

## Mächtige Denwerkzeuge

---

Die Menschheit hat inzwischen über 70 Jahre Erfahrung mit dem Einsatz von elektronischen Computern und KI. Computer sind unersetzliche Werkzeuge geworden, um komplexe Probleme zu lösen. Ein Buch zur Geschichte der Computer nennt sie deshalb schon im Titel *Tools for Thought*.<sup>1</sup> Ganz wie andere Software auch hilft nützliche KI-Software Menschen dabei, konkrete Probleme zu lösen.

Computerprogramme haben in der Vergangenheit natürlich einigen Menschen Arbeit weggenommen, indem sie geistige Tätigkeiten – insbesondere das Rechnen und Verarbeiten von Daten – automatisiert haben. Das wird vermutlich durch den Fortschritt in Informatik und KI so weitergehen. Aber erst die schnelle und einfache Verfügbarkeit von Berechnungen und Daten erlaubt es Architekten, spektakuläre Gebäude zu entwerfen, Ärztinnen dreidimensionale Bilder des Inneren eines Patienten aufzunehmen oder Meteorologen immer bessere Wettervorhersagen zu machen. Wenn Computer nicht schneller und besser rechneten als Menschen, gäbe es all diese Fortschritte nicht. Wir haben bisher keine Computerprogramme entwickelt, die Architekten, Ärztinnen oder Meteorologen ersetzen. Wir haben Computerprogramme entwickelt, die ihre kognitiven Fähigkeiten verstärken. Viele dieser Programme enthalten heute schon klassische KI-Algorithmen, ohne dass wir bisher deshalb viel Aufheben darum gemacht hätten. Statt von KI spreche ich in solchen Fällen daher lieber von kognitiven Werkzeugen.

---

<sup>1</sup> Siehe Rheingold (2000).

## Die Kepler'sche Vermutung

Als 1998 Thomas Hales ankündigte, er habe die Kepler'sche Vermutung bewiesen, war das eine mathematische Sensation. Die Vermutung besagte, dass man Kugeln am platzsparendsten so packt, wie der Obsthändler Orangen an seinem Marktstand stapelt. Wie denn sonst, könnte man einwenden, aber seitdem der Astronom Johannes Kepler 1611 diese Vermutung niederschrieb, haben sich unzählige Mathematikerinnen und Mathematiker ihre Zähne an einem Beweis ausgebissen. Hales hatte einen unfairen Vorteil gegenüber seinen Vorgängern. Er nutzte einen Computer, der ihm knechtische Rechenarbeiten abnahm. Er konnte das Problem auf ein paar tausend mögliche Fälle reduzieren und statt alle diese Fälle selber zu überprüfen, schrieb er ein Computerprogramm, das diese Aufgabe für ihn übernahm.

Seine Kolleginnen und Kollegen blieben skeptisch, denn woher weiß man, dass das Computerprogramm richtig funktioniert? Selbst wenn Hales keinen Programmierfehler gemacht hat, vielleicht haben die Entwickler der Software, auf die er aufgebaut hat, einen Fehler gemacht, oder es gab einen Bug in der Architektur des Prozessors (der Intel Pentium lässt grüßen). Moderne Computer und moderne Software sind so komplex, dass niemand alle Teile überblicken kann. Wie räumt man dann die Zweifel an einem Computerbeweis aus? Ein paar mutige und pflichtbewusste Mathematiker versuchten, den ganzen Beweis, inklusive der computergeprüften Teile, nachzuvollziehen. Sie gaben nach ein paar Jahren auf. Hales war mit den Restzweifeln extrem unzufrieden. Diese Restzweifeln ließen sich nur durch einen noch aggressiveren Computereinsatz weiter verringern. Also startete er ein Projekt, die Kepler'sche Vermutung nicht nur in Teilen, sondern vollständig mit der Unterstützung eines KI-Programmes zu beweisen, das selber beweisbar richtig ist. Das dauerte bis 2017. Ohne KI-Einsatz hätte der Beweis nie geführt werden können. Aber die KI war nur das Werkzeug, das dem Menschen bei langweiligen Details geholfen hat.<sup>2</sup>

Aus dem gleichen Grund greifen Sie beim Führen Ihres Haushaltsbuches zum Taschenrechner. (Sie führen doch ein Haushaltsbuch,

---

2 Siehe Hales et al. (2017). Das KI-Programm, das genutzt wurde, ist ein sogenannter automatischer Theorembeweiser. Das allererste KI-Programm überhaupt war übrigens auch ein automatischer Theorembeweiser: Der Logic Theorist von Newell & Simon (1956).

oder?) Übernimmt der Taschenrechner das Rechnen, haben Sie den Kopf für die eigentlichen Fragen frei. Haben Sie auch wirklich alle Ausgaben berücksichtigt? Ist die Zeitersparnis im Vergleich zum ÖPNV die Mehrkosten des eigenen Autos wert? Ohne Kopfrechnen geht es schneller – und wir machen weniger Fehler. Bei der Einführung von Taschenrechnern in der Schule gab es große Vorbehalte, die Kinder könnten das Kopfrechnen nicht mehr lernen. Kinder brauchen gewisse Grundkompetenzen beim Rechnen, um den Taschenrechner richtig benutzen zu können, aber sie müssen nicht mehr so viele Rechentricks kennen wie früher. Ist das schlimm?

## Kompetenzen erodieren

In seiner Kurzgeschichte *Das Gefühl der Macht* beschreibt Isaac Asimov eine hoch entwickelte Zukunft, in der niemand mehr rechnen kann.<sup>3</sup> Die Kunst des Rechnens per Hand – oder gar im Kopf – wurde vollständig vergessen. Nichts in dieser Zukunft geht mehr ohne Computer. Aber niemand versteht, wie diese Dinge funktionieren. Bis ein einfacher Techniker zufällig herausfindet, wie man Zahlen mit Papier und Bleistift multiplizieren kann. Ganz ohne Computer. Dass Menschen mit Papier und Bleistift alles können, was ein Computer kann, ist eine wissenschaftliche Sensation. In Asimovs Kurzgeschichte befreit diese Entdeckung die Menschen aus ihrer Abhängigkeit von Computern. Sie gewinnen die Fähigkeit zum selbständigen Denken zurück – und ein Gefühl der Macht (die sie natürlich sofort zu Kriegszwecken nutzen).

Wenn Computer uns immer mehr Aufgaben abnehmen, ist es auch wahrscheinlich, dass immer weniger Menschen diese Aufgaben ohne Computerunterstützung werden ausführen können. Die Gefahr besteht, dass Wissen und Fähigkeiten verloren gehen. Mit Abakus und Rechenschieber umgehen zu können, ist nur eines von vielen Beispielen. Dank GPS können weniger Menschen Karten lesen. Und wenn Autos autonom fahren, braucht niemand mehr fahren zu lernen. Aber ist die Automatisierung von solchen kognitiven Fertigkeiten anders als die Automatisierung von handwerklichen Fertigkeiten? Industrielle Backmischungen machen es doch auch immer schwieriger, einen Bäcker zu finden, der sein Handwerk noch versteht. Und nur wenige Men-

---

3 Die Kurzgeschichte findet sich in der Sammlung von Asimov (1986).

schen können heute noch spinnen, köhlern oder böttchern. Nochmal gefragt: Ist das schlimm? Die Antwort ist natürlich, dass man von Fall zu Fall entscheiden muss. Manchmal ist es okay, dass die Menschheit Fähigkeiten verlernt, und manchmal wünscht man sich, dass das nicht passiert wäre, zum Beispiel, wenn man eine Bäckerei sucht, bei der die Brezeln noch wie früher schmecken.

In den späten 1980er Jahren hatten wir in Deutschland schon einmal einen KI-Hype (und das war auch nicht der erste).<sup>4</sup> Damals wurde das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) gegründet. Die KI-Methoden waren andere, die Versprechen dieselben. Der Bundestag hat damals eine Enquete-Kommission beauftragt, die Chancen und Risiken des Einsatzes von KI in Produktion und Medizin zu bewerten.<sup>5</sup> Der Bericht ist auch deshalb heute noch äußerst lesenswert, weil er eine schleichende Kompetenzerosion als eine der größten Gefahren identifiziert. Der Einsatz von KI könnte die Fähigkeit von Expertinnen und Experten, Entscheidungen kompetent und verantwortungsvoll zu treffen, systematisch untergraben.

Diese Sorge lässt sich gut am Beispiel eines Autopiloten im Flugzeug veranschaulichen. Der Autopilot soll Pilotinnen und Piloten entlasten und damit die Flugsicherheit erhöhen. Das tut er auch, aber es gibt Nebenwirkungen, an die man vielleicht nicht sofort denkt. Denn obwohl moderne Autopiloten ein Wunder der Automatisierung sind, sitzen immer noch zwei Piloten im Cockpit. Warum eigentlich? Es gibt immer noch Handgriffe, die der Computer noch nicht alleine erledigen kann. Vor allem tragen die Piloten aber die Verantwortung. Sie sagen dem Autopiloten, wo er hinfliegen soll, und sie kontrollieren, dass der Autopilot keinen Fehler macht. Und falls doch mal etwas schiefgehen sollte, ist es ihre Aufgabe einzugreifen. Piloten, die nur mit Autopilot fliegen, haben allerdings wenig Übung, das Flugzeug ohne Autopilot zu beherrschen. Gleichzeitig sollen sie aber in besonders brenzlichen

---

4 Zu der Zeit lief in Japan das sogenannte ›Fifth Generation Computer Systems‹ Projekt, das damals ein Wettrennen zwischen Japan und den USA ausgelöst hat. Beim Lesen des Buches von Feigenbaum & McCorduck (1983) über das Projekt kann man das eine oder andere Déjà-vu erleben. In Europa lief zur gleichen Zeit das ESPRIT-Programm (›European Strategic Programme on Research in Information Technology‹). Wer sich dafür interessiert, wie die allerersten KI-Systeme (damals meist noch als kybernetische Systeme bezeichnet) in der BRD rezipiert worden sind, kann bei Pollock (1964) oder Steinbuch (1965) einen ersten Eindruck bekommen.

5 Siehe Enquete-Kommission (1990).

Situationen, in denen der Autopilot versagt, eingreifen und die Verantwortung übernehmen. Das passt nicht zusammen. Deswegen kann die Automatisierung, die die Flugsicherheit in vielen Situationen erhöht, das Fliegen in anderen Situationen unsicherer machen. Fachleute für Mensch-Maschine-Interaktion sprechen in solchen Fällen deshalb von den ›Ironien der Automatisierung‹.<sup>6</sup>

Während es im Cockpit schon lange einen Autopiloten gibt, ist für viele Ärztinnen und Ärzte die Zusammenarbeit mit KI-Systemen noch weitgehend Neuland. Die Probleme sind allerdings ähnlich. Weder Radiologen noch KI-Systeme erkennen Brustkrebs auf Röntgenbildern, ohne dabei Fehler zu machen. Ärzte sind aber teuer und arbeiten im Vergleich zu Computern sehr langsam. Sobald sich in klinischen Studien nachweisen lässt, dass KI-Systeme Brustkrebs besser erkennen als Radiologen, müsste man doch auf die Ärzte verzichten können, oder? Aber wer übernimmt dann die Verantwortung? Die Hersteller der KI-Software wahrscheinlich nicht. Also wird auf absehbare Zeit weiterhin ein Arzt die Diagnosen der Software überprüfen müssen. Merkt er nach einiger Zeit, dass die Software gut funktioniert, schaut er vielleicht nicht mehr so genau hin, oder die Aufgabe wird ihm einfach lästig. Es wird dadurch wahrscheinlicher, dass ihm die Fehldiagnosen des Computers, die er früher noch entdeckt hätte, durchrutschen. Seine Fähigkeiten verbessert er auch nicht mehr. Junge Ärztinnen und Ärzte, die zukünftig nicht mehr ohne KI-Software arbeiten, lernen vielleicht nie, Röntgenbilder richtig zu lesen. Kompetenz und Verantwortung gehören aber zusammen.

Viele andere Berufe stehen vor ähnlichen Herausforderungen. Neben medizinischen Tätigkeiten werden auch Aufgaben in den Bereichen Wissenschaft, Recht und Verwaltung von zunehmender Automatisierung betroffen sein. Wenn wir Kompetenz und Verantwortung zusammenhalten wollen, setzen wir uns am besten gar nicht erst das Ziel, all die Menschen in diesen Bereichen vollständig durch KI-Systeme zu ersetzen. Stattdessen sollten wir sie ins Zentrum der technologischen Entwicklung stellen. Statt zu versuchen, ihre Tätigkeiten vollständig zu automatisieren, sollten wir kognitive Werkzeuge entwickeln, die Expertinnen und Experten bestmöglich darin unterstützen, kompetente und verantwortungsvolle Entscheidungen zu treffen. Diese Werkzeuge

---

6 Der Begriff stammt von Bainbridge (1983).

nutzen KI-Methoden, aber nicht, um menschliche Intelligenz zu ersetzen, sondern um sie zu verstärken.

## Fühle die Macht

Als der Schachweltmeister Garri Kasparow sich IBMs Deep Blue geschlagen geben musste, fragte er sich vielleicht, ob seine besonderen Fertigkeiten, die er sein Leben lang weiterentwickelt hat, jetzt überflüssig geworden sind. Doch Kasparow hängte seinen Beruf nicht an den Nagel, sondern nahm stattdessen an gemischten Turnieren teil, in denen Schachspieler mit Unterstützung von Computerprogrammen gegeneinander antreten. Der Mensch entscheidet, welche Züge gemacht werden, kann sich aber verschiedene Szenarien von einem Schachprogramm durchrechnen lassen. Diese Spiele haben eine andere Dynamik als klassische Schachspiele. Flüchtigkeitsfehler sind ausgeschlossen und Strategie wird wichtiger. Mensch und Maschine ergänzen sich mit ihren Fähigkeiten. Und das Spielniveau steigt. Wie übrigens auch das Niveau in klassischen Turnieren seit Kasparows Niederlage gestiegen ist, da die Vorbereitung und das Training sich durch Computerunterstützung für viele Spieler deutlich verbessert haben. Der Einsatz von KI führt also nicht zwingend zu einer Kompetenzerosion, er kann auch zur Kompetenzentwicklung beitragen.<sup>7</sup>

Eine der ersten profitablen Anwendungen für Sprachmodelle könnten Programmierassistenten sein. Es gibt Berichte, dass Programmierinnen und Programmierer, die von KI unterstützt werden, bis zu 50 Prozent schneller sind.<sup>8</sup> Sollte das wirklich stimmen, werden Programmierer mit die ersten sein, die die Auswirkungen von KI in ihrem Arbeitsalltag bemerken werden. Da Programmiersprachen auch Sprachen sind und es im Internet neben natürlichsprachlichem Text auch sehr viel Programmcode gibt, haben Sprachmodelle neben Englisch und Spanisch auch die Computersprachen Python und Java gelernt. Wird das dazu führen, dass wir in Zukunft keine professionellen Programmierer mehr brauchen werden, die ihr Handwerk erst über viele

7 Siehe Kasparow (2017). Er nennt Turniere, bei denen in gemischten Teams gespielt wird, »Advanced Chess«.

8 Peng, Kalliamvakou, Cihon & Demirer (2023) berichten dies, arbeiten allerdings für einen Hersteller eines solchen Assistenten.

Jahre lernen müssen? Oder werden KI-Assistenten dazu führen, dass Programmierer, ähnlich wie Schachspieler, durch KI-Unterstützung besser werden?

Eine der ersten Studien, die sorgfältig untersucht hat, wie genau sich Programmierer von Sprachmodellen Unterstützung lassen, erkannte zwei Gruppen von Nutzern. Die erste Gruppe beschreibt dem Sprachmodell ihr Problem und akzeptiert den Vorschlag des Sprachmodells relativ unkritisch, frei nach dem Motto: Wird schon stimmen. Diese Gruppe war entsprechend schnell in der Bearbeitung der Programmieraufgaben, die ihnen die Studienleiter gegeben haben. Die andere Gruppe wollte den Vorschlag des Sprachmodells verstehen, bevor sie ihn akzeptiert. Bei einfachen Programmen war das kein Problem, aber sobald die Aufgabe etwas komplizierter wurde, gaben die Programmierer oft auf, weil die Lösung, die das Sprachmodell vorschlug, unverständlich war. In diesen Fällen entschieden diese Programmierer sich, den Code besser selber zu schreiben, als der KI blind zu trauen. Diese Versuchsteilnehmer brauchten durch den Einsatz von KI daher oftmals länger.<sup>9</sup> Die Geschwindigkeit, mit der Code produziert wird, ist offensichtlich kein gutes Maß dafür, ob der Code auch etwas taugt. Im Internet gibt es viel schlechten Code, der Fehler und Sicherheitslücken enthält. Aus solchen Beispielen lernen Sprachmodelle programmieren. Daher ist es nicht überraschend, dass der Code, den Sprachmodelle produzieren, oft fehlerhaft und unsicher ist.<sup>10</sup> Das ist das bekannte Bullshit-Problem von Sprachmodellen.

Aber natürlich gibt es auch beim Programmieren viele Teilaufgaben, die repetitiv und langweilig sind und durch KI beschleunigt werden können. Viele Programmieraufgaben sind nicht so anspruchsvoll, als dass man dafür einen erfahrenen Experten bräuchte. Solche Aufgaben können auch Anfänger mit KI-Unterstützung übernehmen. Wie beim Schreiben von Texten ist auch beim Schreiben von Code das Produzieren von Zeichenketten nicht unbedingt das, was am längsten dauert oder am mühseligsten ist. Jemand, der schneller tippen kann, ist nicht automatisch schneller oder besser im Denken. Bei komplexen Aufgaben ist der Flaschenhals im Produktionsprozess das Verständnis des Programmierers. Dieses stellt sich oftmals erst durch den Schreibprozess ein. Wie bei Piloten und Radiologen kann es kontraproduktiv

<sup>9</sup> Siehe Vaithilingam, Zhang & Glassman (2022).

<sup>10</sup> Siehe Pearce, Ahmad, Tan, Dolan-Gavitt & Karri (2022).

sein, die Arbeit von Programmierern vollständig zu automatisieren. Eine anstrengende Tätigkeit, die ein verantwortungsbewusster Programmierer leider nicht an eine KI abgeben kann, ist: eigenständiges Denken.

Wir können aber versuchen, KI-basierte Werkzeuge zu entwickeln, die Menschen beim Denken unterstützen. Diese kognitiven Werkzeuge sollten nicht zum Ziel haben, den Menschen das Denken vollständig abzunehmen, sondern die Menschen dabei unterstützen, ihre Kompetenzen stetig weiterzuentwickeln. Im besten Fall führt der Einsatz von Programmierassistenten dazu, dass Programmiererinnen und Programmierer mehr und nicht weniger über ihren Code nachdenken. Nur so können sie immer besseren Code produzieren. Insbesondere Anfängern würde es helfen, wenn der Programmierassistent wie ein Tutor ihren Lernprozess durch passendes Feedback fördert.<sup>11</sup> Bauen wir aber Programmierassistenten stattdessen so, dass sie dem Programmierer das Denken ganz abnehmen und er deshalb nichts dazulernt, führt das im schlechtesten Fall zu einer weitreichenden Kompetenzerosion. Software verliert dann an Qualität. Ob das eine oder andere Szenario eintritt, hängt davon ab, ob das Entwicklungsziel für KI ist, Programmierer zu ersetzen oder zu unterstützen.

Welche Kompetenzen weiterentwickelt werden sollten und auf welche Kompetenzen wir in Zukunft verzichten können, dazu gibt es unterschiedliche Meinungen. Das ist eine der zentralen Debatten, die wir über den Einsatz von KI führen müssen. Seit Jahrzehnten ist zum Beispiel die Rede davon, dass Programmieren genauso wie Lesen, Schreiben und Rechnen in einer digitalen Gesellschaft zu den Grundkompetenzen zählt und entsprechend schon in der Grundschule auf den Lehrplan gehört. Aber seitdem Computer durch Sprachmodelle jetzt scheinbar natürliche Sprache verstehen, gibt es laute Stimmen, die behaupten, dass es bald überflüssig sein wird, programmieren zu lernen.<sup>12</sup>

Programmieren schult allerdings mathematisches Denken und das wird auch zukünftig noch nützlich sein. Wir haben nicht aufgehört,

11 Es gibt verschiedene Projekte, intelligente Tutoresysteme, die auf Sprachmodellen beruhen, zu entwickeln. Eines der bekanntesten ist der Code Tutor Khanmigo von Khan Academy. Dabei sind intelligente Tutoresysteme natürlich nicht auf das Fach Informatik beschränkt. Genauso gibt es intelligente Tutoresysteme für Mathematik, Physik, Biologie oder zum Sprachenlernen.

12 Siehe Kreienbrink (2024).



den Kindern in der Schule Zählen und Rechnen beizubringen, weil es billige Taschenrechner gab. Die Menschheit hat bisher nicht verlernt zu rechnen und Asimovs Kurzgeschichte bleibt in dieser Hinsicht Science-Fiction. Wir entscheiden, welche Fertigkeiten wir unsere Kinder lehren wollen. Und nur weil eine Maschine eine Aufgabe übernehmen kann, werden wir die entsprechenden Kompetenzen nicht gleich aus dem Lehrplan streichen. Es wäre absurd, Schreiben in der Schule nicht mehr zu unterrichten, weil es jetzt generative KI gibt. Klares Kommunizieren, überzeugendes Argumentieren und logisches Denken sind weiterhin wichtig und sollten nach wie vor durch Schreiben gefördert werden. Kinder und Jugendliche müssen diese Fähigkeiten entwickeln, damit sie sich in unserer hoch technisierten und immer komplexer werdenden Welt zurechtfinden. Eigenständiges Denken lässt sich nicht an eine KI outsourcen. Unsere Kinder sollen auch in Zukunft die Macht des eigenständigen Denkens fühlen.

