heraus, dass dies ein reproduzierbarer Effekt war, der noch Thema von späteren Dissertationen werden sollte.

Diese Geschichte einer eigenen kleinen »Entdeckung« zeigt beispielhaft fast alle Momente auf: Entdeckungen sind immer Überraschungen im Lichte einer schon bestehenden Erwartung, sprich Vortheorie. Sie sind keine Erfindungen – sie werden zwar mit Apparaten oder Hilfsmitteln gemacht, die aufgrund von einer Theorie gebaut und

angewendet wurden, aber die Messung oder Beobachtung zeigt dann ein Ergebnis, das vielleicht der Vortheorie widerspricht oder zumindest aus ihr vorher nicht abgeleitet wurde oder noch nicht abgeleitet werden konnte. Die Beobachtung oder Messung von etwas, was man schon vorher ausgerechnet hat, ist keine Entdeckung, sondern ein Nachweis.

»Ich hatte den gleichen Effekt schon vier Jahre mit den gleichen Messwerten entdeckt, für den Sie nun, Herr Kollege, den Nobelpreis bekommen haben.«

»Ja, schön für Sie, aber ich habe mir bei der Entdeckung etwas dabei gedacht ...«

Dieser Dialog ist fiktiv, aber er hat einen historischen Hintergrund: Im Jahre 1937 hatte Irène Joliot-Curie ähnliche Messergebnisse bei der Bestrahlung von Uran erhalten wie später Otto Hahn mit seinem berühmten Versuch im Dezember 1938. Allerdings hatte Irène Joliot-Curie die Ergebnisse uninterpretiert gelassen, während Hahn mithilfe von Lise Meitner, seiner früheren Mitarbeiterin und deren Neffe Fritz Strassmann, die Ergebnisse als Folge der Spaltung des Uran-kerns deutete und damit richtig lag.

Es reicht auch nicht, nur einen Effekt zu entdecken und eine ungewöhnliche Messung zu machen. Zum einen muss die Messung unter den gleichen Bedingungen wiederholbar zu gleichen Ergebnissen führen. Zum anderen geht es dann um die Interpretation im Lichte der bestehenden Theorie. Und wenn diese nicht passt, dann muss die Theorie erweitert, modifiziert oder gar neu aufgebaut werden. Dazu gehört Mut. Aus der Wissenschaftsgeschichte weiß man, dass das lange dauern kann ...

Erfahrung ist also unabdingbar für die Erkenntnis – aber auch sie ist nicht alles. Wenn uns die Theorie im Wege steht, können wir eben gewisse Zusammenhänge, obwohl wir die Daten und Messungen dazu haben, nicht erkennen. Wenn das eigene Forschungs- und Entwicklungsparadigma<sup>18</sup> nicht zur latenten Entdeckung passt, entdecken wir auch nichts. Aber das wissen wir vorher eben nicht. Platon

definierte Wissen als Ergebnis des Erkenntnisaktes als wahre, gerechtfertigte Meinung. Die Messungen sind wahr in dem Sinne, dass sie zeigen, wie unser Messinstrument reagiert hat – wenn alles richtig eingestellt ist. Aber die Interpretation der Messung bedarf der Theorie und nur sie rechtfertigt diese Interpretation, und dies auch nur zu einem gewissen Grade.

Ist das bei der Technik anders? Ja und Nein. Wir haben es nicht mit naturwissenschaftlichen Hypothesen, sondern mit einer Funktionsvermutung zu tun – also nicht »aus A folgt kausal immer B«, sondern: Mit diesem Effekt könnte man diese Funktion bewerkstelligen, z. B. einen Laserstrahl könnte man nach Frequenz oder nach der Amplitude modulieren und damit Information übertragen. Dann überlegt man sich, *wie* man diese Modulation bewerkstelligen könnte und wenn man eine schon bestehende Möglichkeit gefunden hat, wendet man sie an, man testet und schaut, ob man damit die Funktion realisieren kann. Wenn nicht, muss man einen solchen Modulator entwickeln, hierfür neue Ideen ersinnen, Analogien suchen, ausprobieren ...

Dass bei einem solchen Vorgehen viel Versuch und Irrtum steckt, ist unbestritten – aber Konstruktionsgewohnheiten, Denkschulen, Paradigmen, bevorzugte Theorien, auch technologische Theorien im Sinne von erfolgreichen Regelwerken sind dabei Stütze und Hemmnis zugleich.

Wobei der Irrtum vielleicht doch noch der lehrreichere Anteil bei »*trial and error*« und beim Versuch, Innovationen zu schaffen, darstellt.

*Kleine Übung:* Gibt es eine Erkenntnis aus der Philosophie in den letzten 2000 Jahren, die für die Entwicklung der Technik in ihrer Geschichte bedeutend oder hilfreich war? Die Provokation in der Frage darf nicht dazu führen, auf die Wissenschaft auszuweichen. Die Grundlegung der wissenschaftlichen Methode, wie wir sie heute kennen, geschah nicht nur durch die Arbeiten von Galileo Galilei, Johannes Kepler oder Isaac Newton, sondern auch durch Überlegungen von frühen »Wissenschafts«-Philosophen wie Francis Bacon, David Hume, bis hin zu Descartes und John Locke, um nur einige zu nennen. Aber zurück zur Technik: Welches ist der Beitrag der Philosophie? Wenn Sie der Meinung sind, dass es keinen nennenswerten Betrag gibt, dann versuchen Sie es einmal bei Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716).