



**Eine illustrierte kurze Geschichte der Informatik
im Allgemeinen und an der OTH Regensburg**

September 2023

Professor Dr. Frank Herrmann

Dekan der Fakultät für Informatik und Mathematik, OTH Regensburg

Ein Blick auf die Geschichte der Informatik ist eine faszinierende Reise durch über fünf Jahrtausende Menschheitsgeschichte geprägt von mathematischen und technologischen Erfindungen, die uns zu der Informatik, so wie wir sie kennen, geführt haben. Sie ist so umfangreich, dass ihre vollumfängliche Erfassung sicher mehrere Bücher erfordert. Folglich kann das Ziel dieses Beitrags nur deutlich bescheidener sein. Auf ihre Bedeutung wird moderat eingegangen, teilweise um die Entwicklung der Informatik an der OTH Regensburg nachzuvollziehen. In manchen Fällen wird eine ganze Zeitspanne, öfters bis heute, berücksichtigt. Schließlich handelt es sich nicht um eine wissenschaftliche Abhandlung – manches ist eher vereinfachend. Dennoch möge der Artikel eine gewisse Orientierung geben (und zu einer weiteren Beschäftigung mit diesem Thema ermuntern), gerade auch im Hinblick auf die Informatik an der OTH Regensburg. Manche Themen werden in Artikeln, Interviews usw. auf der Homepage zu 50 Jahre Informatik und Mathematik noch vertieft werden, auch um die uneinheitliche Detaillierung teilweise zu beheben.

Der Grundstein für die Entwicklung der Informatik wurde 2400 v. Chr. mit der Erfindung des mechanischen Rechenhilfsmittels Abakus in Babylonien gelegt, s. die Abbildung 1. Der Abakus ist ein einfaches Recheninstrument, bestehend aus einem Rahmen und darin befindlichen, beweglichen Perlen, mit dessen Hilfe Berechnungen in den vier arithmetischen Grundrechenarten durchgeführt werden können.

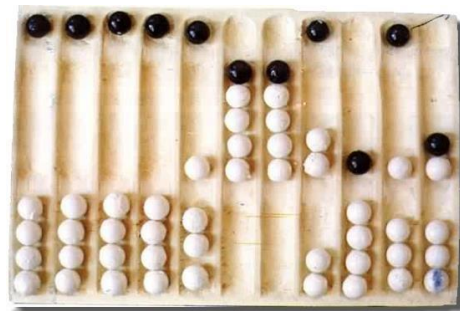


Abbildung 1: Babylonischer Abakus (Quelle: ResearchGate, https://www.researchgate.net/figure/Babylonian-Abacus_fig1_310874339, Fadi Safieddine, abgerufen am 24.09.2023)

Im Jahr 200 v. Chr. verwendet der indische Mathematiker Acharya Pingala (3. – 2. Jhdt. v. Chr.), s. die Abbildung 2, als Erster die Binärnotation bestehend aus 0en und 1en, die heute die Grundlage für die Informationsverarbeitung in Computern bildet.



Abbildung 2: Acharya Pingala (Quelle: Prayoga, <https://www.prayoga.org.in/post/acharya-pingala-s-maathrameru>, abgerufen am 24.09.2023)

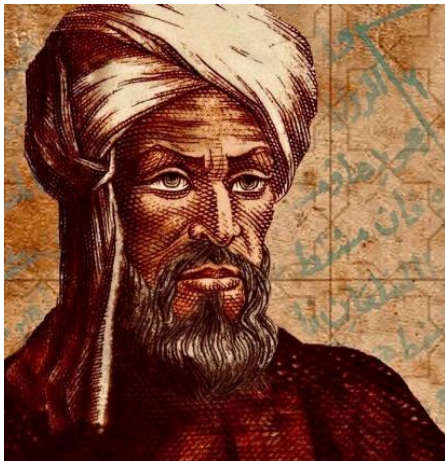


Abbildung 3: Muhammad Al-Chawarizmi (Quelle: Bayt Al Fann, <https://www.baytalfann.com/post/algorithms-algebra-astronomy-muhammad-ibn-musa-al-khwarizmi>, abgerufen am 24.09.2023)

Im Jahr 833 n. Chr. ebnete Muhammad Al-Chawarizmi (ca. 780 – ca. 835-850 n. Chr.), s. die Abbildung 3, den Weg für die Entwicklung von Algorithmen, indem er formale Handlungsvorschriften zur Lösung linearer und quadratischer Gleichungen definierte und das Konzept des Algorithmus in der Mathematik begründete. Der Terminus Algorithmus leitet sich aus der lateinischen Schreibweise seines Namens „Algorismi“ ab.

Zu Beginn der frühen Neuzeit, im Jahr 1492, entwarf der Künstler und Ingenieur Leonarda da Vinci den ersten mechanischen Taschenrechner, in Form einer Additionsmaschine aus 13 Zahnrädern, s. die Abbildung 4, und einen der ersten Roboter, in Form eines mechanischen Ritters, s. die Abbildung 5.

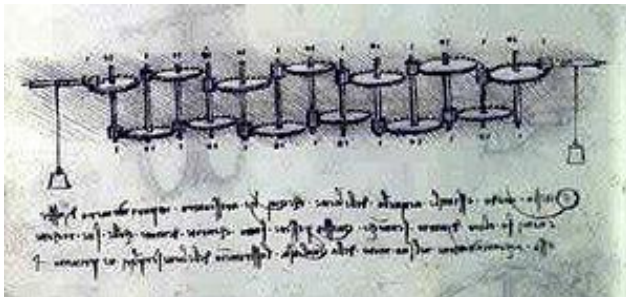


Abbildung 4: Skizze Leonardo da Vincis zu einer mechanischen Rechenmaschine (Quelle: Wikipedia, https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_de_sumar_de_Leonardo_Da_Vinci, abgerufen am 24.09.2023)

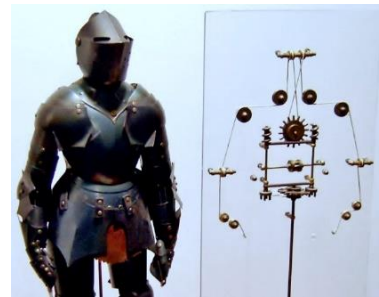


Abbildung 5: Mechanischer Roboter von Leonardo da Vinci (Quelle: HNF Blog, <https://blog.hnf.de/der-roboter-des-leonardo-da-vinci/>, abgerufen am 24.09.2023)

Der Philosoph und Mathematiker Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716), s. die Abbildung 6, erkannte, dass sich mithilfe des Dualsystems arithmetische Berechnungen vereinfachen lassen und entwickelte auf dessen Basis 1694 den Dualzahlenrechner, den ersten mechanischen Rechner, der multiplizieren konnte, s. die Abbildung 7.

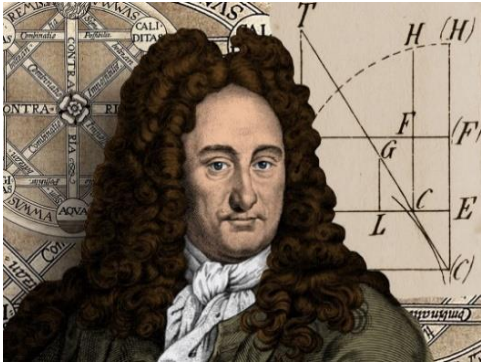


Abbildung 6: Gottfried Wilhelm Leibniz (Quelle: IEEE Spectrum, <https://spectrum.ieee.org/in-the-17th-century-leibniz-dreamed-of-a-machine-that-could-calculate-ideas>, abgerufen am 24.09.2023)



Abbildung 7: Rechenmaschine von Leibniz (Quelle: Deutsche Digitale Bibliothek, <https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/item/ZU7CE6P32SFX3ASZHIQKT-VW3VXL5UHUU>, Fotograf*in: Sergei Magel, abgerufen am 24.09.2023)

Im Jahr 1843 legte die britische Mathematikerin Ada Lovelace (1815 – 1852), s. die Abbildung 8, durch das Schreiben des ersten Computerprogramms zur Berechnung von Bernoulli-Zahlen für Charles Babbages (1791–1871) Analytical Engine, der Vorläuferin des Computers, s. die Abbildung 9, den Grundstein für das Programmieren von Computern.



Abbildung 8: Ada Lovelace (Quelle: Zeit Online, <https://www.zeit.de/2014/05/ada-lovelace-programmiererin>, abgerufen am 24.09.2023)

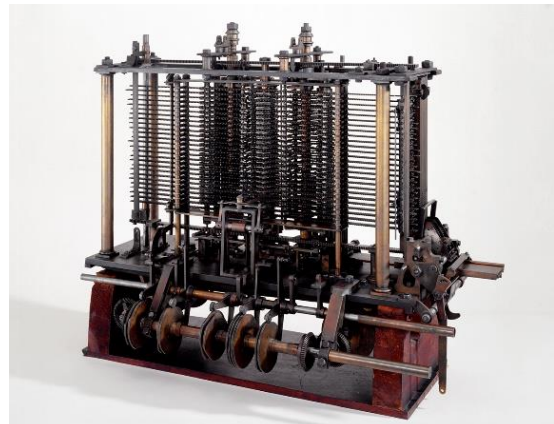


Abbildung 9: Charles Babbages Analytical Engine (Quelle: Wikipedia, [https://de.wikipedia.org/wiki/Analytical_Engine#/media/Datei:Babbages_Analytical_Engine,_1834-1871._\(9660574685\).jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Analytical_Engine#/media/Datei:Babbages_Analytical_Engine,_1834-1871._(9660574685).jpg), abgerufen am 24.09.2023)

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts, im Jahr 1895, gelang dem italienischen Radio- und Amateurfunk-Pionier Guglielmo Marconi (1874 – 1937), s. die Abbildung 10, die drahtlose Übertragung von Signalen mittels elektromagnetischer Wellen über eine Entfernung von mehreren Kilometern, wodurch er zur damaligen Zeit die Telekommunikation revolutionierte und die Grundlage für die Entwicklung drahtloser Technologien schuf.



Abbildung 10: Guglielmo Marconi (Quelle: ThoughtCo., <https://www.thoughtco.com/guglielmo-marconi-biography-4175003>, abgerufen am 24.09.2023)

Die Entwicklung von Computerarchitekturen ist auf das Jahr 1937 zurückzuführen als der britische Mathematiker und Informatiker Alan Turing (1912 – 1954), s. die Abbildung 11, ein theoretisches Modell von Computern vorschlägt, s. die Abbildung 12. Das abstrakte, universelle Modell der sogenannte Turing-Maschine zeigt, dass jede berechenbare Funktion von einer Maschine mit ausreichend (Rechen- und Speicher-) Kapazität gelöst werden kann. Es impliziert, dass die Komplexität einer Maschine durch die Software und nicht länger durch die Hardware bestimmt wird, wodurch Turing das grundlegende Konzept moderner Computer antizipierte.

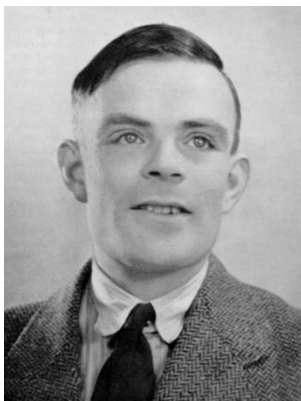


Abbildung 11: Alan Turing (Quelle: ARD alpha, <https://www.ard-alpha.de/wissen/geschichte/historische-persoennlichkeiten/alan-turing-enigma-code-computer-maschine-100.html>, abgerufen am 24.09.2023)

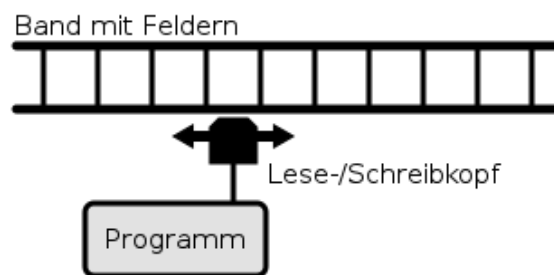


Abbildung 12: Ein-Band-Turingmaschine (Quelle: Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Turingmaschine>, abgerufen am 24.09.2023)

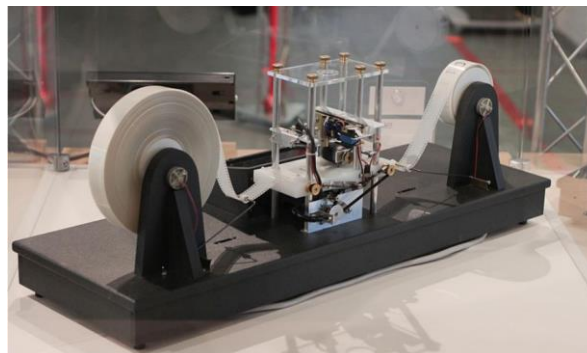


Abbildung 13: Ein physikalisches Modell einer Turingmaschine (Quelle: Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Turing_machine, abgerufen am 24.09.2023)

In den 1940er Jahren wurde eine neue Ära der Automatisierung und Informationsverarbeitung eingeleitet. Mechanische Rechenmaschinen wurden von elektronischen Computern abgelöst, deren Vorläufer elektromechanische Computer waren. Der Startschuss fiel am 12. Mai 1941 in Berlin als der deutsche Ingenieur Konrad Zuse den ersten funktionsfähigen, programmierbaren Universalrechner namens „Z3“ der Öffentlichkeit vorstellte, s. die Abbildung 14. Der Rechner, so groß

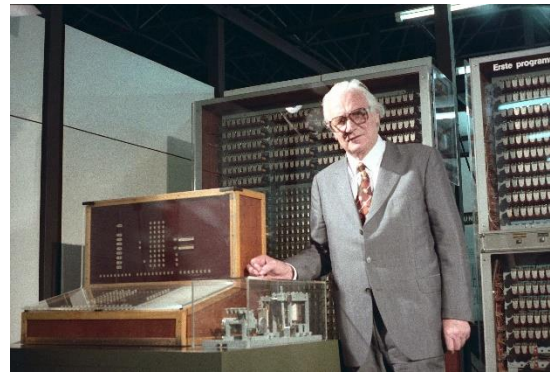


Abbildung 14: Konrad Zuse mit Z3, dem ersten Computer der Welt (Quelle: Ingenieur.de (Deutsches Museum), <https://www.ingenieur.de/technik/produkte/konrad-zuses-z3-computer-welt-80/>, abgerufen am 24.09.2023)

wie ein Wandschrank und schwerer als eine Tonne, umfasste eine Speicherkapazität von lediglich 64 Wörtern und benötigte drei Sekunden für eine Division oder Multiplikation.

Der erste Großcomputer der Welt der „Harvard Mark I“ wurde von dem Mathematikprofessor Howard H. Aiken (1900 – 1973) in Zusammenarbeit mit IBM an der Universität Harvard in den USA entwickelt und 1944 in Betrieb genommen, s. die Abbildung 15. Der Rechner mit einer Länge von 15 Metern und einer Höhe von 2,5 Metern, bestand aus 760.000 Einzelteilen und wurde in der US Navy für die Berechnung von Feuer- und Flugtabellen eingesetzt.



Abbildung 15: Professor Howard H. Aiken mit IBMs „Harvard Mark I“ (Quelle: ThoughtCo., <https://www.thoughtco.com/howard-aiken-and-grace-hopper-4078389>, abgerufen am 24.09.2023)

Im Jahr 1950 hat Alan Turing den Turing-Test entwickelt und zugleich den Grundstein für die Entwicklung von künstlich intelligenten Systemen gelegt. Der Turing-Test bietet eine Möglichkeit, um zu testen, ob eine Maschine menschliches Denken nachahmen kann. Dabei gibt es einen Fragesteller, und jeweils einen Menschen oder einen Computer als Befragte. Aufgrund

der Antwort des Befragten muss der Fragesteller entscheiden, wer ein Mensch und wer ein Computer ist, s. die Abbildung 16. Wenn der Fragesteller sich in über der Hälfte der Fälle für den Menschen anstelle des Computers entscheidet, dann wird der Computer als künstlich intelligent eingestuft.

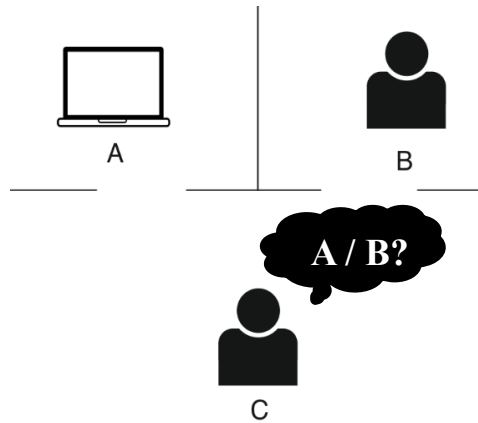


Abbildung 16: Durchführung eines Turing-Tests (eigene Darstellung)

Im Jahr 1951 erfand die amerikanische Informatikerin Grace Hopper (1906 – 1992), s. die Abbildung 17, den ersten Compiler, der menschenlesbaren Code in Maschinencode übersetzte, und entwickelte die Idee geräteunabhängiger Programmiersprachen.



Abbildung 17: Grace Hopper, 1906 – 1992 (Quelle: Gesellschaft für Informatik, <https://gi.de/persoenlichkeiten/grace-hopper>, abgerufen am 24.09.2023)

Zu Beginn der 1960er Jahre nahm die Informatik Einzug in die Fertigungsindustrie. Im Jahre 1961 wurde durch den erfolgreichen Einsatz des Industrieroboters „Unimate“, s. die Abbildung 18, in der Ferti-



Abbildung 18: Der erste industrielle Roboter „Unimate“ (Quelle: IEEE Spectrum, <https://spectrum.ieee.org/unimation-robot>, abgerufen am 24.09.2023)

gungsstraße des US-amerikanischen Automobilkonzerns General Motors der Grundstein für die Automatisierung von Fertigungsprozessen gelegt. Der erste industrielle Roboter übernahm die einseitige und gefährliche Aufgabe die fertigen Gussteile aus einer Druckgusspresse zu entladen.

IBM stellte 1964 mit System/360 den ersten Universal-Großrechner vor, s. die Abbildung 19. Die /360- Familie gilt als wichtigste "Erfindung" der IBM und war ein sehr großer kommerzieller Erfolg für das Unternehmen. Davor war praktisch jeder Computer ein Unikat, optimiert für bestimmte Aufgaben und Kunden.



Abbildung 19: System /360 - Der Name war Programm: Die Zahl 360 im Produktnamen stand für die 360 Grad eines Kreises, was wiederum als Hinweis auf die universelle Einsetzbarkeit dieses Systems zu verstehen ist. Foto: IBM – entnommen aus „Die IBM /360 (1964) - der erste Universal-Großrechner - Vom Mainframe zur Service-Company: IBM feiert 100. Geburtstag - computerwoche.de; <https://www.computerwoche.de/a/ibm-feiert-100-geburtstag,2488115,6>“, abgerufen am 24.09.2023)

Damit etablierte der Konzern nicht nur den Universalrechner, sondern auch das Prinzip der Kompatibilität. Dadurch sanken die Investitionskosten für neue Computerausrüstung gewaltig, weswegen die Installationen ab Mitte der 1960er Jahre sprunghaft anstiegen. Die Kompatibilität (von Software, Hardware und Peripherie) bezog sich nur auf Mainframe-Welt von IBM. Wollte ein Anwender zu einem anderen Hersteller wechseln, so fielen immense zusätzliche Kosten an.

Die Ursprünge der Textverarbeitung liegen im Jahr 1964 als IBM das MT/ST-System, den „Magnetic Type Selectric Typewriter“, s. die Abbildung 20, veröffentlichte. Bei dem System, das in Deutschland als "Magnetband-Schreibmaschine" (MB 72) vermarktet wurde, handelt es sich um eine Kugelkopfmaschine mit einem Beistelltisch, auf dem zwei, mit Speicherkassetten bestückte Bandlaufwerke mechanisch gesteuert werden. Mithilfe der textverarbeitenden Maschine können Absätze neu geschrieben und umkopiert oder Textblöcke verschoben und Serienbriefe verfasst werden.



Abbildung 20: IBMs erstes Schreibsystem MT/ST beziehungsweise MB 72 (Quelle: Heise, <https://www.heise.de/hintergrund/Der-Mensch-denkt-die-Maschine-arbeitet-302172.html>, abgerufen am 24.09.2023)

Den ersten Chatbot, der den Namen „Eliza“ trägt, programmierte im Jahr 1966 der deutsch-amerikanische Informatiker Joseph Weizenbaum (1923 – 2008), s. die Abbildungen 21 und 22. „Eliza“ reagierte auf Schlüsselwörter und antwortete unter anderem mit Fragen oder allgemeinen Phrasen. Im Turing-Test wird der Chatbot leicht als Maschine enttarnt.

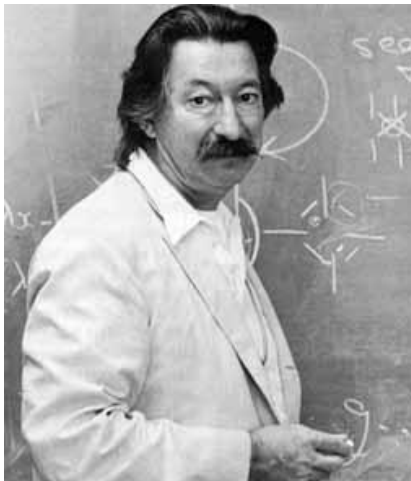


Abbildung 21: Joseph Weizenbaum (Quelle: INSEIT, <https://inseit.eu/weizenbaum-award/>, abgerufen am 24.09.2023)



Abbildung 22: User Interface von Eliza (Quelle: Medium, <https://medium.com/nlp-chatbot-survey/computational-linguistics-754c16fc7355>, abgerufen am 24.09.2023)

Für kleine und mittlere Unternehmen waren die Großrechner von Massenhersteller wie IBM zu teuer. Das Unternehmen Nixdorf, das von Heinz Nixdorf (1925 - 1986), s. die Abbildung 23, gegründet wurde, besetzte diese Marktnische mit dem im Jahre 1967 entwickelten modular aufgebauten Nixdorf-Universalcomputer 820, s. die Abbildung 23, in dem es dadurch den Computer direkt an den Arbeitsplatz brachte und so kleineren und mittleren Betrieben die Nutzung der elektronischen Datenverarbeitung zu einem erschwinglichen Preis ermöglichte. Anwendungen waren beispielsweise Lohn- und Gehaltsabrechnung, Fakturierung sowie auch die Prozessautomatisierung und -steuerung.



Abbildung 23: Unternehmensgründer Heinz Nixdorf mit Nixdorf Universalcomputer 820 von 1968 (Quelle: Wikipedia, https://de.wikipedia.org/wiki/Nixdorf_Computer, abgerufen am 24.09.2023)

Im Jahr 1969 wurde das ARPANET, der Vorfahre des Internets, gestartet, s. die Abbildung 24. Das dezentrale Netzwerk verband unterschiedliche, für das US-Verteidigungsministerium forschende US-amerikanische Universitäten und Forschungseinrichtungen und kommunizierte via Paketvermittlung. Das Betriebssystem UNIX das, wie die Programmiersprache C, in etwa zur gleichen Zeit wie das ARPANET entwickelt wurde, wurde zum Standard im ARPANET und erleichterte die Entwicklung von Kommunikationsanwendungen und Protokollen.

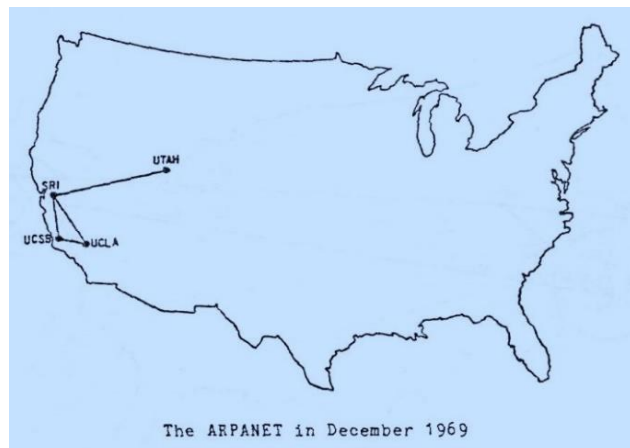


Abbildung 24: Das ARPANET im Dezember 1969 (Quelle: HNF-Blog, <https://blog.hnf.de/fuenfzig-jahre-arpamet/>, abgerufen am 24.09.2023)

Um die 1970er Jahre erfolgte ein zunehmender Einsatz von Elektronik und IT zur weiteren Automatisierung und Vernetzung der Produktion; dies wird als Industrie 3.0 bezeichnet. Die Herren Claus Wellenreuther (geb. 1935), Dietmar Hopp (geb. 1940), Hasso Plattner (geb. 1944), Hans-Werner Hector (geb. 1940) und Klaus Tschira (1940 - 2015), s. die Abbildung 25, wollten als Mitarbeiter von IBM einen Bei-



Abbildung 25: SAP-Gründer Claus Wellenreuther, Dietmar Hopp, Hasso Plattner, Hans-Werner Hector und Klaus Tschira (Quelle: SAP, <https://www.sap.com/about/company/history/1991-2000.html>, abgerufen am 24.09.2023)

trag hierzu leisten. Allerdings schwebte ihnen eine Hardware-Unabhängigkeit vor, an die IBM nicht interessiert war; wie weiter oben bereits dargelegt. Daher gründeten diese fünf Deutschen im Jahre 1972 den Softwarekonzern Systemanalyse Programmentwicklung“, der heute den Namen SAP trägt. Sie hatten die Vision Standardsoftware für Unternehmen zu entwickeln, die alle betrieblichen Abläufe integriert und es ermöglicht, Daten in Echtzeit zu verarbeiten.

Die Gründer von SAP hatten eine generelle Entwicklung der Kostenstruktur zwischen Hardware, Software und Wartung erkannt und genutzt, die sich in den Folgejahren zeigte und in der Abbildung 26 grafisch dargestellt wird.

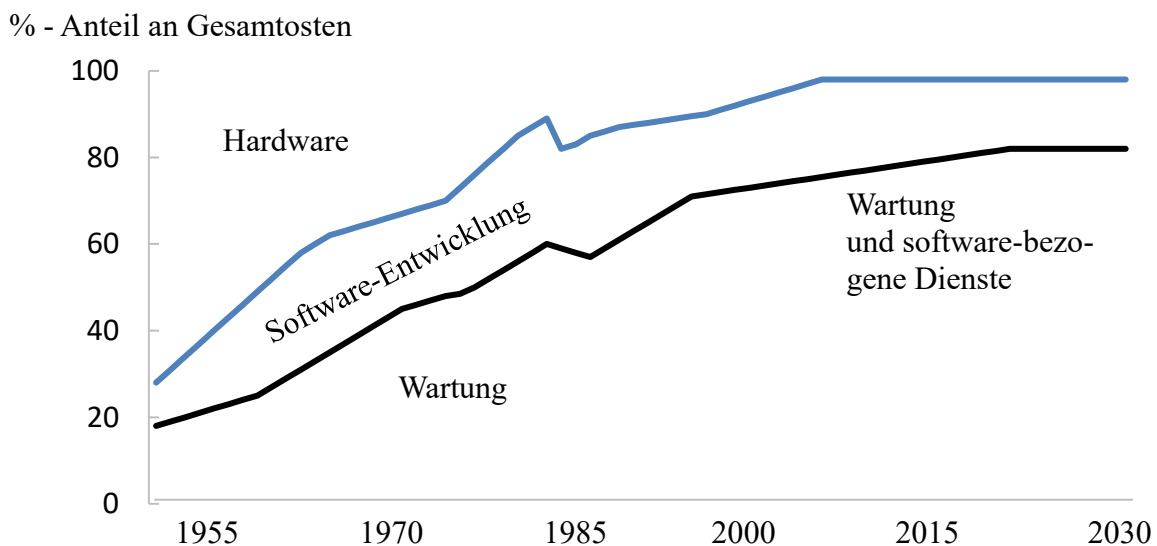


Abbildung 26: Entwicklung der Kostenstruktur eines Computers (eigene Darstellung)

Während in den 1950er Jahren die Hardwarekosten mit 70 % den größten prozentualen Anteil der Gesamtkosten eines Rechners ausmachten, entfielen auf die Softwareentwicklung lediglich 10 % und auf die Wartung 20 %, s. die Abbildung 26. In den 1970er Jahren wandelte sich die Kostenstruktur. Am Ende des Jahrzehnts stellt die Wartung mit 45 % den größten Kostenfaktor dar und es folgen 22 % für die Softwareentwicklung und 33 % für die Hardware. Grund dafür ist, dass die Computer im Laufe der Zeit immer kleiner wurden und weniger Hardware verbaut werden musste, gleichzeitig wurde von Softwareunternehmen Betriebssysteme und Anwendungssoftware entwickelt, die zu einem immer größer werdenden Bestandteil von Rechnern wurden und deren Wartung kostenintensiver ist als die Wartung von Hardware.

Die zunehmende Nutzung von Rechnern erforderte entsprechende Programme und führte zu einem entsprechenden starken Bedarf an Fachkräften. Dem wurde durch verschiedene staatliche Förderprogramme begegnet. Eines war das „Überregionale Forschungsprogramm Informatik (ÜRF)“ der Bundesregierung von 1971. Eine grundlegende Voraussetzung für die Teilnahme der Universitäten am ÜRF war die Einführung des Studiums der Informatik bis zum Beginn des Wintersemester 1971/72, was an 15 Universitäten erfolgte.

Die damalige Fachhochschule Regensburg folgte 1973 mit einem Studiengang Informatik mit den Schwerpunkten Technik und Wirtschaft. Das Curriculum orientierte sich an den sehr klaren Empfehlungen für ein Curriculum im oben genannten Programm („Überregionale Forschungsprogramm Informatik (ÜRF)“), so dass eine große Schnittmenge vorlag. Dadurch bildeten Theoretische Informatik, Mathematik und Programmierung die Schwerpunkte, zusammen mit physikalischen und elektrotechnischen Grundlagen, die allerdings im Zeitablauf mehr und mehr reduziert wurden. Es sei angemerkt, dass diese Disziplinen sehr maßgeblichen Einfluss auf die Gutachten in den Akkreditierungsverfahren zu Informatik-Studiengängen, die seit 2007 kontinuierlich für die Informatik-Studiengänge an der OTH Regensburg erfolgen, hatten und bis heute haben. Auf dieser Grundlage erfolgten auch die Personalentscheidungen im Kollegium. Programmierkurse erfolgten auf einer Zuse Z23 der Fakultät für Elektrotechnik, s. die Abbildung 27 (l.), einer CGK TR440 im Rechenzentrum der Universität, s. die Abbildung 27 (r.), sowie einem IBM System/360 der OBAG; weitere Rechenleistung stellte das Bistum Regensburg und die fürstliche Brauerei bereit.



Zuse Z23



CGK TR440

Abbildung 27: Ein Teil der Rechenleistung für den Studiengang Informatik mit den Schwerpunkten Technik und Wirtschaft im Jahr 1973.

Es entstanden nicht nur immer mehr Programmen, sondern diese wurden auch immer komplizierter. Dadurch wurde der Begriff Softwarekrise geprägt. Eine seiner ersten gesicherten Erwähnungen findet sich in der Dankesrede von Edsger W. Dijkstra (1930 - 2002), s. die Abbildung 28, zum Turing Award mit dem Titel „The Humble Programmer“, die er 1972 hielt und die im Communications of the ACM



Abbildung 28: Edsger W. Dijkstra (Quelle: Wiki Computação, https://wiki.inf.ufpr.br/computacao/doku.php?id=e:edsger_dijkstra, abgerufen am 24.09.2023)

Magazin veröffentlicht wurde. Dijkstra beschrieb darin die Ursache der Softwarekrise wie folgt:

„[The major cause of the software crisis is] that the machines have become several orders of magnitude more powerful! To put it quite bluntly: as long as there were no machines, programming was no problem at all; when we had a few weak computers, programming became a mild problem, and now we have gigantic computers, programming has become an equally gigantic problem.“

„[Die Hauptursache für die Softwarekrise liegt darin begründet,] dass die Maschinen um einige Größenordnungen leistungsfähiger geworden sind! Um es ganz deutlich zu sagen: Solange es keine Maschinen gab, war Programmierung kein existierendes Problem; als wir ein paar schwache Computer hatten, wurde Programmierung zu einem geringen Problem, und nun, da wir gigantische Computer haben, ist die Programmierung ein ebenso gigantisches Problem.“

Damit geht die Softwarekrise auf das Problem zurück, dass selbst einfache Programme derart komplex aufgebaut sein können, dass sie mathematisch sehr schwer beschreibbar und aufgrund der hohen Zahl von Permutationen (also der Vielzahl von Softwarezuständen) schwer testbar sind.

Da die Komplexität der Softwaresysteme weiter steigt, kann die Softwarekrise auch heute nicht als beendet betrachtet werden, auch wenn es in der Modernisierung und Strukturierung des Softwareentwicklungsprozesses große Fortschritte gab und gibt.

Im Jahr 1971 stellt der US-amerikanische Halbleiterhersteller Intel den ersten dynamischen RAM-Chip und den ersten Mikroprozessor, den Intel 4004, s. die Abbildung 29, vor. Der Intel 4004 ist der erste in Serie produzierte, kommerziell erhältliche Mikroprozessor, der den Bau kleinerer, leistungsfähigerer und preisgünstigerer Computer ermöglichte.

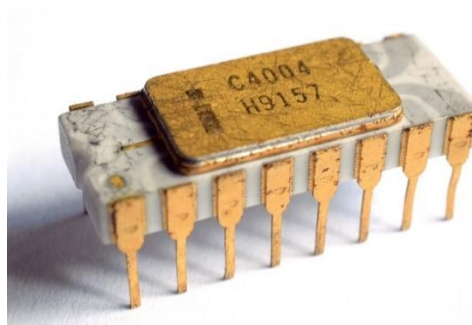


Abbildung 29: 4-Bit-Mikroprozessor des Mikrochipherstellers Intel mit sichtbaren Leiterbahnen: Intel 4004 (Quelle: Wikipedia, https://de.wikipedia.org/wiki/Intel_4004, abgerufen am 24.09.2023)

Die Entwicklung von Mikroprozessoren folgte einer Prognose von Gordon Moore (1929 – 2023), s. die Abbildung 30, über die Anzahl an Transistoren in einem komplexen integrierten Schaltkreis. In einer populären Zeitschrift prognostizierte Moore 1965, dass sich in den nächsten 10 Jahren die Anzahl der Transistoren in einem komplexen integrierten Schaltkreis jedes Jahr ungefähr verdoppeln werden. Der Intel 8086 (von 1976) belegt die Richtigkeit dieser Vorhersage; es wird (daher) auch vom Mooreschen Gesetz gesprochen.

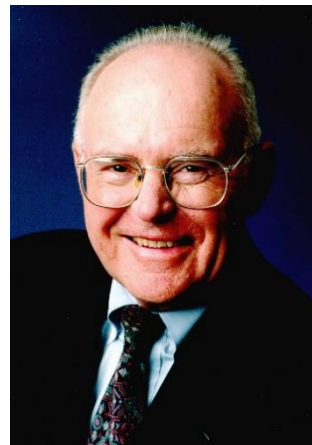


Abbildung 30: Urheber des Mooreschen Gesetzes Gordon Moore (Quelle: ThoughtCo., <https://www.thoughtco.com/biography-of-gordon-moore-1992167>, abgerufen am 24.09.2023)

Moore revidierte 1975 seine Schätzung auf eine Verdoppelung alle zwei Jahre. Real verdoppelte sich lange Zeit die Leistung neuer Computerchips im Mittel etwa alle 20 Monate; s. die Abbildung 31. Die, auch dadurch, erreichte Rechengeschwindigkeit beträgt beim leistungsfähigsten Supercomputer Frontier (HPE/Cray, USA) im Juni 2023, laut dem Unternehmen STATISTA, 1194000 TeraFLOPS (Floating Point Operations Per Second – Gleitkommaoperationen pro Sekunde). Heute hat sich der Anstieg der Komplexität zwar verlangsamt, dennoch betrug in 2023 die höchste Transistoranzahl in einem kommerziell erhältlichen Mikroprozessor (und zwar in Apples M2 Ultra) 134 Milliarden. Trotz physikalischer Grenzen sind manche Chiphersteller zuversichtlich, durch Prozessinnovation ein „ähnliches“ exponentielles Wachstum wie bisher realisieren zu können.

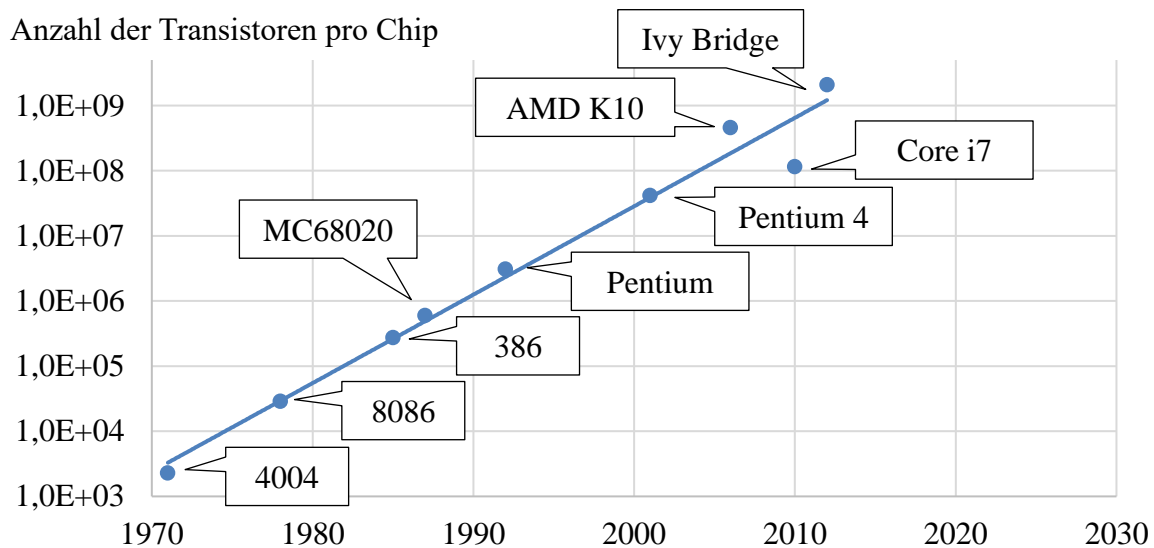


Abbildung 31: Das Mooresche Gesetz in der Praxis, mit einer Auswahl von Meilenstein-Prozessoren, dem Jahr deren Einführung und der Anzahl der Transistoren (eigene Darstellung)

Diese Entwicklung bewirkte eine exponentielle Steigerung der Rechenleistung, s. die Abbildung 32. Der erste Computer, der in Richtung hoher Rechenleistung optimiert wurde und als

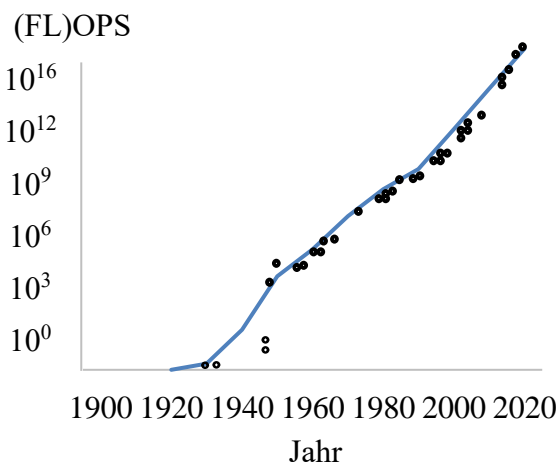


Abbildung 32: Rechengeschwindigkeit von Supercomputern (eigene Darstellung)

erster offiziell installierte Supercomputer gilt, ist der „Cray-1“ aus dem Jahr 1976 mit 130 Millionen Gleitkommaoperationen pro Sekunde (MFLOPS). Gegen Ende der 1990er Jahre wurde erstmals eine Leistung von über einer Billion Gleitkommaoperationen pro Sekunde (TFLOPS) erreicht, gegen Ende der 2000er von über einer Billiarde Gleitkommaoperationen pro Sekunde (PFLOPS). Eingesetzt werden solche Supercomputer für wissenschaftliches Rechnen.

Im Jahr 1975 gründeten Bill Gates (geb. 1955) und Paul Allen (1953 – 2018) Microsoft, s. die Abbildung 33, mit Ihrer Vision „A computer on every desk and in every home“ – „Ein Computer auf jedem Schreibtisch und jedem Haushalt“. Gates und Allen adressierten ein Marktsegment, welches von den etablierten Unternehmen nicht erkannt wurde. Von denen ist aufgrund öffentlicher Äußerungen eine Einstellung bekannt ist, die sich durch die Aussage „Es gibt keinen Grund, warum eine Person einen Computer in seinem Zuhause haben wollen möchte“, zusammenfassen lässt, welche Ken Olsen, CEO der Digital Equipment Corporation, im Jahr 1977 sagte; DEC war zu diesem Zeitpunkt einer der größten und wichtigsten Computerhersteller der Welt (und wurde später vom PC-Hersteller Compaq aufgekauft).



Abbildung 33: Die Microsoft Gründer Paul Allen (l.) und Bill Gates (r.) (Quelle: Luxatic, <https://luxatic.com/paul-allen-the-brain-of-microsoft-and-beyond/>, abgerufen am 24.09.2023)

Im Jahr 1976 gründeten Steve Jobs (1955 – 2011), Steve Wozniak (geb. 1950) und Ronald Wayne (geb. 1934), s. die Abbildung 34, Apple Inc. und stellten im Folgejahr den Apple II, den ersten Personal Computer mit Farbgrafik vor, s. die Abbildung 35, der sowohl als Heimcomputer als auch Arbeitsplatzrechner eingesetzt wurde.

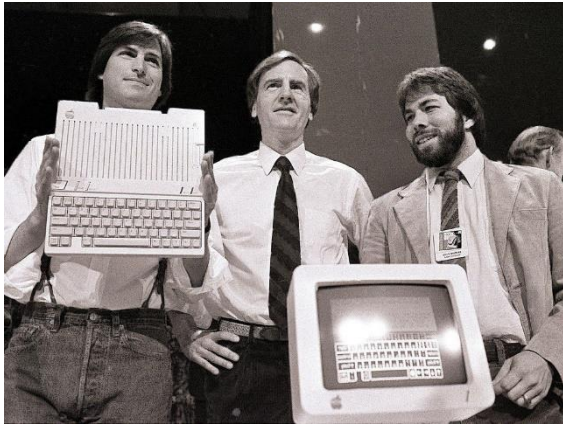


Abbildung 34: Die Apple Gründer: Steve Jobs (l.), Ronald Wayne (m.) und Steve Wozniak (r.) (Quelle: PC Solucion, <https://pc-solucion.es/tecnologia/ronald-wayne-el-tercer-hombre-de-apple/>, abgerufen am 24.09.2023)



Abbildung 35: Apple II (Quelle: Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Apple_II#/media/File:Apple_II_typical_configuration_1977.png, abgerufen am 24.09.2023)

Im Jahr 1977 erhielt der Studiengang Informatik einen Prozessrechner Interdata 6/16 installiert, s. die Abbildung 36, programmiert wurde er in Assembler und FORTAN.



Abbildung 36: Prozessrechner Interdata 6/16 für den Studiengang Informatik mit den Schwerpunkten Technik und Wirtschaft im Jahr 1973.

Im Jahr 1979 wurde im Sammelgebäude ein erster Pool mit "Mikrorechnern" eingerichtet, s. die Abbildung 37. Unter dem Betriebssystem CP/M standen verschiedene Programmierumgebungen (Assembler, FORTRAN, und PASCAL) und Anwendungen (Textverarbeitung, Grafik, Datenübertragung, Terminal-Emulation, ...)



Abbildung 37: „Mikrorechner-Pool“ eingerichtet im Sammelgebäude der Universität Regensburg, Foto aus dem Jahre 1985

Über einen „Terminalkonzentrator“ und eine Modem-Leitung konnten die Rechner auch als Terminals des Universalrechners TR 440 im Rechenzentrum der Universität benutzt werden.

Allgemein anerkannt ist, dass durch die Präsentation des IBM Personal Computer (PC), s. die Abbildung 38, am 12. August 1981 eine neue Ära der Informatik eingeleitet wurde. Als Basis für den durchschlagenden Markterfolg der IBM-Architektur wurde die Entscheidung angesehen, anderen Firmen wie Compaq, Dell oder Nixdorf den Nachbau des IBM-PCs zu gestatten. Zehn Jahre nach dem Verkauf des ersten «PC-Clones» durch Compaq verlor



Abbildung 38: Der IBM Personal Computer Modell 5150 (Quelle: Wikipedia, https://de.wikipedia.org/wiki/IBM_Personal_Computer, abgerufen am 24.09.2023)

IBM die Spitzenposition im Markt 1994 an das texanische Unternehmen. 2005 verkaufte IBM seine PC-Sparte samt Marktrechten an den chinesischen Konzern Lenovo, der heute Weltmarktführer ist. Dies dürfte das Ergebnis von Kosteneffizienz und weniger von Wandel sein. Die immense Wirkung von Wandel zeigt sich an anderer Stelle. Anfang der 1980er Jahre war IBM ein Gigant und galt auf dem Gebiet der Computertechnologie als unangreifbar. IBM unterschätzte völlig die Bedeutung des Betriebssystems in einem PC und überließ dies dem 24-jährigen Bill Gates. Er machte sein Betriebssystem zum dominierenden in PCs und schuf nach allgemeiner Einschätzung ein Imperium, das die PC-Technologie dominiert. Demgegenüber stand IBM in den 1990er Jahren vor dem Ruin.

Im Jahr 1989 erfand die europäische Organisation für Kernforschung CERN mit dem Ziel, einen allgemeinen Zugang zu einer großen Sammlung von Dokumenten zu schaffen, das World Wide Web und legte dadurch den Grundstein für die Entwicklung von Webseiten, Suchmaschinen und sozialen Netzwerken. Das World Wide Web, dessen historisches Logo in der Abbildung 39 zu sehen ist, ist ein Dienst des Internets, der auf der Verlinkung von HTML-Seiten basiert und die Darstellung von Mediendateien mithilfe eines Browsers ermöglicht.



Abbildung 39: Das historische WWW-Logo (Quelle: Wikipedia, https://de.wikipedia.org/wiki/World_Wide_Web, abgerufen am 24.09.2023)

Zu den PCs wurde zunehmend mehr nützliche Software für die Büroarbeit angeboten, wie Textverarbeitung – statt der Verwendung einer Schreibmaschine, welches der Standard bis weit in die 1980er Jahre für das Schreiben von Dokumenten war –, Präsentationssoftware, Tabellenkalkulation, Mail-System und Programmiermöglichkeiten. Dies führte zu einer sehr hohen Verbreitung der PCs – quasi einem Siegeszug und er begann den Alltag von Millionen Menschen zunehmend mehr zu prägen und teilweise sogar zu beherrschen.

Aus Sicht der Fakultät war bereits dadurch ein hoher Nutzen für ein Informatik-Studium gegeben. Durch den Modellversuch „Studenteneigene Rechner“ von 1991 bis 1993 wurde dies dadurch unterstützt, dass eine ganze Studiengruppe im 4. Semester mit 74 Rechnern ausgestattet wurde; die Studierenden leisteten einen Eigenbeitrag von jeweils 3000 DM in drei Raten (40% des Systempreises). Ein weiterer Nutzen entstand, da Lehrende zahlreiche „Lernprogramm“ zur Verfügung stellten.

Am 11. August 1994 wurde mit der ersten Transaktion in einem Online-Shop, s. die Abbildung 40, der digitale Wandel des stationären Einzelhandels hin zum E-Commerce eingeleitet. Einer der Ersten, der das Potenzial des E-Commerce erkannten, war Jeff Bezos (geb. 1964), s. die Abbildung 41, der im selben Jahr den Online-Buchhandel „Amazon“ gründete, den er 1995 veröffentlichte. Durch die Ausweitung des Produktsortiments, den Ausbau der Webseite zu einem Online-Marktplatz und der Übernahme des Versands zur Ermöglichung einer schnellen Lieferung, transformierte Amazon in den Folgejahren den elektronischen Handel.



Abbildung 40: Amazon Gründer Jeff Bezos (Quelle: Screen Rant, <https://screenrant.com/jeff-bezos-amazon-ceo-stepping-down-why-when-explained/>, abgerufen am 24.09.2023)



Abbildung 41: Webseite von Amazon zum Start 1995 (Quelle: Heise, <https://www.heise.de/news/25-Jahre-Amazon-com-Ein-Internet-Star-landet-in-der-Kritik-4845029.html>, Amazon, abgerufen am 24.09.2023)

Während die Geburtsstunde der Künstlichen Intelligenz (KI) bereits im Jahr 1956 liegt, als auf einer Wissenschaftskonferenz am Dartmouth College in New Hampshire der Begriff der künstlichen Intelligenz insbesondere von dem Informatiker John McCarthy (1927 – 2011), s. die Abbildung 42, der dort zusammen mit neun weiteren Wissenschaftlern den Grundstein für künstliche Intelligenz als Fachbereich gelegt hat, geprägt wurde, kam der große Durchbruch in der Geschichte der KI-Entwicklung im Jahr 1997, als der Computer „Deep Blue“ von IBM am 11. Mai in New York den damaligen amtierenden Weltmeister Garri Kasparow (geb. 1963) im Schach besiegte, s. die Abbildung 43.



Abbildung 42: John McCarthy (Quelle: The Famous Personalities, <https://www.thefamouspersonalities.com/profile/scientist-john-mccarthy>, abgerufen am 24.09.2023)



Abbildung 43: Schachweltmeister Garry Kasparow gegen den IBM Schachcomputer Deep Blue (Quelle: Garry Kasparov, <https://www.kasparov.com/timeline-event/deep-blue/>, abgerufen am 24.09.2023)

Am 4. September 1998 gründeten die Stanford-Absolventen Larry Page (geb. 1973) und Sergey Brin (geb. 1973), s. die Abbildung 44, in Kalifornien das Unternehmen Google und schalteten die heute bekannteste und markführende Suchmaschine „Google“ online. Den zu dieser Zeit bereits existierenden Suchmaschinen von Yahoo, Lycos und AltaVista war die Suchmaschine „Google“ aufgrund der Relevanz ihrer Suchergebnisse zusammen



Abbildung 44: Die Google Gründer Sergey Brin (l.) und Larry Page (r.) (Quelle: Spiegel Geschichte, <https://www.spiegel.de/fotostrecke/15-jahre-google-die-geschichte-des-suchmaschine-von-page-und-brin-fotostrecke-110448.html>, AP, abgerufen am 24.09.2023)

mit ihrer Geschwindigkeit und ihrer userfreundlichen Oberfläche qualitativ überlegen.

Basierend auf politischen Entscheidungen erfolgte in den 1970er Jahren zunächst der Ausbau der Kerninformatik an den wissenschaftlichen Hochschulen. In Folge dieser Entwicklung bestimmte der abstrakt ausgebildete Informatiker die Hochschul- und Industrielandschaft; häufig wurde sogar von „Rechenmaschinen-Mathematikern“ gesprochen. Seitens der Industrie wurde zunehmend mehr eine betriebswirtschaftlich-betriebstechnisch orientierte Datenverarbeitung gefordert. Die folgenden beiden Entwicklungen zeichneten sich zunehmend deutlicher ab.

Die Möglichkeit, Computer direkt in die von ihnen zu steuernde Systeme, wie Waschmaschinen, „einzubetten“, wurde bereits in 1960er Jahren entwickelt und in der Raumfahrt genutzt. Wegen hohen Entwicklungs- und Produktionskosten zunächst nur in Bereichen mit langen Produktlebenszyklen, geringen Stückzahlen und hoher Komplexität, wie Luftfahrt, Steuerung von Industrieanlagen und Eisenbahn sowie Fahrzeugbau. Durch verschiedene wegweisende Entwicklungen ab den 1990er Jahren, wie wiederprogrammierbare Speicher und generell eine fortschreitende Miniaturisierung, eignen sich Microcontroller-Lösungen zunehmend immer besser, die mechanische und analog-elektronische Komplexität von Produkten, wie sie beispielsweise im Programmschaltwerk früherer Waschmaschinen verbaut waren, zu reduzieren und gleichzeitig neue und verbesserte Produkteigenschaften durch Software zu definieren. Ein Beispiel für ein solches eingebettetes System ist die in der Abbildung 45 dargestellte Thermostatsteuerung.



Abbildung 45: Thermostatsteuerung realisiert durch eingebettete Systeme (Quelle: Variscite, <https://www.variscite.de/>, abgerufen am 24.09.2023)

Da eingebettete Systeme immer auch das Verständnis der physikalischen Welt, in der sie operieren, erfordern, etablierte sich die Technische Informatik, und zwar überwiegend als ingenieurwissenschaftliche Disziplin. Eingebettete Systeme knüpfen an die physikalische Welt mit speziellen Sensor- und Aktuatortechnologien an, die den Entwicklern technologiespezifische Nebenanforderungen auferlegen. Gleichzeitig können Entwickler, aufgrund der genannten Weiterentwicklungen eingebetteter Systeme, immer mehr der Felder der Informatik, die bis dato aufgrund der algorithmischen Komplexität und Rechenintensität größeren Rechnern

vorbehalten blieben, für eingebettete Systeme erschließen. Die laufenden Entwicklungen zu autonomen Robotern, Fahr- und Flugzeugen mögen hier als Beispiel dienen.

Durch die Digitalisierung der industriellen Produktion hat sich der Einflussbereich von Informationssystemen über die letzten 70 Jahre kontinuierlich weiter ausgeweitet, s. die Abbildung 46. Während es in den 1950er Jahren Informationssysteme ausschließlich für technische Änderungen gab, wurden in den 1960er und 1970er Jahren zusätzlich Steuerungsmöglichkeiten für Führungskräfte angeboten. Eines der ersten Bereiche von Unternehmen, die durch Informationssysteme unterstützt und zum Teil gesteuert wurden, ist die Finanzbuchhaltung in den 1970er Jahren. Beim SAP-System beispielsweise folgte dem die Materialwirtschaft mit Einkauf, Lagerverwaltung und die Rechnungsprüfung, wobei diese Anwendungen mit einem gemeinsamen Datensatz arbeiten. Zwischen den 1980er und 1990er Jahren wurden darüber hinaus alle Kernaktivitäten von Unternehmen abgebildet und deren Steuerung wurde durch eine Reihe von Planungssystemen unterstützt. Zu Beginn der 2000er Jahre weitete sich der Einflussbereich von Informationssystemen auf Lieferanten und Kunden außerhalb des Unternehmens aus. Gegen Ende der 2000er Jahre und zu Beginn der 2010er Jahre wurden Business Analytics und In-Memory Datenbanken, wie SAP Hana und Oracle, Teil betrieblicher Informationssysteme. Ferner wurden virtuelle Repräsentationen eines Produkts oder eines Arbeitsablaufs über seinen gesamten Lebenszyklus (als digitaler Zwilling bezeichnet) möglich, die beliebig realitätsnah sein können, und somit statt dem realen Objekt analysiert, verbessert usw. werden können. Im Jahr 2022 stellte BMW einen digitalen Zwilling für jedes seiner Produktionswerke im Internet zur Verfügung. Heute stehen aufgrund der Industrie 4.0 die Erfassung und Analyse von Echtzeitdaten, sowie das auf künstlicher Intelligenz basierte Entscheiden der Systeme im Vordergrund.

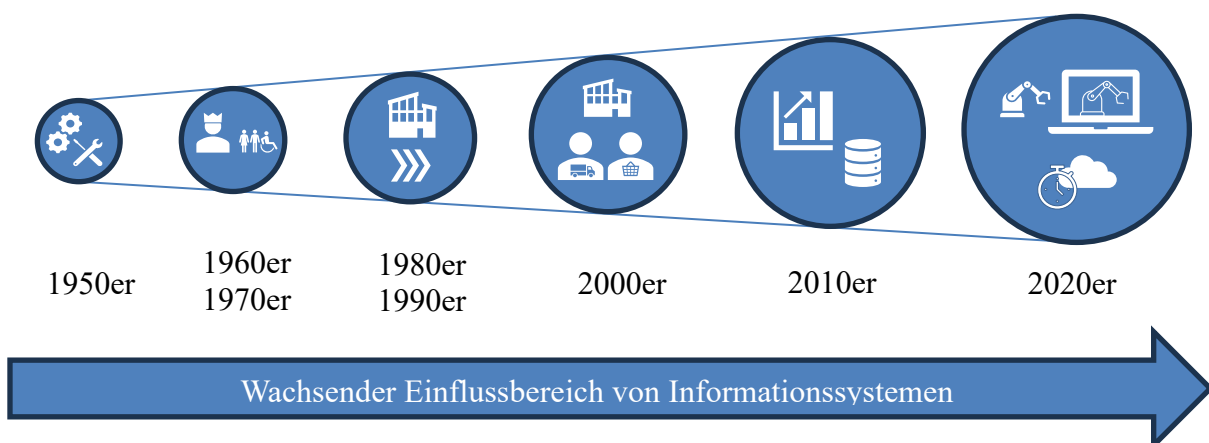


Abbildung 46: Wachsender Einflussbereich von Informationssystemen (eigene Darstellung)

Damit erfordert die Arbeit an und mit Informationssystemen ein Verständnis von Unternehmen, so dass sich die Wirtschaftsinformatik etablierte. Wirtschaftsinformatiker führen unter anderem solche Informationssysteme in Unternehmen ein, konfigurieren diese, sorgen für deren Verfügbarkeit für Benutzer und entwickeln diese weiter. Dadurch stellen die betrieblichen Notwendigkeiten in Unternehmen Randbedingungen für ihre Arbeit (und für Informationssysteme) dar. Gleichzeitig bieten die Entwicklungen in der Kerninformatik Möglichkeiten mit einem Informationssystem ein Unternehmen besser zu unterstützen. Daher etablierte sich die Wirtschaftsinformatik bei den meisten Hochschulen bzw. Universitäten als Erweiterung der Kerninformatik.

Diese beiden Entwicklungen führten dazu, dass im Jahr 1999 die Fakultät den Studiengang Informatik mit den beiden Schwerpunkten Technik und Wirtschaft durch die drei selbständigen Studiengänge

- Allgemeine Informatik,
- Technische Informatik und
- Wirtschaftsinformatik

ersetzte.

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts entwickelten Jimmy Wales (geb. 1966) und Larry Sanger (geb. 1968), s. die Abbildung 47, die Vision einer frei zugänglichen Online-Enzyklopädie. Als sie im Jahr 2001 ihre Vision realisierten und „Wikipedia“ gründeten, ermöglichten sie nicht nur einen weltweiten Zugang zu Wissen, sondern boten jedem Nutzer die Möglichkeit sich aktiv durch das Schreiben von Artikeln in beliebiger Sprache am Projekt „Wikipedia“ zu beteiligen.



Abbildung 47: Die Wikipedia Gründer Larry Sanger (l.) und Jimmy Wales (r.) (Quelle: Youtube, https://www.youtube.com/watch?v=_Rt0eAPLDkM, abgerufen am 24.09.2023)

Der vermehrte Internetzugang in der Bevölkerung führte zu Beginn der 2000er Jahre zu einem Aufschwung sozialer Netzwerke, der das menschliche Zusammenleben fundamental veränderte. Die menschliche Kommunikation wurde zunehmend digitalisiert und in Online-Dienste

verlagert. Im Jahr 2004 wurde von dem damaligen Harvard-Studenten Mark Zuckerberg (geb. 1984), s. die Abbildung 48, „Facebook“ gegründet. Zwei Jahre später wurde von Jack Dorsey (geb. 1976), s. die Abbildung 49, der Kurznachrichtendienst „Twitter“ in Betrieb genommen. Während bei „Facebook“ der Fokus auf der sozialen Vernetzung der Bevölkerung liegt, im Sinne von „Ich kenne da jemanden, der jemanden kennt...“, steht bei „Twitter“ die Informations- und Meinungsfreiheit im Vordergrund.

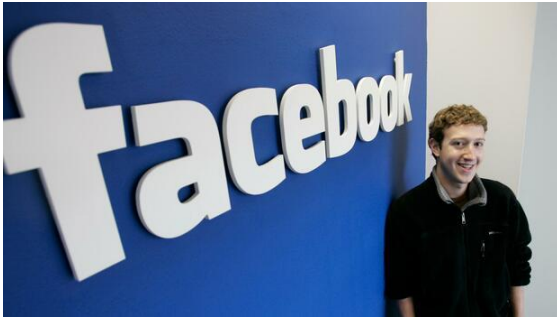


Abbildung 48: Der Facebook Gründer Mark Zuckerberg (Quelle: Wirtschaftswoche, <https://www.wiwo.de/unternehmen/it/facebook-auch-am-15-geburtstag-immun-gegen-skan-dale/23946064.html>, abgerufen am 24.09.2023)



Abbildung 49: Der Twitter Gründer Jack Dorsey (Quelle: CBS News, <https://www.cbsnews.com/news/twitter-employees-work-from-home-forever-ceo-jack-dorsey-says/>, abgerufen am 24.09.2023)

Im Jahre 2006 wurde – im Zuge des Bologna-Prozesses – jeder Informatik-Studiengang mit einem Diplom-Abschluss durch einen mit einem Bachelor-Abschluss ersetzt. Zugleich wurde ein Masterstudiengang Informatik konzipiert. Im Jahre 2007 akkreditierte die ASIIN erstmalig alle 3 Bachelor-Studiengänge und den Masterstudiengang, mit dem im Jahre 2008 gestartet wurde.

Die Präsentation des iPhones von Steve Jobs am 9. Januar 2007 auf der Macworld-Konferenz in San Francisco, s. die Abbildung 50, gilt – überwiegend – als „Durchbruch“ des Smartphones; es sei angemerkt, dass hier, wie auch in anderen Fällen, das erste Gerät



Abbildung 50: Steve Jobs präsentiert das iPhone 2007 auf der Macworld in San Francisco (Quelle: New York Post, <https://nypost.com/2023/01/09/on-this-day-in-history-jan-9-2007-steve-jobs-introduces-apple-iphone-at-macworld-in-san-francisco/>, abgerufen am 24.09.2023)

sehr viel früher vorgestellt wurde: in diesem Fall bot IBM 1992 „IBM Simon“ als erstes kommerziell erhältliche Smartphone mit Touchscreen, Telefonie, E-Mail, Fax, Kalender, Adressbuch und Spiele an. Mit dem iPhone erfüllte Steve Jobs seine Vision „ein Gerät zu entwickeln, das Internet, Telefon und zahlreiche weitere Funktionen vereint und mit einem Finger bedient werden kann“.

Ein wesentlicher Treiber des Smartphone-Booms war die von Apple im Jahr 2008 initiierte Einführung von App Stores. Sie ermöglichen jedem Entwickler eine selbst entwickelte App zu veröffentlichen und die Funktionen eines Smartphones können selbständig durch Apps (z.B. für eine Taschenlampe und auch für Office-Anwendungen) erweitert werden.

Im Jahre 2008 wurde der Bachelor-Studiengang „Medizinische Informatik“ gestartet.

Diese zuletzt genannten Produkte und Entwicklungen deuten bereits einen zunehmenden Einfluss von Informatik an. Im Folgenden werden weitere außergewöhnlichen Produkte und Leistungen exemplarisch genannt, die belegen mögen, dass wir zunehmend mehr mit Informatik umgeben sind, und sogar davon bestimmt werden. Zugleich werden exemplarisch Entwicklungen genannt, die dies treiben.

Getrieben durch die im Jahr 2011 entstandene „Industrie 4.0“ erleben wir in diesen Tagen eine umfassende Digitalisierung der industriellen Produktion. Kern dieser Entwicklung ist zum einen die Vernetzung und der Informationsaustausch der Produktionsmaschinen untereinander und zum anderen eine darauf basierende, intelligente Steuerung der Maschinen, wodurch in Unternehmen digital einzelne Prozesse oder ganze Prozessketten automatisiert und optimiert werden können. Die Vernetzung der Maschinen, die mit Sensoren, Software und anderer



Abbildung 51: Vernetzung in der Industrie 4.0 (Quelle: DWIH Tokyo, <https://www.dwih-tokyo.org/de/event/techbizkon/>, abgerufen am 24.09.2023)



Abbildung 52: Connected Car (Quelle: Insight, <https://www.autofacets.com/insights/accelerating-the-evolution-of-the-connected-car/>, abgerufen am 24.09.2023)

Technologie ausgestattet sind, über das Internet zum Austausch von Daten ist auch bekannt als „Internet der Dinge“ oder kurz für „Internet of Things“ - „IoT“. „IoT“ findet neben der Produktion, s. die Abbildung 51, u.a. auch bei Fahrzeugen (Connected Car), s. die Abbildung 52, in der Landwirtschaft (Smart Agriculture), in der Stadt (Smart City) oder zu Hause (Smart Home), s. die Abbildung 53, Anwendung.



Abbildung 53: Smart Home (Quelle: Home And Smart, <https://www.homeandsmart.de/was-ist-ein-smart-home>, Robert Kneschke / Adobe Stock, abgerufen am 24.09.2023)

Über die letzten Jahrzehnte hinweg zeigt sich ein Paradigmenwechsel in der Produktentwicklung. Während früher die mechanischen Gesetzmäßigkeiten und später die elektrotechnischen die Leistung und die Funktionen eines Produktes wesentlich bestimmten, ist es heute und in Zukunft die Software. Der Wandel zu mehr Softwarezentriertheit, kann beispielsweise an einer Smartwatch, s. Abbildung 54, verdeutlicht werden. Die Hardware einer Smartwatch ist im Vergleich zur filigranen Mechanik der originalen Schweizer Uhren standardisiert und basiert anstelle von Mechanik auf elektronischen Bauteilen. Im Zuge dessen wird die



Abbildung 54: Smartwatch (Quelle: Media Markt, https://www.mediamarkt.de/de/product/_huawei-watch-gt3-smartwatch-flouroelastomer-sch-96212730.html, abgerufen am 24.09.2023)

Leistungsfähigkeit, Funktionalität, sowie der monetäre Wert einer Smartwatch nicht mehr durch die Mechanik bestimmt, so wie es bei einer herkömmlichen Uhr der Fall ist, sondern durch die auf der Smartwatch installierte Software. Sensoren und Aktuatoren ermöglichen bisher nicht gekannte Funktionen wie z.B. Gesundheits- und Fitnesstracking.

Ein wesentlicher Treiber dieser allumfassenden Digitalisierung ist die massive Zunahme an Rechenoperationen pro Sekunde pro Dollar, die sich im Kern aus dem Mooresche Gesetz ergibt, da danach die für 1000 Dollar erhältliche Prozessorleistung sich etwa alle zwei

Jahre verdoppelt. Aufgrund der bisherigen Entwicklung der Rechengeschwindigkeit wird überwiegend angenommen, dass die Rechenleistung eines handelsüblichen Computers gegenüber, der von Tieren und Menschen immer gewaltiger wird. Während im Jahr 2015 die Rechenleistung, die des Gehirns einer Maus überschritten hat, wird sie voraussichtlich 2025 die eines Menschen und 2045 die der gesamten Weltbevölkerung überschreiten, s. die Abbildung 55. Auch wenn die getroffene Abschätzung der Rechenleistung des menschlichen Gehirns aufgrund der von einem typischen Rechner, abweichenden Architektur schwierig ist, ist es unumstritten, dass die Maschinen den Menschen in der Verarbeitung von Informationen überholen werden.

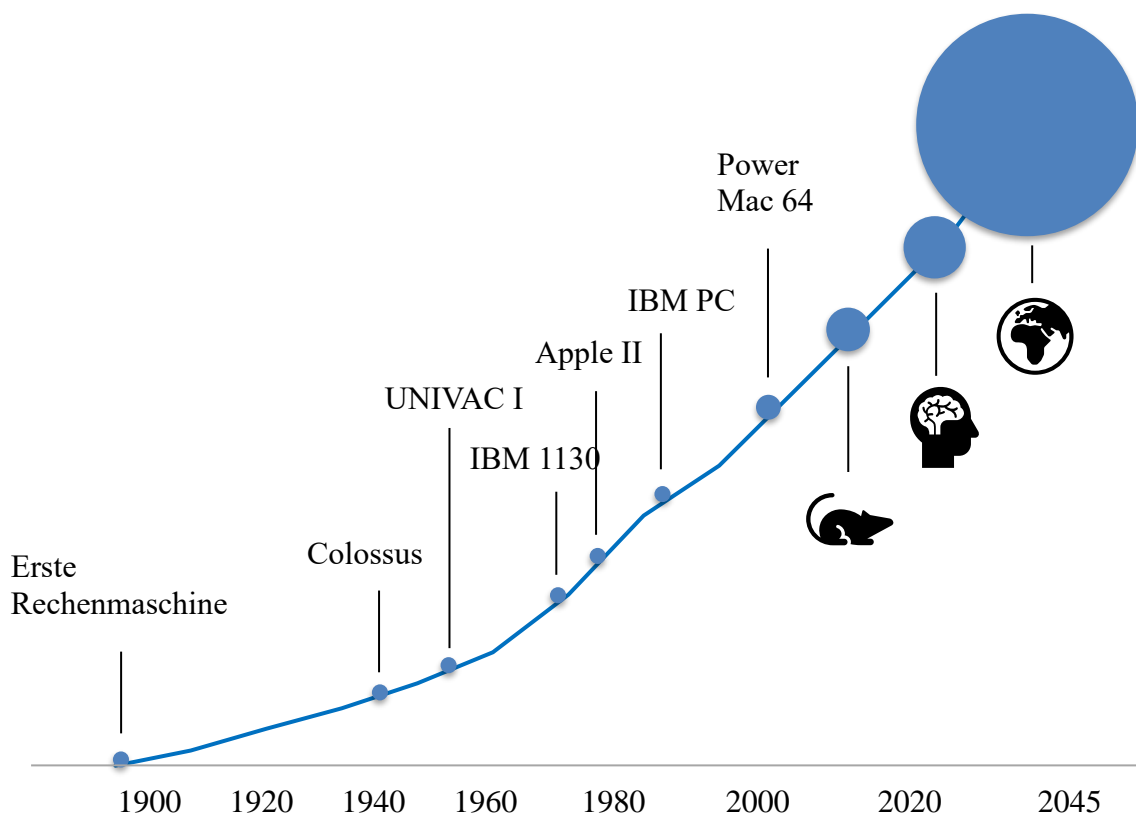


Abbildung 55: Die Explosion der Rechenleistung (eigene Darstellung)

Manche Konzepte führen erst heute – durch diese Explosion in der Rechenleistung – zu guten Ergebnissen. So wurden die ersten künstlichen neuronalen Netzwerke (KNN) bereits in den 1940er Jahren erfunden. Ein KNN besteht aus so genannten Neuronen, die in aufeinanderfolgenden Schichten angeordnet sind und es muss trainiert werden. Umso schwieriger die Aufgabe ist, desto tiefer muss das Netzwerk sein und desto mehr Trainingsdaten werden benötigt. Früher

wäre ein solches Training aufgrund limitierter Rechenleistung nur sehr langsam möglich gewesen.

Zusätzlich sind auch Fortschritte in den Algorithmen für die Anwendbarkeit von solchen Konzepten verantwortlich. Stellvertretend sei die beim Optimierungstool „IBM ILOG CPLEX Optimizer“ von 2009 bis 2019 genannt, s. die Abbildung 56. Allgemein besteht eine hohe Zuversicht, dass dieser Trend sich fortsetzt – und auch in anderen Bereichen.

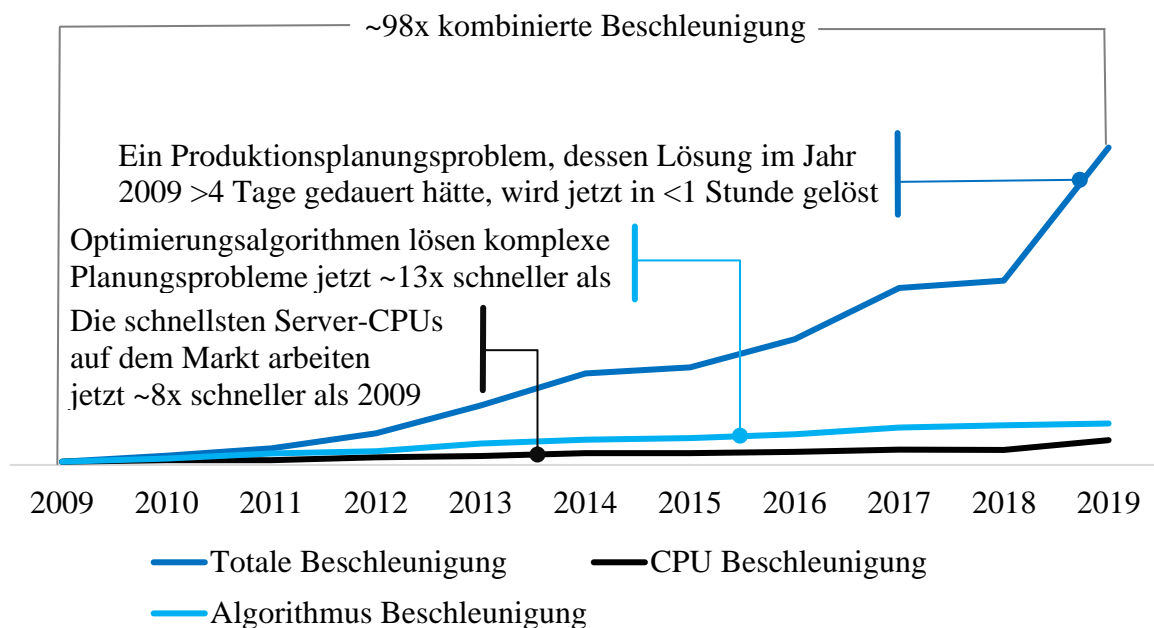


Abbildung 56: Der Rechenfortschritt ermöglicht jetzt eine erweiterte Planung (eigene Darstellung)

Der Fortschritt im Bereich der Künstlichen Intelligenz wurde im Jahr 2011 ersichtlich, als das IBM-Programm „Watson“ in der US-Fernseh-Quizshow „Jeopardy“ gegen die zwei erfahrenen Erfolgsspieler Ken Jennings (geb. 1974) und Brad Rutter (geb. 1978) antrat und siegte, s. die Abbildung 57. „Watson“ kann Antworten auf Fragen geben, die ihm zuvor in natürlicher Sprache gestellt werden.



Abbildung 57: Ken Jennings (l.), Watson (m.) und Brad Rutter (r.) in der Jeopardy Quiz-Show (Quelle: Youtube, <https://www.youtube.com/watch?v=P18EdAKuCIU>, abgerufen am 24.09.2023)

Im selben Jahr kommt der Sprachassistent „Siri“ von Apple, s. die Abbildung 58, auf dem Markt. Das Besondere an der Software „Siri“, die die natürliche menschliche Sprache erkennt, auf Fragen antwortet und so als persönlicher Assistent fungiert, ist, dass sie die erste massentaugliche KI-Software war.

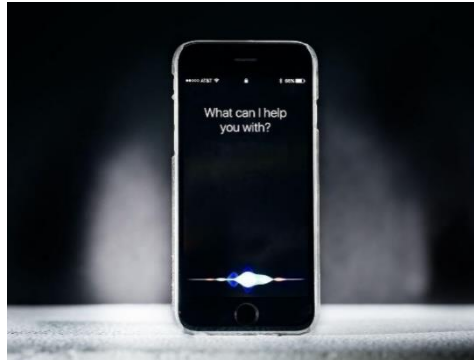


Abbildung 58: Sprachassistent Siri von Apple (Quelle: TechRepublic, <https://www.techrepublic.com/article/apples-siri-the-smart-persons-guide/>, abgerufen am 24.09.2023)

Ein weiterer Meilenstein in der KI-Entwicklung wurde im Jahr 2016 erreicht, als das Google-Programm „AlphaGo“ den südkoreanischen Ausnahmespieler Lee Sedol (geb. 1983), s. die Abbildung 59, im asiatischen Brettspiel Go schlägt, das eine unendliche Vielfalt an möglichen Spielzügen besitzt und komplexer als Schach ist. Die Software verwendet neuronale Netzwerke, wodurch sie lernfähig ist. Sie kennt nicht nur alle alten Spielzüge, sondern findet auch während des Duells immer wieder neue Lösungen.



Abbildung 59: Lee Sedol setzt den ersten Stein gegen das KI-Programm AlphaGo (Quelle: The Denver Post, <https://www.denverpost.com/2016/04/15/singer-googles-alphago-and-the-perils-of-artificial-intelligence/>, abgerufen am 24.09.2023)

Im Januar 2019 führte IBM den ersten schaltkreis-basierten, kommerziellen Quantencomputer „IBM Q System One“, s. die Abbildung 60, ein. Die ursprüngliche Idee von Quantencomputer stammt aus den 1970er und 1980er Jahren und nutzt quantenmechanische Effekte, um Berechnungen in exponentiell schnellerer Zeit als klassische Computer zu lösen. Eingesetzt werden

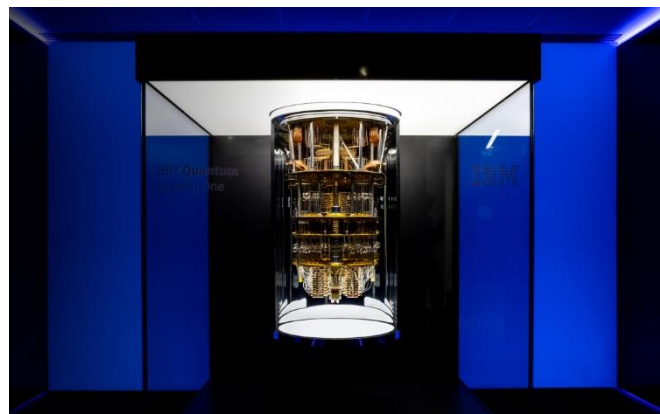


Abbildung 60: Das legendäre IBM Quantum System One (Quelle: IBM Research, <https://research.ibm.com/interactive/system-one/>, abgerufen am 24.09.2023)

konnten Quantencomputer für einfache Berechnungen oder konkrete Anwendungsfälle. Mit dem „IBM Q System One“ machte IBM als Erster die Technologie für Forschungseinrichtungen und Unternehmen zugänglich. Quantencomputer, die wie klassische Computer frei programmiert werden können, werden von Forschern frühestens gegen 2030 prognostiziert.

Im Jahre 2020 wurde der Bachelor-Studiengang „Künstliche Intelligenz und Data Sciences“ gestartet.

Neben den genannten Spitzenleistungen durch künstliche Intelligenz, verbessert künstliche Intelligenz Assistenzsysteme nachhaltig. In der breiten Öffentlichkeit zeigte sich dies, als die Firma OpenAI den Chatbot „ChatGPT“ am 30. November 2022 kostenfrei zugänglich gemacht hatte. „ChatGPT“ verwendet moderne maschinelle Lerntechnologie, um umfassend frei formulierte Fragen von Nutzern zu beantworten und unterschiedliche Aufgaben wie das Verfassen von E-Mails sowie sonstigen Texten und auch das Erstellen von Programmen zu erledigen. Kritisiert wird, dass „ChatGPT“ zwar wirklich äußerst eloquent wirkt, aber inhaltlich oft

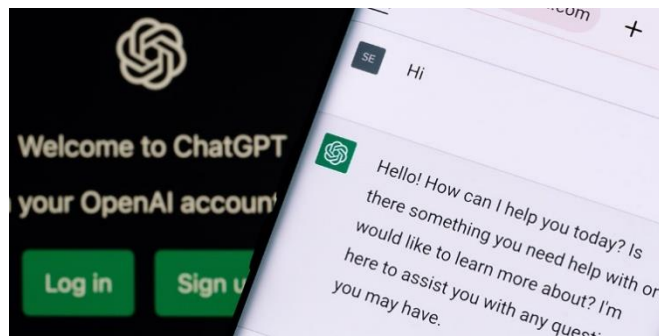


Abbildung 61: User Interface von ChatGPT (Quelle: Which, <https://www.which.co.uk/news/article/what-is-chatgpt-and-is-it-safe-to-use-aF0Ba4j5xAmr>, abgerufen am 24.09.2023)

falsch liegt, was dann in der Regel nur auf den zweiten Blick erkennbar ist. Demgegenüber gibt es auch sehr viele beeindruckende erfolgreiche Nutzungen und Erhebungen, die zeigen, dass „ChatGPT“ sehr intensiv verwendet wird.

Im Jahre 2023 wurde der Bachelor-Studiengang „International Computer Science“ gestartet. Es ist der erste internationale Studiengang an der OTH Regensburg.