

Geist, Intelligenz, Information und Daten – Artificial Intelligence im Wandel der Wissenschaftskulturen

Eine ideengeschichtliche Begriffsverortung

Rudolf Seising

Zu welcher Wissenschaftsdisziplin oder -kultur sollten die Forschungen zur Artificial Intelligence (AI) gezählt werden? Wie passen sie zu den Geistes-, Natur- oder Ingenieurwissenschaften, den Kultur-, Sozial- und Strukturwissenschaften? Die historische Betrachtung findet zahlreiche Ansätze zur AI-Forschung in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen, allen voran die in den USA in den 1950er Jahren entstandenen Computer Sciences bzw. einige Jahre später in Europa die Informatik. Auch diese Fächer waren nicht aus einem Guss entstanden, wie 1971 der österreichische Computer-Pionier Heinz Zemanek (1920–2014) schrieb:

»Mathematik und Nachrichtentechnik, Buchhaltung und Statistik sind zwar Wurzeln und Bausteine, aber seit geraumer Zeit bilden sie nicht mehr den Kern der Computer-Wissenschaften, und nichts wäre verkehrter, als die Informatik als Konglomerat der eben genannten Felder zu konzipieren; was von ihnen noch bleiben wird in der Informatik, muss sehr kritisch geprüft sein.« (Zemanek 1971, 158)

Weiter nannte Zemanek die Informatiker hier »Ingenieure abstrakter Objekte« und 1974 definierte der Münchner TU-Professor Friedrich L. Bauer (1924–2015) die Informatik als »Ingenieur-Geistes- bzw. Geistes-Ingenieurwissenschaft«.¹ Sie sei die »Wissenschaft von der Programmierung der

1 Dieser Ausspruch inspirierte zum Namen des von 2019 bis 2023 vom BMBF geförderten wissenschafts- und technikhistorischen Forschungsprojekts »IGGI – Ingenieur-Geist und Geistes-Ingenieure: Eine Geschichte der Künstlichen Intelligenz in der

Informations- das heißt Zeichenverarbeitung« und ihre Resultate seien die geschriebenen Programme, die nicht materiell, sondern immaterielle, abstrakte Objekte sind.

Jüngere Wissenschaftler*innen in der Bundesrepublik Deutschland, die an den Forschungen der AI interessiert waren, wollten ihre Fächer für solche Untersuchungen öffnen. So gab es Keimzellen für die AI-Forschung nicht nur in Elektrotechnik und Mathematik, sondern auch in der Linguistik, in der Philosophie, in Psychologie und Soziologie und in den Wirtschaftswissenschaften. In einem 1966 von Kommunikations- bzw. Sprachwissenschaftlern der Universität Bonn verfassten Überblicksbericht zum damaligen Stand der AI-Forschung war »Künstliche Intelligenz« noch in Anführungszeichen geschrieben, denn dies sei

»kein wohldefinierter, einheitlich verwendeter Terminus. Zuerst geprägt im Jargon der Fachwissenschaftler, die sich mit dem Einsatz von Computern bei nicht-numerischen Problemen beschäftigten, hat er eher den Charakter eines Schlagwortes.« (Ungeheuer, Krallmann, Schnelle, and Tillmann 1966, 1)

Je nach Ort, Zeit, Kultur und Gesellschaft lassen sich verschiedene Geschichten der AI-Forschung erzählen.² Ein Kenner dieser Narrative ist der Informatiker Wolfgang Bibel (* 1938),³ der gemeinsam mit Ulrich Furbach (* 1948) rückblickend neben der weitgehenden Unkenntnis »der Grundlagen für den universellen Berechenbarkeitsbegriff« auf deutscher Seite im Gegensatz zur angelsächsischen einen weiteren Grund »in der jeweiligen Rolle der Geisteswissenschaften« sieht:

»Bekanntlich übt Wilhelm Dilthey bis heute auf diese akademischen Disziplinen, als deren Begründer er gilt, einen erheblichen Einfluss aus und dies

Bundesrepublik Deutschland« (Förderkennzeichen 01IS19029): <https://www.deutsches-museum.de/forschung/forschungsinstitut/projekte/detailseite/jiggi-ingenieur-geist-und-geistes-ingenieure>.

- 2 Einige neuere AI-Geschichtsdarstellungen sind in dem Special Issue »Dynamics of AI: European Histories« der IEEE Annals of the History of Computing im letzten Heft des Jahres 2023 erschienen.
- 3 Bibel war von 1987 bis 1988 Professor an der University of British Columbia in Vancouver (Kanada) und danach Professor für Intellektik an der Technischen Universität Darmstadt (1988–2004). Er war im Vorstand der »International Joint Conferences on Artificial Intelligence« (IJCAI, 1986–1992) und von 1987 bis 1989 deren Präsident.

besonders, aber nicht nur, im deutschsprachigen Raum, während sein Einfluss auf die angelsächsischen »humanities« wesentlich schwächer ausgeprägt ist.« (Bibel and Furbach 2018, 43)

Der Theologe und Philosoph Wilhelm Dilthey (1833–1911) hatte im Jahre 1883 eine »Einleitung in die Geisteswissenschaften« publiziert, die ihre Fortsetzung in seiner erstmals 1910 erschienenen Abhandlung »Der Aufbau der geschichtlichen Welt in den Geisteswissenschaften« fand, und deren spätere Auflagen jeweils noch erweitert erschienen, ohne dass das Werk zum Abschluss kam. Er führte den Begriff der Geisteswissenschaften ein als »[d]as Ganze der Wissenschaften, welche die geschichtlich-gesellschaftliche Wirklichkeit zu ihrem Gegenstande haben« (Dilthey 1883, 5). Es war der Versuch, für die geisteswissenschaftliche Erkenntnis eine logischen Grundlegung zu finden:

»Neben den Naturwissenschaften hat sich eine Gruppe von Erkenntnissen entwickelt, naturwüchsig, aus den Aufgaben des Lebens selbst, welche durch die Gemeinsamkeit des Gegenstandes miteinander verbunden sind. Solche Wissenschaften sind Geschichte, Nationalökonomie, Rechts- und Staatswissenschaften, Religionswissenschaft, das Studium von Literatur und Dichtung, von Raumkunst und Musik, von philosophischen Weltanschauungen und Systemen, endlich die Psychologie. Alle diese Wissenschaften beziehen sich auf dieselbe große Tatsache: das Menschengeschlecht. Sie beschreiben und erzählen, urteilen und bilden Begriffe und Theorien in Beziehung auf diese Tatsache.« (Dilthey 1883, 3)

»Geist« waren für Dilthey alle Inhalte der menschlichen Kultur, die zwar das einzelne menschliche Bewusstsein übersteigen, wobei aber »das Individuum als Repräsentant der Gemeinsamkeit [dieser Kulturinhalte] erscheint«. (Dilthey 1883, 83) Den Geisteswissenschaften sei die Methode des Verstehens eigen, die der Theologe und Philosoph Friedrich Daniel Ernst Schleiermacher (1768–1834) für die Erschließung des Sinns von Texten begründete, die nicht nur Textauslegung bzw. -interpretation war, sondern deren Verstehen bedeutete. Schleiermacher nahm dafür die Bezeichnung »Hermeneutik« in Anspruch und ihm ging es dabei auch darum, die Probleme zu erfassen, die sich aus den Texten für Theologie, Rechts-, Literatur- und Geschichtswissenschaften ergaben. So wandelte sich die ursprünglich im Mittelalter lediglich als Textauslegung verstandene Hermeneutik in der Neuzeit zu einer allgemeinen Methodenlehre der Interpretation und des Verstehens. Dilthey legte

sie schließlich der Geisteswissenschaft zugrunde, die für ihn Erfahrungswissenschaft der »geistigen Erscheinungen« oder empirische Wissenschaft der »geistigen Welt« war (Dilthey 1910).

Eine Gegenüberstellung der Wissenschaften des Materiellen und des Immateriellen findet sich schon in der »Phänomenologie des Geistes« von Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770–1831) und danach in dessen »Wissenschaft der Logik«, wo er der Naturwissenschaft eine Wissenschaft des Geistes gegenüberstellte, die allerdings den »Geist« als eine ihrer selbst gewisse Vernunft zugrunde legt, aus dem heraus sich diese Wissenschaft deduktiv entwickelt. Hegels Begriff des Geistes war auf das Leben des Geistes in einer Gruppe, einem Volk oder einer Kultur geprägt. Seine Wissenschaft des Geistes betraf die vom Menschen selbst erzeugten »geisthaften Gegenständlichkeit« (Blasche 2008). Sie war keine Geisteswissenschaft im heutigen Sinne, denn sie suchte nicht menschlich-geschichtliche Verhältnisse mit den Mitteln der Empirie zu erfassen. Eine *empirische* Wissenschaft des Geistes, die auch historische und soziale Verhältnisse berücksichtigt, bedeutete die »Geisteswissenschaft« wohl erstmals, als der Chemiker Jakob Heinrich Wilhelm Schiel (1813–1889) das Wort verwendete, und zwar als Übersetzer der Arbeiten von John Stuart Mill (1806–1873). Dessen Werk »A System of Logic« behandelt im 6. Buch mit der Überschrift »Logic of Moral Sciences« logische und methodologische Probleme aus Psychologie, Soziologie, Ökonomie und Geschichte; in der deutschen Ausgabe heißt dieses Buch »Von der Logik der Geisteswissenschaften oder moralischen Wissenschaften«. Mill sah diese »moral sciences« in ihrer Entwicklung gegenüber den Naturwissenschaften zurückstehen und schlug vor, dass sie sich diese zum Vorbild nehmen sollten.

Wissenschaftskulturen

Als Mitglied des Wiener Kreises hatte Rudolf Carnap (1891–1970) einen logischen Aufbau der Welt beschrieben (Carnap 1928), Diltheys Aufbau galt der geschichtlichen Welt in den Geisteswissenschaften und nahm Bezug auf Hegels Aufbau der »geistigen Welt«; das war eine zweite Welt oder »zweite Natur« wie Theodor W. Adorno (1903–1969) formulierte (Adorno 1966, 289).

Nicht zwei Naturen sondern zwei Kulturen der Wissenschaft über die Natur postulierte der englische Physiker und Schriftsteller Charles Percy Snow (1905–1980), als er am 7. Mai 1959 im Senate House in Cambridge die Sir Robert Rede's Lecture unter dem Titel »The Two Cultures and the Scientific

Revolution« hielt. Die Kulturen der Naturwissenschaft und Technik (Sciences) einerseits und der Geisteswissenschaft und Literatur (Humanities) andererseits trenne nämlich eine Kluft: Naturwissenschaftler*innen und Ingenieur*innen einerseits und Geisteswissenschaftler*innen und Literat*innen andererseits analysieren, (re)konstruieren, erklären bzw. verstehen die Welt auf unterschiedliche Weisen. Die Kluft zwischen beiden »Denkwelten« sei fast unüberbrückbar geworden, es gebe kaum Kommunikation zwischen ihnen (Snow 1959). Snow erwartete eine Verarmung auf beiden Seiten, weil die damaligen Curricula keinerlei Platz für Interdisziplinarität ließen:

»The clashing point of two subjects, two disciplines, two cultures -- of two galaxies, so far as that goes-ought to produce creative chances. In the history of mental activity that has been where some of the breakthroughs came. The chances are there now. But they are there, as it were, in a vacuum, because those in the two cultures can't talk to each other. It is bizarre how very little of twentieth-century science has been assimilated into twentieth-century art.« (Snow 1998, 16)

Vier Jahre später sah er das Entstehen einer »dritten Kultur« voraus, denn eine neue Generation von Naturwissenschaftler*innen werde die Kluft zwischen den beiden Kulturen überbrücken (Snow 1964). Seither wurde oft versucht, Bewegungen auszumachen, die die Unterschiede zwischen den beiden Kulturen ausgleichen. So veröffentlichte John Brockman 1995 den Sammelband »The Third Culture: Beyond the Scientific Revolution«, in dem er diejenigen Wissenschaftler*innen, die sich der Popularisierung von Wissenschaft in ihren Veröffentlichungen widmen und Antworten »auf die letzten Fragen« für ein breites Publikum geben, als eine solche »dritte Kultur« (Brockman 1995). Im Septemberheft 2007 des Scientific American diskutierte der Wissenschaftshistoriker und -journalist Michael Shermer sogenannte »integrative science«: wissenschaftliche Erzählungen »between technical and popular science writing«, »that blends data, theory and narrative«:

»We are storytellers. If you cannot tell a good story about your data and theory – that is, if you cannot explain your observations, what view they are for or against and what service your efforts provide – then your science is incomplete.« (Shermer 2007)

»Dritte Kulturen« entstanden oftmals im Gefolge eines neuen Zugangs, einer neuen Theorie oder einer neuen Technologie. Im 20. Jahrhundert wurden natur- und geisteswissenschaftliche Argumentationen verknüpft, etwa wenn die quantenmechanische Unbestimmtheit als mögliche Erklärung für die Willensfreiheit des Menschen herangezogen wurde (Jordan 1932), oder wenn der genetische Reproduktionsprozess als Informationsübertragung gedeutet wurde (Kay 2002).

In seiner Besprechung von Snows »The Two Culture. And a Second Look« berichtete Ormsbee W. Robinson (1911–1995), der damals IBM's Direktor für die Planung der Hochschulbeziehungen war, dass das Symposium »The Impact of Science« im Jahre 1965 nur von 200 Teilnehmer*innen besucht wurde, während noch im Jahr zuvor, als das Symposium Kunst und Literatur thematisierte, von 2500 Menschen besucht worden waren.

»A student reporter commented that »politics and art are easy to discuss and easy to understand. The impact of science is neither of these.« In all probability, the effective understanding that is sought in this program and many others will have to await extensive changes in the elementary and secondary schools through which the understanding of the scientific revolution will become an integral part of the total learning experience. The machine, however, may now be intervening in this affair.« (Ormsbee 1965, 163–164)

Die Maschine – damit waren die Computer gemeint und Robinson fuhr an gleicher Stelle so fort:

»A graduate school dean recently observed that at his institution's computer center there had been a degree of contact and communication between the scientist and the humanists using the computer which far exceeds any contact between these groups which has developed in the past.« (Ormsbee 1965, 163–164)

Mehr als 30 Jahre später beobachtete Kevin Kelly, der Exekutivdirektor des Magazins »Wired« das internationale Aufkommen einer »The Third Culture«, die er in der Zeitschrift »Science« »Techno-Culture« nannte:

»Techno-culture is not just an American phenomenon, either. The third culture is as international as science. As large numbers of the world's population move into the global middle class, they share the ingredients needed for the third culture: science in schools; access to cheap, hi-tech goods; media sat-

uration; and most important, familiarity with other nerds and nerd culture. I've met Polish nerds, Indian nerds, Norwegian nerds, and Brazilian nerds. Not one of them would have thought of themselves as »scientists.« Yet each of them was actively engaged in the systematic discovery of our universe.« (Kelly 1998)

Eine »pop culture based in technology, for technology« sei entstanden, weil die Technologie unsere kulturelle Umwelt gesättigt habe, sie zu dominieren anstünde und es »cool« werde, ein »Nerd« zu sein, und es dränge sich die Frage auf, was dies für das Wissenschaftssystem und seine beiden Kulturen bedeutete:

»The only reason to drag up this old rivalry between the two cultures is that recently something surprising happened: A third culture emerged. It's hard to pinpoint exactly when it happened, but it's clear that computers had a lot to do with it. What's not clear yet is what this new culture means to the original two.« (Kelly 1998)

Das Aufkommen der Computer hat das Wissenschaftssystem verändert, zunächst wandelte ihr Einsatz die experimentierenden Anteile der Natur- und Ingenieurwissenschaften, dann auch deren theoretischen Zweige aufgrund der großen Rechengeschwindigkeiten und Datenerfassungssysteme und schließlich nutzen die Forscher*innen auch die Textverarbeitungssysteme (Hashagen 2013). Bald profitierten auch die Geistes- und Sozialwissenschaften vom »computational turn« (Berry 2011) u.a. die Linguistik und die Statistik, und endlich setzte sich der »Computers als Werkzeug und Medium« (Friedewald 1999) im gesamten Wissenschaftssystem durch. Mit der Verbreitung des Internet und der Web-Dienste entstanden schließlich die Digital Humanities.

Die Geschichte der dritten Kultur als Techno-Kultur kann aber nicht auf die der Nutzung des Computers als Werkzeug reduziert werden. Sie wurde darüber hinaus von zwei Begriffen geprägt: Intelligenz und Information.

Energie, Intelligenz und Information

In der wissenschaftlichen Kultur der Natur- und Ingenieurwissenschaften waren Masse und Energie lange Zeit die beiden grundlegenden Größen. Zwar gibt es verschiedene Energieformen, diese lassen sich aber auf wissenschaftlich-

technischem Wege ineinander umwandeln und die Relativitätstheorie von Albert Einstein (1879–1955) zeigte, dass die Masse in Energie umwandelbar ist. Wenige Jahrzehnte später kam aber wieder eine neue Grundgröße hinzu: In seinem 1948 erschienenen Buch »Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine« führte Norbert Wiener (1894–1964) die *information* als eine dritte solche Fundamentalgröße ein, die er auf die Gehirnaktivitäten zurückführte:

»The mechanical brain does not secrete thought ›as the liver does bile,‹ as the earlier materialists claimed, nor does it put it out in the form of energy, as the muscle puts out its activity. Information is information, not matter or energy. No materialism which does not admit this can survive at the present day.« (Wiener 1948, 132)

Schon zum Ende der 1920er Jahre hatte der Physiker und Biologe Leó Szillard (1898–1964) der *information* den Status einer physikalischen Grundgröße zugesprochen. Seine Habilitationsarbeit handelt von »Eingriffen intelligenter Wesen« die bei einer Messung Information erhalten. Auch er bezog die Konzepte Intelligenz und Information aufeinander (Szillard 1929). Etwa gleichzeitig findet sich der Versuch eines Brückenschlags zwischen den Kulturen aus der amerikanischen Psychologie. Hier stellte David Wechsler (1896–1981) vergleichende Untersuchungen der menschlichen Fähigkeiten an, die damals als Maße für verschiedene menschliche Eigenschaften galten (Wechsler 1944). Die intellektuellen Fähigkeiten des Menschen ließen sich zwar quantitativ bewerten, indem die verschiedenen Aspekte dieser Fähigkeiten gemessen werden, aber sie seien nicht einfach zu einer Größe »Intelligenz« aufzusummieren. Intellektuelle Fähigkeiten und allgemeine Intelligenz seien nicht identisch und um dies zu untermauern bediente er sich einer Analogiebetrachtung zur Physik:

»We do not, for example, identify electricity with our modes of measuring it. Our measurements of electricity consist of quantitative records of its chemical, thermal and magnetic effects. But these effects are not identical with the ›stuff‹ which produced them. General intelligence, like electricity, may be regarded as kind of energy. We do not know what the ultimate nature of this energy is, but as in the case of electricity, we know it by the things it does or, better, by the things it enables us to do—such as making appropriate associations between events drawing correct inferences from propositions, understanding the meaning of words, solving mathematical problems or building bridges. These are the effects of intelligence in the same sense as chemical

dissociation, heat, and magnetic fields are the effects of electricity, but psychologists prefer the term mental products. We now intelligence by what it enables us to do.« (Wechsler 1944, 4)

Wechsler zufolge bewirkt die Intelligenz eines Wesens dessen Fähigkeiten. Auf diese verweisen messbare Größen, ähnlich wie die Elektrizität Eigenschaften der Materien bewirkt, auf die ebenfalls von messbaren Größen geschlossen wird. Diese Verknüpfung von Elektrizität und *intelligence* hat allerdings noch eine andere historische Wurzel, denn dem elektrischen Strom wurde noch vor einem Jahrhundert die Eigenschaft zugeschrieben, *intelligence* übertragen zu können.

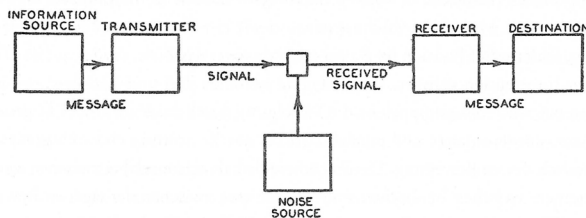
Schon seit dem 17. Jahrhundert wurde das telegraphisch zu Übertragende in der englischen (und auch in der französischen) Sprache mit dem Wort »intelligence« bezeichnet – ein Wort, das unter anderem die Fähigkeit kognitiv bzw. geistig etwas zu leisten, bedeutet, auch das geheime Einvernehmen oder Einverständnis zwischen Menschen. Im 18. Jahrhundert findet sich diese Bedeutung auch in den entsprechenden Übersetzungen in andere Sprachen: In Deutschland wurden amtliche Nachrichten in »Intelligenzblättern« mitgeteilt und »Intelligenz« war auch ein Name für die Gebildeten, im Russischen war das die »Intelligenzija«.

Das Wort *intelligence* stand auch für die Mitteilungen selbst: Schon 1664 sinnierte Robert Hook (1635–1703), der Kurator der Royal Society darüber, einen Apparat für »speedy intelligence« zu bauen, wenige Jahre später schlug er vor, »speedy conveyance of intelligence« von Ort zu Ort mit Hilfe von Teleskopen zu erreichen (Birch 1756, 299). Weitere 12 Jahre hielt er es für möglich, »to convey Intelligence from any one high and eminent Place, to any other that lies in sight of it« (Hook 1684). Auch der für seinen Telegraphier-Code bekannte Samuel Finley Breese Morse (1791–1872) gebrauchte das Wort »intelligence« in diesem Sinne: Als er im Herbst 1832 von den wissenschaftlichen Experimenten mit elektrischem Strom hörte und begriff, dass dessen Wirkung in jedem Teil eines stromdurchflossenen Drahtes sichtbar gemacht werden kann, schrieb er: »I see no reason why intelligence might not be instantaneously transmitted by electricity to any distance.« (Vail 1845, 70) Ein 1893 erschienenes Fachbuch des Elektroingenieurs Edwin James Houston (1847–1914) trug den Titel »The Electric Transmission of Intelligence: And Other Advanced Primers of Electricity« und am 9. Februar 1902 gründeten Albert Cushing Crehore (1868–1958) und George Owen Squier (1865–1934) die Crehore-Squier Intelligence Transmissi-

on Company, die mit ihrem landesweiten Telegraphensystem eine neue »art of transmitting intelligence« einzuführen versprach.

Heutige Begriffe, etwa »Daten« (*data*), »Nachricht« (*message*) und »Information« (*information*) waren in Wissenschaft und Technik noch nicht eindeutig definiert bzw. etabliert. Stattdessen wurde für alle drei das Wort *intelligence* benutzt, bis der Radio-Ingenieur Ralph Vinton Lyon Hartley (1888–1970) im September 1927 auf dem International Congress of Telegraphy and Telephony das Wort »information« in die Nachrichtentechnik einführte (Hartley 1928). Das Wort *intelligence* wurde seither in der Nachrichtenübertragung immer seltener benutzt, so dass seine Bedeutung als Nachricht oder Mitteilung bald verblasste.⁴ Der Mathematiker und Begründer der »Mathematical Theory of Communication« Claude E. Shannon (1916–2001) gebrauchte nach dem II. Weltkrieg konsequent das Wort »information« für die transportierten Nachrichten zwischen Sender und Empfänger. In dem nach ihm benannte Kommunikationsschema (siehe Abb. 1) geht eine Nachricht von einer Informationsquelle zu einem Sender, dieser sendet deren Zeichen über den Kanal, der möglicherweise gestört wird, zum Empfänger, weshalb Shannon zwischen dem Zeichen vor dem Kanal und dem empfangenen Zeichen hinter dem Kanal unterschied. Vom Empfänger geht dann eine Nachricht zum Kommunikationsziel.

Abb. 1: Das Kommunikationsschema von Shannon (Shannon 1948, 381).



- 4 In der englischen Sprache erinnern einige Worte daran: Die »Central Intelligence Agency« (CIA) hat als US-amerikanischer Auslandsgeheimdienst die Aufgabe, vor allem Information über Menschen durch Menschen zu beschaffen, im Gegensatz zur Beschaffung mit technischen Mitteln, die als *Signals Intelligence* bezeichnet wird. Auch der deutsche Geheimdienst BND verwendet entsprechende Bezeichnungen und Abkürzungen, siehe: https://www.bnd.bund.de/DE/Die_Arbeit/Informationsgewinnung/informationsgewinnung_node.html.

Die mathematische Theorie der Kommunikation, etablierte sich in den 1950er Jahren innerhalb der Elektrotechnik bei deren Ausdifferenzierung in verschiedene Spezialgebiete unter dem Namen »Information Theory«. *Information* war darin eine technisch messbare Größe. Ihre Bedeutung und die mit ihr verbundenen Absicht bzw. Wirkung, also der Grund für ihre Sendung und was durch sie erreicht wurde, waren nicht Gegenstand der Theorie, und entsprechende spätere Anwendungen seiner Theorie in den Geistes- und Sozialwissenschaften fand Shannon suspekt! (Tribus 1978)

Genau diese Aspekte sollten aber auch zum Begriff *information* gehören, forderte der Mathematiker und Wissenschaftsorganisator Warren Weaver (1894–1978) in einem Artikel für den *Scientific American*, der im Juli 1949 erschien (Weaver 1949). Er unterschied darin drei Problemebenen dieses Begriffs:

- Ebene A betrifft die syntaktischen Eigenschaften.
- Ebene B betrifft die semantischen Eigenschaften.
- Ebene C betrifft die pragmatischen Eigenschaften.

Für Weavers weiteren Informationsbegriffs interessierten sich auch Wissenschaftler*innen der geistes- und sozialwissenschaftlichen Kultur. Für den Psychologen und Philosophen Gerhard Maletzke war die Informationsübertragung die Beziehung, die Lebewesen untereinander eingehen können: Sie verständigen sich, sie sind imstande, innere Vorgänge oder Zustände auszudrücken, sie teilen ihren Mitgeschöpfen Sachverhalte mit oder sie fordern sie zu einem bestimmten Verhalten auf. Pointiert schrieb er: »Kommunikation ist die Bedeutungsvermittlung zwischen Lebewesen.« (Maletzke 1963, 16)

Artificial Intelligence I

Das interdisziplinäre Interesse an der Informationstheorie war groß. Zur Psychologie wie auch zur Hirnforschung wurden Schnittstellen gesucht. Umgekehrt interessierten sich Mathematiker*innen, Nachrichtentechniker*innen und Computerkonstrukteur*innen für das logische Modell von Nervenzellen und deren Vernetzung, das Warren Sturgis McCulloch (1898–1969) und Walter Pitts (1923–1969) 1943 publiziert hatten (McCulloch and Pitts 1943). Auf dem Hixon Symposium über »Cerebral Mechanisms in Behavior«, das 1948 am California Institute of Technology in Pasadena stattfand (Jeffress 1951), hielt Mc-

Culloch den Vortrag »Why the Mind Is in the Head« (McCulloch 1951) und John von Neumann (1903–1957) sprach über »The General and Logical Theory of Automata« (von Neumann 1951). Auf diese Forscher sowie u.a. auch auf Shannon traf hier der junge Mathematiker John McCarthy (1927–2011), der seine Teilnahme am Hixon-Symposium später sein »watershedmoment« nannte (Hayes 2007):

»At this symposium, the computer and the brain were compared, the comparison being rather theoretical, since there weren't [sic!] any stored programmed computers yet. The idea of intelligent computer programs isn't in the proceedings, though maybe it was discussed. Turing already had the idea in 1947. I developed some ideas about intelligent finite automata but found them unsatisfactory and didn't publish.« (McCarthy 2002)

Vier Jahre später war McCarthy zu einem halbjährigen Forschungsaufenthalt in den Bell Laboratorien, wo er mit Shannon die Möglichkeiten »intelligente Maschinen« zu konstruieren diskutierte. Die beiden beschlossen, einen Sammelband zu diesem Thema herauszugeben. Shannon fand den Begriff »Machine Intelligence« allerdings »much too flashy«, und so einigten sie sich für das im Jahre 1956 erschienene Buch auf den Titel »Automata Studies« (Shannon and McCarthy 1956). Dass die meisten darin publizierten Arbeiten nicht den Intelligenzbegriff, sondern mathematisch-logische Automaten thematisierten, war für McCarthy allerdings enttäuschend.

In diesen Jahren freundete sich McCarthy mit dem Mathematiker Marvin Lee Minsky (1927–2016) an, der damals Junior Fellow in Mathematik und Neurologie in Harvard war. Mit Hilfe des Physik-Doktoranden Dean Stockett Edmonds (1924–2018) hatte Minsky 1951 an der University in Princeton aus Vakuumröhren und einem Motor einen »neuronalen Netzwerksimulator« gebaut: SNARC (Stochastic Neural-Analogue Reinforcement Computer) wurde die Grundlage für seine Dissertation (Minsky 1954). Es war diese gemeinsame Leidenschaft für die Konstruktion intelligenter Maschinen, die McCarthy und Minsky zu zwei der wichtigsten Pioniere der KI werden ließ.

McCarthy wurde 1955 Assistenzprofessor am Dartmouth College in Hanover, New Hampshire. Dort lernte er den IBM-Elektroingenieur Nathaniel Rochester (1919–2001) kennen. Mit Minsky, Shannon und Rochester verfasste er im August 1955 »A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence« (McCarthy, Shannon, Minsky, and Rochester 1955). Den

Begriff »Artificial Intelligence«, der zuvor nicht gebräuchlich war, führten sie folgendermaßen ein:

»The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it.« (McCarthy, Shannon, Minsky, and Rochester 1955)

Unter Artificial Intelligence verstanden die Antragsteller die Simulation der höheren Funktionen des menschlichen Gehirns, die ihm/ihr jene Fähigkeiten und Verhaltensweisen, ermöglichen, die »intelligent« genannt werden. Sie nannten sieben Forschungsschwerpunkte: Für die Grundlage solcher Simulationen waren (1) »Automatic Computers« notwendig, dann war zu fragen (2) »How Can a Computer be Programmed to Use a Language«, was auf damalige Spekulationen verweist, dass menschliches Denken auf Wortmanipulationen entsprechend logischen Regeln basiert. Zudem sollten (3) »Neuron Nets« erforscht werden, wobei damalige Theorien besagten, dass gewisse Neuronenverbindungen zu Begriffsbildungen führen. Gesucht wurde (4) eine »Theory of the Size of a Calculation«, die Effizienzüberlegungen berücksichtigt, man ging davon aus, dass (5) eine »intelligente« Maschine zu einem gewissen »Self-Improvement« und (6) zu »Abstractions« von Sensorwerten und anderen Daten fähig ist. Zuletzt wurden (7) »Randomness and Creativity« angeführt, da die Berücksichtigung von Zufälligkeiten den Unterschied zwischen kreativem Denken und phantasielosem, kompetentem Denken ausmache (McCarthy, Shannon, Minsky, and Rochester 1955).

Die Rockefeller Foundation genehmigte das Projekt und so konnte vom 19. Juni bis zum 16. August 1956 dieses als »Geburtsstunde der Artificial Intelligence« in die Wissenschaftsgeschichte eingegangene Treffen stattfinden. Weder wurden hier aber tatsächlich Versuche unternommen, Maschinen Sprachen benutzen zu lassen, noch sie Probleme lösen zu lassen, die bis dahin dem Menschen zu lösen vorbehalten waren.

Herbert Alexander Simon (1916–2001), Alan Newell (1927–1992) und John Clifford Shaw (1922–1991) hatten an Programmen zur Lösung von »ultracomplex« Problemen, etwa aus den Bereichen des Schachspielens, der Euklidischen Geometrie, der Streichholzaufgaben oder der symbolischen Logik gearbeitet. Bei der Rand Corporation in Santa Monica in Kalifornien hatten sie den »Logic Theorist« entworfen – ein System, das Beweise einiger Theoreme durchführte, wie sie in der »Principia Mathematica« vorexerziert wurden. Die-

ses System stellten sie bei dem Dartmouth-Treffen vor und auch ein noch nicht vollständig fertiges Schachprogramm von Alex Bernstein (1930–1999) wurde dort diskutiert (Bernstein 1958).

Danach beschäftigten sich einige der AI-Pioniere eingehend mit Datenlistenstrukturen. Minsky hatte noch dort mit Rochester ausführlich die Möglichkeiten erörtert, ähnlich dem Logic Theorist, der Theoreme der Aussagenlogik bewies, auch ein Beweisprogramm für geometrische Sätze zu konstruieren. Rochester besprach dies mit seinem neuen Mitarbeiter Herbert Leo Gelernter (1929–2015), der noch im gleichen Sommer gemeinsam mit seinem Kollegen Carl L. Gerberich ein solches Programm schrieb. Auf Anraten von McCarthy erweiterten sie die Sprache Fortran durch einige Listenoperationen zu FLPL (Fortran List Processing Language). McCarthy selbst publizierte dann zwei Jahre später mit Hilfe von Rochester, der 1958 Visiting Professor am MIT war, LISP als eine mächtigere »List Processing«-Sprache. Schließlich ist das Programm SAINT (Symbolic Automatic INTEgrator) zu nennen, das Minskys Mitarbeiter James Robert Slagle (1934–1994) im Jahre 1961 in seiner Dissertation zur Lösung von Analysis-Aufgaben entwarf (Slagle 1963).

Artificial Intelligence II

Schon im Jahre 1950 hatte der englische Mathematiker Alan Mathison Turing (1912–1954) in der psychologischen Zeitschrift »Mind« seinen Artikel »Computing Machinery and Intelligence« publiziert (Turing 1950). Er hatte das »Imitationsspiel« eingeführt, das zur Klärung der Frage »Can machines think?« beitragen sollte. Diese Arbeit hatten McCarthy und Shannon auch schon im Vorwort zu den »Automata Studies« erwähnt:

»The problem of giving a precise definition to the concept of ›thinking‹ and of deciding whether or not a given machine is capable of thinking has aroused a great deal of heated discussion. One interesting definition has been proposed by A. M. Turing: a machine is termed capable of thinking if it can, under certain prescribed conditions, imitate a human being by answering questions sufficiently well to deceive a human questioner for a reasonable period of time. A definition of this type has the advantages of being operational or, in the psychologists' term, behavioristic. No metaphysical notion of consciousness, ego and the like are involved. While certainly no machines

at the present time can even make a start at satisfying this rather strong criterion, Turing has speculated that within a few decades it will be possible to program general purpose computers in such a way as to satisfy this test.« (Shannon and McCarthy 1956, V)

Es gibt nur einen Beitrag in den »Automata Studies«, dessen Überschrift das Wort »intelligence« enthält, und der damit das Vermögen kognitiver Fähigkeiten bezeichnete, die auf seine Gehirnleistung zurückzuführen sind: »Design for an Intelligence-Amplifier« vom britischen Psychiater William Ross Ashby (1903–1972). Dieser verarbeitete darin auch psychologische Arbeiten zur Intelligenz aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, darunter Wechslers Buch »Measurement of Adult Intelligence« (Wechsler 1944) und »Measuring Intelligence« (Terman and Merrill 1937) des amerikanischen Psychologen Lewis Madison Terman (1877–1956) und seiner Mitarbeiterin Maud Amanda Merrill (1888–1978), die darin das Konzept des Intelligenzquotienten von William Louis Stern (1837–1890) übernommen hatten. Ashby zog es heran, um zu argumentieren, dass die menschliche Intelligenz begrenzt ist und ihre Verstärkung durch Maschinenleistungen zur Lösung der vielen anstehenden und sehr komplexen Probleme von größtem Nutzen sei. Computer seien dazu geeignet, dass, ähnlich wie mit Hilfe von Kraftmaschinen – Ashby nannte sie »power-amplifier« – die menschliche Fähigkeit Kraft auszuüben bzw. Arbeit zu verrichten verstärkt wird. Entsprechend seien die Computer »intelligence-amplifier«, die also keine eigene Intelligenz haben, sondern »synthetischen intellektuellen Fähigkeiten«, mit deren Hilfe die menschliche Intelligenz verstärkt werden kann. Damit hat Ashby eine Unterscheidung zwischen natürlicher und einer artificial intelligence angedeutet, die allerdings in dem kurz darauf entstandenen Forschungsgebiet Artificial Intelligence keine Berücksichtigung fand. Für ihn bedeutete menschliche Intelligenz die natürlichen kognitiven Fähigkeiten, während die maschinelle oder »artificial« Intelligenz für ihn eine nachrichtentechnische Bedeutung hatte, mit deren Hilfe die natürliche Intelligenz zwar verstärkt, aber eben *nur* verstärkt werden könne. Hingegen hatten die Antragsteller für das Dartmouth-Treffen bei der Attribuierung der *intelligence* als »artificial« den damals ambivalenten Gebrauch des Wortes *intelligence* nicht thematisiert.

Von der Statistik über die Datenwissenschaft zum Maschinellen Lernen

Zur Mitte der 1980er Jahre prägte der Philosoph John Haugeland (1945–2010) für die Artificial Intelligence, wie sie bisher beschrieben wurde, die Bezeichnung GOFAI (Good Old Fashioned Artificial Intelligence). Er grenzte sie von neueren AI-Ansätzen ab, die sich künstlicher neuronaler Netze und Klassifikationsbäumen bedienten (Haugeland 1985). GOFAI ging von der Annahme aus, dass Aspekte der Intelligenz durch die Manipulation von Symbolen in einer Maschine erreicht werden können. Dazu wurden Algorithmen programmiersprachlich formuliert und dann Befehle nach Befehl abgearbeitet.

Künstliche neuronale Netze und Klassifikationsbäume sind dagegen Algorithmen, die Muster in Datenmengen suchen. Sie bewerkstelligt auf diese Weise etwas, das Menschen schlecht bzw. gar nicht können, nämlich große Datenmengen zu beherrschen. Insofern können sie »Intelligence Amplifier« sein, weil sie komplementär zur menschlichen Intelligenz Resultate erzielen und so deren Auswirkungen verstärken können. Schon 1959 hatte der Elektroingenieur Arthur Lee Samuel (1901–1990) überlegt, wie Computer befähigt werden können, zu lernen, ohne dass sie dafür explizit programmiert werden (Samuel 1959). Sein Programmcode für das Brettspiel »Dame« enthielt lediglich die Regeln des Damespiels. Die Güte des Damespiels des Programms wurde aufgrund jener Daten gesteigert, die das Programm erhält, wenn bestimmte Spielkonstellationen, die vorher nicht erreicht worden waren, eine bessere Bewertung bekamen. So konnte das Damespielen des Programms optimiert werden, während das Programm selbst unverändert blieb.

Die Ergebnisse wurden mit Wahrscheinlichkeiten bewertet, somit sind die entsprechenden Algorithmen probabilistisch, denn anders als die klassischen Algorithmen liefern sie Ergebnisse, die nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit richtig sind, während die klassischen Algorithmen stets die eindeutige Lösung des Problems finden. Die so programmierten Algorithmen »lernen« in dem Sinne, dass ihr Output mit der Zeit verbessert werden kann. Die Programme führen also nicht bei jedem Durchlauf auf denselben Ausgabewert. Bei der Bewältigung ihrer eng begrenzten Aufgaben können ML-Algorithmen sich somit immer weiter verbessern.

Große Expertise im Umgang mit Daten hatten lange vor den Computern die Statistiker*innen erworben, die schon in ihren frühen Anfängen als »Staatsbeschreibung« vor allem Daten erhoben, gesammelt und analysiert hatte. Die Statistik wurde zu einer Wissenschaft, die das Verständnis von

Daten fördert und daran anschließend Hypothesen zu generieren imstande ist und ihre Methoden wurden in allen empirisch arbeitenden Wissenschaften wichtig. Ihre Geschichte verläuft zwischen mathematischer Theorie, wissenschaftlichem Berechnen und Anwendungen. Mit letzteren begann ihre historische Entwicklung, die aber bald einer Mathematisierung unterzogen wurde. Das mathematisch-statistische Methodengebäude entstand bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts nahezu ungestört, bis im Jahre 1950 die Arbeit »Statistical Decision Functions« von Abraham Wald (1902–1950) erschien (Wald 1949). Sie steht für einen gewissen Abschluss der Mathematisierung der Statistischen Inferenz, wie die beiden Statistiker und Stanford-Professoren Bradley Efron (*1938) und Trevor Hastie (*1953) im Epilog ihres vor acht Jahren erschienenen Buchs »Computer Age Statistical Inference« schreiben (Efron and Hastie 2016). Bis dahin spielte der empirisch-numerische Zugang, ihrer Ansicht nach kaum eine Rolle. Erst mit Aufkommen der elektronischen Computer veränderte sich die Statistik-Entwicklung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts und es setzte ein Prozess ein, der die Statistik aus ihrem »Eigenbrötlerium« um mathematische Strukturen herausgelöst und mitgerissen habe, argumentieren die beiden Autoren des Buchs, das den Untertitel »Algorithms, Evidence, and Data Science« bekam.

Bereits 1962 hatte der Statistiker John Wilder Tukey (1915–2000) von seinen Kollegen im Artikel »The Future of Data Analysis« eine anwendungs- und berechnungs-orientierte Ausrichtung der Statistik als Disziplin gefordert (Tukey 1962). Er beurteilte den zur erwartenden »impact of the computer« realistisch, wenn er schrieb, dass die Datenanalyse »could be done by hand on small data sets, but [...] speed and economy of delivery of answer make the computer essential for large data sets and very valuable for small sets.« Und: »The future of data analysis can involve great progress, the overcoming of real difficulties, and the provision of a great service to all fields in science and technology.« (Tukey 1962, 64) Acht Jahre später wies er den Statistikern den Weg von den damals dominanten mathematischen Methoden der statistischen Analyse zur datengenerierten Herleitung von Hypothesen. Gemeinsam mit Jerome Harold Friedman (*1939) entwickelte er die statistische Methode »Projection Pursuit zur Problemlösung bei Daten mit sehr viele Dimensionen. Bei dem Verfahren wird in den hochdimensionalen Datenraum eine Hyperebene gelegt, auf die die Daten zu projiziert werden. In diesen Projektionen lassen sich »interessante« Strukturen aufdecken (Friedman and Tukey 1974).

Im Juli 1982 prophezeite Tukey in seinem Vortrag »Another Look at the Future« für das 14. Interface-Symposium, dass die künftigen Computer die

Datenanalyse gravierend verändern würden: »data analysis would become so computationally intensive that it would push the limits of existing computer systems.« Deswegen plädierte er für interdisziplinäre Zusammenarbeit der Kulturen der Statistik und der Computer Science:

»This means (i) large systems, (ii) systems planned both for growth and for easy specialized attachment, (iii) cooperation between a variety of insightful data analysts on the one hand and a variety of computer experts on the other – each group with diverse skills. Success will not be easy, but starting now poses no major barriers. There are people with enough insights of the needed kinds, though they may be hard to find and assemble. And we can expect the 4th or 5th generations of such systems to be far, far better than anything we have today.« (Tukey 1982)

»Something important changed in the world of statistics in the new millennium« schrieben Efron und Hastie, und die Ursache dafür sahen sie in den Möglichkeiten der Voraussagealgorithmen die das Fach Statistik zu »Data Analytics« und schließlich zur »Data Science« wandelten. Mit ihren Erfolgen, die sich mit Big Data einstellten, wurden sie immer wichtiger. Efron und Hastie nennen sie die »media stars of the Big-Data era« (Efron and Hastie 2016, 446).

Im Jahre 2001 publizierte Leo Breimans (1928–2005) den Artikel »Statistical Modeling: The Two Cultures«, der im gleichen Heft von zahlreichen Fachkolleg*innen kommentiert wurde (Breiman 2001). Innerhalb der Statistik gebe es zwei unterschiedliche »Kulturen« des statistischen Modellierens: Von den Daten zu ihren Schlussfolgerungen gelangten Statistiker*innen entweder ausgehend von der Prämisse, dass ein gegebenes stochastisches Datenmodell die Daten erzeugt oder sie verwenden algorithmische Modelle ohne Vorannahmen über einen Datenmechanismus. Die traditionelle Statistik-Kultur beruhe auf dem Glauben, dass ein(e) Statistiker*in durch Vorstellungskraft und Blick auf die Daten eine einigermaßen gute parametrische Klasse von Modellen für das Naturgeschehen entwickeln kann, und daraufhin würde sie/er die Parameter schätzen und Schlussfolgerungen ziehen. Breiman hielt diese Modelle nicht mehr für genügend, weil die betrachteten Systeme ungeheuer groß und komplex sind und aus den Wissenschaften immer mehr Fragen aufkamen. So mussten auch die Datenstrukturen immer komplexer werden und es wurde schwieriger, geeignete Datenmodelle zu konstruieren.

In der »industriellen Statistik« hatte sich seit Jahrzehnten ein alternatives Vorgehen entwickelt und etabliert. Hochkomplexe Probleme, die

sich der Datenmodellierung entzogen, fanden sich z.B. vermehrt bei der Sprach- und Bilderkennung bzw. -verarbeitung, sowie bei der Voraussage von nichtlinearen Zeitreihen und Finanzmarktanalysen. Seit der Mitte der 1980er Jahre setzten in diesen Feldern vor allem jüngere Informatiker*innen, Physiker*innen und Ingenieure*innen auf die neuen algorithmischen Modelle der künstlichen neuronalen Netzwerke oder der Entscheidungsbäume. Auch Psychometriker*innen und Sozialwissenschaftler*innen nutzten diese Verfahren. Zu dieser neuen Wissenskulturs der algorithmischen Modellierung gehörten damals aber kaum Statistiker*innen aus den Universitäten:

»[...] the list of statisticians in the algorithmic modeling business is short, and applications to data are seldom seen in the journals. The development of algorithmic methods was taken up by a community outside statistics.« (Breiman 2001, 205)

Die Kultur der algorithmischen Modellierung nutzt Algorithmen zur Klassifizierung von Daten und zu ihrer Voraussage aufgrund schon vorliegender Daten, und wegen ihrer hohen Prognosegenauigkeit war sie sehr erfolgreich. Sie basierte auf zwei wichtigen Veränderungen: »[to] challenge for the tools and computers of the time« (Cutler 2010, 1622) und »[to] make the transition from probability theory to algorithms« (Breiman 2001, 215).

Friedman hatte diese »Data-Mining-Revolution« erwartet, und auch gesehen, dass sie das Fach Statistik an einen Scheideweg bringt. Er empfahl seiner Zukunft: »make peace with computing« und »moderate our romance with mathematics« (Friedman 1997, 6). Im gleichen Jahr forderte Chien-Fu Jeff Wu (*1949) die Statistiker*innen-Community auf das Fach Statistik in »Data Science« umzubenennen und nicht mehr von »Statistiker*innen«, sondern von »Data scientists« zu sprechen: »It is time in the history of statistics to make a bold move« (Wu 1997, 11). Man möge sich auf die »großen Datenmengen« fokussieren, sich den anderen Wissenschaften mehr öffnen – auch für die Ausbildung von Datenwissenschaftler*innen sollten die anderen Wissenschaften treibend sein –, deren empirisch-physikalischen Ansatz und deren Wissen zur Problemlösung nutzen.

Zum Ende des 20. Jahrhunderts waren für die statistische Inferenz computerintensive Algorithmen eingeführt worden,⁵ die Software-Packages SAS

5 Die israelischen Statistiker Yoav Benjamini (*1949) und Yosef (Yosi) Hochberg (1945–2013) publizierten die Falscherkennungsrate (englisch False Discovery Rate), die

und SPSS waren weit verbreitet, es entstanden Mathematica und Matlab, und die auf statistischen Computersprachen S und ihrem »Open Source«-Nachfolger R aufsetzenden Algorithmen kamen hinzu (Ross and Gentleman 1996). Zudem wurden die Algorithmen der künstlichen neuronalen Netze, und des Deep Learning sowie andere Machine-Learning-Algorithmen populär. Auch der Statistiker William Swain Cleveland (*1943) warb nun dafür, dass aus der Statistik eine Data Science hervorgehen möge, indem sich die Statistiker*innen den technischen Aspekten der Disziplin der Informatik zuwenden und mit deren Vertreter*innen zusammenzuarbeiten (Cleveland 2001).

Noch im Jahre 1997 hatte Friedman in einem Keynote-Vortrag auf dem 29. Symposium on the Interface Between Computer Science and Statistics davor gewarnt, dass die Statistiker*innen, die auf sie zukommende Data-Mining-Revolution verpassen könnten (Friedman 1997). Gut ein Jahrzehnt später erklärte Wilkinson diese Revolution für beendet: »we are in an era of *machine learning*« (Wilkinson 2008, 419).⁶

Schluss

Der Begriff der *intelligence* ist in den letzten Jahrhunderten in verschiedenen Wissenschaftskulturen und in verschiedenen Bedeutungen benutzt worden. In der Nachrichtentechnik stand *intelligence* seit Beginn der Überlegungen zur Telegraphie bis ins erste Drittel des 20. Jahrhundert für die Mitteilungen und damit sowohl für die übertragenen Nachrichten als auch für deren Bedeutung. In der Psychologie wurde mit *intelligence* die Ursache für die intellektuellen Eigenschaften der Menschen bezeichnet, später auch anderer Lebewesen, und mit Aufkommen der Computer schon bald auch der Maschinen. Schon die frühen Versuche diese verschiedenen Begrifflichkeiten zu klären und so die später von Snow benannte Kluft zwischen diesen Wissenschaftskulturen zumindest an einer Stelle zu überbrücken, stifteten Verwirrung, die noch verstärkt wurde, als der *intelligence* das Attribut *artificial* mitgegeben wurde. Damit war die in Maschinen programmierte Simulation der intellektuellen Eigenschaften

ein Testverfahren zur Beherrschung multipler Testprobleme liefert und Robert Tibshirani (*1956) formulierte die »Lasso« (Least absolute shrinkage and selection operator) genannte Regressionsanalysemethode. Siehe dazu: (Tibshirani 1996).

6 Kursive im Original.

von Menschen gemeint, doch auch die hypothetische Annahme, dass Computer bzw. Computerprogrammen selbst diese intellektuellen Eigenschaften zugeschrieben werden könne und sie deshalb intelligent zu nennen seien, wurde vertreten. Und dann gab es auch noch die Interpretation der Artificial Intelligence als computerisierte Verstärkung der menschlichen Intelligenzleistungen. In den letzten Jahrzehnten wird unter Artificial Intelligence nun das Machine Learning verstanden, das von datengetriebenen Algorithmen handelt, die gerade solche Leistungen hervorbringen, zu denen Menschen nicht in der Lage sind. Für den Fall, dass jemand den technischen Dingen überhaupt *intelligence* zuschreiben will, könnte das Akronym AI dann zu »Alternative Intelligence« aufgelöst werden.

Literatur

- Adorno, Theodor W. 1966. *Negative Dialektik*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Bernstein, Alex. 1958. »A Chess Playing Program for the IBM 704.« *Chess Review* 26 (7): 208–209.
- Berry, Dave M. 2011. »The Computational Turn: Thinking About the Digital Humanities.« *Culture Machine*, 12. Accessed July 4, 2023. https://sro.sussex.ac.uk/id/eprint/49813/1/BERRY_2011-THE_COMPUTATIONAL_TURN-THINKING_ABOUT_THE_DIGITAL_HUMANITIES.pdf.
- Bibel, Wolfgang, and Ulrich Furbach. 2018. *Formierung eines Forschungsgebiets – Künstliche Intelligenz und Intellektik an der Technischen Universität München*. Deutsches Museum Preprint 15.
- Birch, Thomas. 1756. *The History of the Royal Society of London for Improving of Natural Knowledge From Its First Rise In Which The most considerable of those Papers communicated to the Society, which have hitherto not been published, are inserted in their proper order, As A Supplement To The Philosophical Transactions, IV*. London: A. Millar in the Strand.
- Blasche, Siegfried. 2008. »Geist, objektiver«. In: *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*, edited by Jürgen Mittelstraß. Stuttgart: Metzler, Band 4, 722–724.
- Brockman, John. 1995. *The Third Culture: Beyond the Scientific Revolution*. New York: Simon & Schuster.
- Carnap, Rudolf. 1928. *Der logische Aufbau der Welt*. Berlin-Schlachtensee.

- Cleveland, William S. 2001. »Data Science: an Action Plan for Expanding the Technical Areas of the Field of Statistics.« *International Statistical Review* 69 (1): 21–26.
- Cleveland, William S. 2019. *The Collected Works of John W. Tukey. V: Graphics 1965–1985*. Boca Raton, FL: Chapman and Hall/CRC.
- Dilthey, Wilhelm 1883. *Einleitung in die Geisteswissenschaften, Versuch einer Grundlegung für das Studium der Gesellschaft und ihrer Geschichte*. Leipzig: Dunckler & Humblot.
- Dilthey, Wilhelm 1910. *Der Aufbau der geschichtlichen Welt in den Geisteswissenschaften*. Berlin: Abhandlungen der preußischen Akademie der Wissenschaften, Philosophisch-Historische Klasse, Jg. 1910, 1–123.
- Efron, Bradley, and Trevor Hastie. 2016. *Computer Age Statistical Inference. Algorithms, Evidence, and Data Science*. Cambridge University Press.
- Friedewald, Michael. 1999. *Der Computer als Werkzeug und Medium. Die geistigen und rechnerischen Wurzeln des Personal Computers*. Berlin-Diepholz: GNT-Verlag.
- Friedman, Jerome H. 1997. *Data Mining and Statistics: What's the Connection?* Keynote address in Computing Science and Statistics: Proceedings of the 29th Symposium on the Interface Between Computer Science and Statistics.
- Friedman, Jerome H., and John W. Tukey. 1974. »A Projection Pursuit Algorithm for Exploratory Data Analysis.« *IEEE Transactions on Computers* C-23 (9): 881–890.
- Hartley, Ralph Vinton Lyon. 1928. »Transmission of Information.« *The Bell System Technical Journal* VII (3): 535–563.
- Hashagen, Ulf. 2013. »The Computation of Nature, Or: Does the Computer Drive Science and Technology?« In: *The Nature of Computation. Logic, Algorithms, Applications* (CiE 2013), edited by Paola Bonnizzoni, Vasco Brattka, and Benedikt Löwe. Berlin, Heidelberg: Springer, 263–270.
- Haugeland, John. 1985. *Artificial Intelligence: The Very Idea*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Hayes, Patrick J., and Leora Morgenstern L. 2007. »On John McCarthy's 80th Birthday, in Honor of His Contributions« *AI Magazine* (Winter): 93–102.
- Hook, Robert. 1684. *Philosophical experiments and observations of the late eminent Dr. Robert Hooke, and Geom. Prof. Gresh, and other eminent virtuoso's in his time, Discourset of the Royal Society, for 21. Mai 1684*. London: William Derham, 1635–1703.

- Jeffress, Lloyd A. (ed.). 1951. *Cerebral Mechanisms in Behavior: the Hixon Symposium*. New York: Wiley.
- Jordan, Pascual. 1932. »Die Quantenmechanik und die Grundprobleme der Biologie und Psychologie.« *Die Naturwissenschaften* 45: 815–821.
- Kay, Lily E. 2002. *Das Buch des Lebens. Wer schrieb den genetischen Code?* München: Hanser.
- Kelly, Kevin. 1998. »The Third Culture.« *Science* 279 (5353): 992–993.
- Maletzke, Gerhard. 1998. *Psychologie der Massenkommunikation*. Hamburg: Verlag Hans Bredow-Institut.
- Maletzke, Gerhard. 1998: *Kommunikationswissenschaft im Überblick*. Opladen/Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- McCarthy, John. 2006. *Dartmouth and Beyond*, 2006. Accessed July 4, 2023. <http://www-formal.stanford.edu/jmc/slides/dartmouth/dartmouth-sli/>.
- McCarthy, John et al. 1955. *A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence, August 31, 1955*. Accessed July 4, 2023. www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html.
- McCulloch, Warren S. 1951. »Why the Mind is in the Head.« In: *Cerebral Mechanisms in Behavior: the Hixon Symposium*, edited by Lloyd A. Jeffress. 42–111. New York: Wiley.
- McCulloch, Walter S. and Walter Pitts. 1943. »A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity« *Bulletin of Mathematical Biophysics* 5: 115–133.
- Ormsbee, W. Robinson 1965. Review of: C. P. Snow: *The Two Cultures: And a Second Look*. *Technology and Culture* 6 (1) *Museums of Technology* (Winter): 162–164.
- Minsky, Marvin Lee. 1952. *Neural-Analogue Calculator Based upon a Probability Model of Reinforcement*. Harvard University Psychological Laboratories: Cambridge, Mass., January 8.
- Minsky, Marvin Lee. 1954. »Theory of neural-analog reinforcement systems and its application to the brain-model problem.« PhD diss., Princeton University, N.J.
- Ross, Ihaka, and Robert Gentleman. 1996.: »R: A Language for Data Analysis and Graphics.« In: *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5 (3). American Statistical Association, Institute of Mathematical Statistics, Interface Foundation of North America, Alexandria: 299–314. Accessed July 4, 2023. <https://www.stat.auckland.ac.nz/~ihaka/downloads/R-paper.pdf>.
- Samuel, Arthur Lee. 1959. »Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers.« *IBM Journal of Research and Development* 3 (3): 210–229.

- Shannon, Claude E. 1948. »The Mathematical Theory of Communication.« *Bell System Technical Journal* 27 (3, 4): 379–423, 623–656.
- Shannon, Claude E., and John McCarthy, ed. 1956. *Automata Studies*. Princeton, NJ: Princeton University Press (Annals of Mathematical Studies).
- Shermer, Michael. 2007. »The Really Hard Science.« *Scientific American* 297 (4): 44–46.
- Slagle, James R. 1963. »A Heuristic Program That Solves Symbolic Integration Problems in Freshman Calculus, Symbolic Automatic Integrator.« *Journal of the ACM* 10 (4): 507–520.
- Snow, Charles Percy. 1959. *The Two Cultures and the Scientific Revolution (The Rede Lecture 1959)*. Cambridge, Mass.
- Snow, Charles Percy. 1964. *Two Cultures: And a Second Look. An Expanded Version of the Two Cultures and the Scientific Revolution*. Cambridge, Mass.
- Szilárd, Leo. 1929. »Über die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffen intelligenter Wesen.« *Zeitschrift für Physik* 53: 840–856.
- Terman, Lewis M., and Maud A. Merrill. 1937. *Measuring Intelligence: A Guide to the Administration of the New Revised Stanford-Binet Tests of Intelligence*. London, George G. Harrap.
- Tibshirani, Robert. 1996. »Regression shrinkage and selection via the lasso.« *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 58 (1): 267–288.
- Tribus, Myron T. 1978. »Thirty Years of Information Theory.« In: *The Maximum Entropy Formalism*, edited by Levine Raphael D., Tribus, Myron T. The MIT Press, Cambridge MA, 1–14.
- Tukey, John W. 1962. »The Future of Data Analysis.« *The Annals of Mathematical Statistics* 33 (1): 1–67.
- Tukey, John W. 1982. »Another look in the future.« In: *Computer Science and Statistics, Proceedings of the 14th Symposium of the Interface*, edited by Heiner, Karl W., Sacher, Richard S. Wilkinson, John W. New York: Springer: 2–8.
- Turing, Alan M. 1950. »Computing Machinery and Intelligence.« *Mind* 49 (236): 433–460.
- Ungeheuer, Gerold, Dieter Krallmann, Helmut O. Schnelle, and Hans G. Tillmann. 1966. »Künstliche Intelligenz«, Forschungsbericht 66–7, Gutachterauftrag T-596-L-203, Institut für Phonetik und Kommunikationsforschung, Universität Bonn.
- Vail, Alfred. 1845. *The American Electric Magnetic Telegraph: With the Reports of Congress and a Description of All Telegraphs Known, Employing Electricity or Galvanism*. Philadelphia: Lea and Blanchard: S. 70.

- Wechsler, David. 1944. *The Measurement of Adult Intelligence*. Third Edition, Baltimore: The Williams & Wilkins Company (1. ed. 1939).
- von Neumann, John. 1951. »The general and logical theory of automata.« In: *Cerebral Mechanisms in Behavior: the Hixon Symposium*, edited by Lloyd A. Jeffress. 1–41. New York: Wiley.
- Wald, Abraham. 1949. »Statistical Decision Functions.« *The Annals of Mathematical Statistics* 20 (2): 165–205.
- Weaver, Warren. 1949. »The Mathematics of Communication.« *Scientific American* 181: 11–15.
- Wiener, Norbert. 1948. *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Paris: Hermann & Cie & Cambridge Massachusetts MIT Press.
- Wilkinson, Leland. 2008. »The Future of Statistical Computing.« *Technometrics* 50 (4): 418–435.
- Wu, Chien-Fu. 1997. »Statistics = Data Science?«. Accessed July 4, 2023. <http://tinyurl.com/barc-studie-datascience>.
- Zemanek, Heinz. 1971. »Was ist Informatik?« *Elektronische Rechenanlagen* 4: 157–161.

