

**„Scientia potentia est“ „Knowledge is power“ „Wissen ist Macht“.
Sir Francis Bacon, englischer Philosoph, 1561–1621.**

Es gibt um die Entstehung des Zitats bei Bacon etwas Verwirrung: Das erste Auftreten hat nämlich die Form *„scientia potestas est“* und bezieht sich auf Gott: Dessen Wissen ist seine Macht. Aber wir verstehen dies in seinem späteren Sinn, Bacon 1620:

„Menschliches Wissen und menschliche Macht gehen Hand in Hand, denn wenn die Ursache nicht bekannt ist, kann man die Wirkung nicht erzeugen“.

Die klassische Richtung der Formulierung – von Wissen zu Macht – hat in der experimentellen Wissenschaft schon immer auch umgekehrt gegolten: Aus der Fähigkeit, die besten experimentellen Vorrichtungen zu bauen, folgt die beste Wissenschaft. Ein Beispiel sind Teleskope, von Galileis Zweizöllern um das Jahr 1600 bis zu den heutigen 8m- oder 10m-Teleskopen oder dem Hubble-Teleskop im All.

Aber der umgekehrte Satz hat auch eine fundamentale wissenschaftliche Bedeutung: Aus dem Machen und machen Können folgt das Verstehen. Der barocke Philosoph Giambattista Vico (1668–1744) hat diese konstruktive Methode des Erlangens von Wissen in die Philosophie eingeführt mit seinem Grundsatz:

„Verum et factum convertuntur – das Wahre und das Gemachte sind austauschbar.“

Also: „Als wahr erkennbar ist nur das, was wir selbst gemacht haben.“ Dieses Mantra des Philosophen Vico hat in der zweiten Säule unseres Wissens, der Informatik, fundamentale Bedeutung. Ein funktionierendes Programm kann beweisen, dass z. B. ein Material sich so verhält, wie es das Finite-Element-Programm¹ und dessen physikalischen Annahmen vorhersagen. Der geniale Informatiker Alan Turing hat 1950 die Methode des Grundsatzes *„Was wir machen können, verstehen wir“* in die Wissenschaft vom Computer eingeführt. Es führt zum nach ihm benannten Turing-Test, dem Vergleich von menschlicher Fähigkeit mit der Fähigkeit eines Computers: Kann man einen quasi-menschlichen Dialog mit einem Programm führen? Sogar auf Chinesisch?

Es gibt einen ganzen Turm von ähnlichen Aufgaben wachsender Schwierigkeit, die alle mehr oder weniger gelöst wurden:

Kann ein Computer Schrift lesen? Genauer: Kann er spezielle, vereinfachte Druckschrift lesen? Kann er allgemeine Druckschrift lesen? Kann er ihm gut bekannte Handschrift lesen? Kann er eine unbekannt Handschrift lesen? Kann er reden, zum Beispiel etwas vorlesen? Kann er eine gesprochene Unterhaltung aufschreiben? Eine chinesische Unterhaltung? Eine schweizerdeutsche Unterhaltung? Kann er Chinesisch auf Englisch übersetzen? Russisch auf Deutsch? Kann er simple Fragen aus einem kleinen Wissensbereich beantworten? Kann er allgemeine Fragen beantworten? Kann er Auto fahren auf der

¹Allgemeines digitales Verfahren zur Berechnung der Eigenschaften von Festkörpern.

Autobahn mit wenig Verkehr? In dichtem Verkehr? Kann er eine natürliche allgemeine Unterhaltung führen? Kann er eine Krankheit diagnostizieren? Usf. usf.

Beinahe immer wurde die Lösbarkeit dieser Aufgabe von vielen Laien (aber auch Fachleuten) zuerst angezweifelt, nach der Lösung dann aber als Bagatelle abgetan bis zur nächsten Aufgabe. Der Autor hat dies mehrfach selbst erlebt, etwa „*ein Computer wird nie Auto fahren können*“ – allerdings vor 30 Jahren. Die obige Aufzählung ist eine kleine Geschichte des Computers, aber die Entwicklung und die Liste gehen natürlich weiter. All die Projekte hinter diesen Fragen lieferten und liefern Erkenntnisse über den Aufbau menschlicher Sprache, über Handschrift, über die Funktion des Autolenkens, die Arbeitsweise unseres Gehirns. Der Bau eines zugehörigen erfolgreichen Programms ist der Beweis für das Verstehen eines Phänomens.

Dazu kommen eine weitere Eigenschaft und ein fundamentaler Unterschied. Die klassische analytische Wissenschaftsmethode mit Beobachtung und Experiment (definiert als massgeschneiderte und eingeschränkte Beobachtung) hat uns in die Tiefen der Natur geführt – die schwergewichtigen Grenzen unseres Horizonts sind Big Bang, dunkle Materie, neue Elementarteilchen. Die Wissenslandschaft bis zu diesem Horizont ist im Prinzip gut erforscht. Die verwendete Grundeigenschaft der Methode ist die Untersuchung der Kausalität. Wissen ist das Verstehen der Ursachen, es ist ein Bottom-Up-Ansatz in der Sprache der Software.

Dies sind die wissenschaftlichen Seiten des Verstehens, durch Ursachen oder durch Bau. Psychologisch (oder polemisch) lassen sich zwei Typen oder auch Ebenen des Verstehens definieren:

- Der Laie (und der klassische Philosoph):
Ein Vorgang ist dann verstanden, wenn er im Rahmen der Begriffe des normalen Lebens gefasst werden kann. Daran ändert sich nichts, wenn dafür vornehmere Ausdrücke verwendet werden; es bleibt die normale Welt. Die Zeit verläuft gleichmässig und der Raum ist nicht gekrümmt, sondern euklidisch.

Aber die alltäglichen Begriffe und Vorstellungen reichen nicht weit und müssen immer wieder korrigiert werden (Hehl 2016).

- Der Physiker sagt, er (oder sie) habe es (physikalisch) verstanden, wenn der Vorgang in *korrigierten* Begriffen des normalen Lebens verstanden wird. Die Korrektur kann z. B. sein, dass die Zeit sich dehnt, der Raum sich krümmt oder dass der Energiesatz gilt. Sie ist das Ergebnis der Forschung. Man gewöhnt sich schlicht daran, diese korrigierten Vorstellungen zu akzeptieren und so zu denken.

Diese Definition ist ganz im Geiste des Bonmots des ungarisch-amerikanischen Mathematikers John von Neumann (1903–1957), der zu seinem Physikerfreund Felix Smith sagte:

„Junger Mann, in der Mathematik versteht man nicht, man gewöhnt sich daran.“

Es gibt natürlich sowohl die Möglichkeit, dass Menschen in der Umgangssprache etwas Unmögliches ausdrücken wollen, wie dies in mancher Religion geschieht (etwa mit dem Begriff des „Schöpfers“), wie umgekehrt etwas Einfaches in Physikersprache. So werden in der Esoterik und in Grenzgebieten der Religion gerne Begriffe aus der Quantenphysik verwendet; dies wird durch die inhärente Mystik der Quantenphysik nahegelegt. So sagt z. B. der serbisch-britische Physiker Vlatko Vedral (geb. 1971)

„[Das Vakuum der] Quantenphysik lässt sich in der Tat gut mit der buddhistischen Leere in Übereinstimmung bringen.“

Die andere wissenschaftlich-technische Methode, etwas zu verstehen, ist der Nachbau dieser Systemeigenschaft. Mit diesem konstruktiven Weg geht man umgekehrt von der Funktion als Ganzem aus. Die Richtung der Erkenntnis ist im Sinne einer Software von oben nach unten (unten ist die Hardware), ein Top-down-Ansatz. An die Stelle der Kausalität tritt die Teleologie, der Sinn des Ganzen.² Mit dem Nachbau von Funktionen, etwa der Sprache, gewinnt man das Verständnis, wie diese Funktion ausgeführt wird, welche Fehler auftreten können, welche anderen Lösungen möglich sind und welche Verbesserungen. Manchmal gelingt das Verstehen so gut, dass beispielsweise ein Spiel gar kein Spiel mehr ist, sondern nur noch ein Algorithmus. Es ist abzusehen, dass es auch digitale Psychologie geben wird und künstliche Seelen zum Verstehen unserer Gefühle und seelischen Defekte.

Beunruhigenderweise scheint der Bau von Systemen keine sichtbaren menschlichen oder natürlichen Grenzen zu haben. Aber es gibt kein Naturgesetz, das hier harte Grenzen setzt.

Doch gehen wir zu den Anfängen. Wir wollen wesentliche Phasen in der Geschichte der Wissenschaft, der Informationstechnologie und des Zufalls gemeinsam betrachten. Wir teilen dazu die Geschichte der Wissenschaft und der Informationstechnologie in drei grosse Abschnitte ein: in die Antike, in die Aufklärung und in die Moderne.

1.1 Die Antike Wissenschaft im Heutigen Licht

„Möge das Studium der griechischen und römischen Literatur immerfort die Basis der höheren Bildung bleiben.“

**Johann Wolfgang von Goethe, deutscher Dichter,
posthum 1833 veröffentlicht.**

In Wissenschaft und Philosophie sind es die Griechen und das Studium ihrer antiken Wissenschaft, die uns den Beginn von allem lehren.

Als Vertreter der antiken Wissenschaft betrachten wir zwei Philosophen und einen Astronomen und einige ihrer Lehren:

²Teleologie vom altgriech. τέλος *télos* in der Bedeutung von ‚Sinn, Zweck‘.

- Aristoteles als wichtigste Gestalt der antiken Wissenschaft bis in die Scholastik und das Mittelalter hinein und in der Aufklärung geschmäht,
- Epikur (bzw. Demokrit),
- Ptolemäus und seine praktisch-wissenschaftliche Leistung.

Einen weiteren Philosophen, Platon, werden wir unten als Ursprung der „romantischen“ Ideenrichtung erwähnen.

Die Abb. 1.1 zeigt das Fresko „Die Schule von Athen“ des Malers Raffael da Urbino (1483–1520) im Vatikan. Abgebildet ist der Maler selbst (mit R gekennzeichnet ganz rechts) zusammen mit 21 der wichtigsten Vertreter der antiken griechischen Philosophie und Wissenschaft. Auch die erwähnten vier Personen Aristoteles, Epikur, Ptolemäus und Platon sind dabei.

1.1.1 Die Wissenschaft des Aristoteles

„Ändert sich der Zustand der Seele, so ändert dies zugleich auch das Aussehen des Körpers und umgekehrt: Ändert sich das Aussehen des Körpers, so ändert dies zugleich auch den Zustand der Seele.“

Aristoteles, griechischer Naturphilosoph, 384 v. Chr.- 322 v. Chr.

Aus heutiger Sicht ist das Weltbild des Aristoteles, oberflächlich betrachtet, bizarr. Für mehrere Jahrhunderte bis zum Ende der Renaissance war es jedoch ein konsistentes, akzeptiertes System. In seiner Physik ist die Bewegungslehre zentral, die er weitgehendst aus der direkten Beobachtung herleitet. Hier einige Aussagen zusammen mit „freundlichen“ Interpretationen der aristotelischen Gesetze aus heutiger Sicht:



Abb. 1.1 Peripatos – die Schule von Athen von Raffael (1510–1511). Fresko im Vatikan. Das Fresko verherrlicht das antike Griechenland als Wiege der Kultur. Aristoteles trägt die Nummer 15, Epikur ist Nr. 2, Ptolemäus Nr. 20 und Platon ist Nr. 14. (Bild: Wikimedia Commons, Bibi Saint-Pol)

- Es gibt zwei Bereiche des Himmels mit verschiedenen Gesetzen, jenseits des Mondes und unter dem Mond.
Vgl. hierzu die Atmosphäre einerseits und den interplanetaren Raum andererseits mit Vakuum. In der Atmosphäre verglüht ein Satellit nach einiger Zeit, im Vakuum des Alls bleibt er nahezu unbegrenzt auf seiner Bahn. Aristoteles hält allerdings Vakuum für unmöglich.
- In der himmlischen Sphäre laufen die Planeten ewig auf Kreisen.
Vgl. im Weltall bewegen sich die Himmelskörper auf Kegelschnitten, der Kreis ist ein Spezialfall.
- Auf der Erde gibt es natürliche und erzwungene Bewegungen:
„Natürlich“ versucht ein Körper zu seinem natürlichen Ort zu kommen, das „Feuer“ nach oben, „Schweres“ nach unten.
Vgl. das Erdzentrum als Gravitationszentrum.
„Erzwungene“ Bewegung kommt durch eine Kraft auf den Körper zu Stande. Ohne Kraft bleibt der Körper stehen.
Vgl. Letzteres entspricht einer Bewegung mit Reibung auf einer rauen Fläche.
- Bei einem geworfenen Stein oder einem Geschoss muss er eine kuriose Hilfskonstruktion einführen, damit das Geschoss durch die Luft fliegt: Die Luft um den Stein trägt ihn weiter.
Diese Schwierigkeit ist auffallend und wird im frühen Mittelalter mit der Impetus-theorie gelöst werden.
- Ein Körper fällt umso schneller, je schwerer er ist.
Vgl. das ist korrekt für sehr leichte Körper und sog. schleichende Bewegung, etwa wenn eine Kugel in Öl fällt oder beim Fallschirmsprung.
- Die Bewegung der Planeten ist ewig – aber es braucht einen Anfang. Aristoteles führt eine Art von abstraktem Gott ein, der unsichtbar ist und sonst nichts tut: den „unbewegten Beweger“.
Vgl. zum Konzept dieses Bewegers das Aussetzen eines Satelliten im All, der von nun an frei und (nahezu) ewig auf seiner Bahn läuft, wenn er nur genügend hoch über die Atmosphäre gebracht wurde.
Das Bild der Abb. 1.2 illustriert mit dem Aussetzen von Satelliten genau den Übergang und damit die beiden Weltzonen des Aristoteles.

Aristoteles hat versucht seine Beobachtungen und sein alltägliches Wissen in ein konsistentes System einzubauen. Die Gesetze der Natur sind bei ihm absolut gültig (es gibt also keine Wunder!). Von seiner Mechanik ist ein Teil der Ideen in die Moderne übertragbar: z. B. der Himmelsteil zum Einen und die Mechanik eines Körpers, wenn Reibung oder Viskosität dominieren. Ansonsten hat ihm seine Auffassung der Mechanik den Spott der Aufklärung eingebracht.

Dazu kommt die Seele. Sie ist für Aristoteles die allgemeine Lebenskraft, verbunden mit dem Körper, und damit sterblich.

Vgl. mit der heutigen Auffassung (zumindest des Autors), dass Leben eine Art laufender Computer ist, also von „Software“, die auf einer materiellen Grundlage läuft.