

1

Künstliche Intelligenz – eine Definition

Was ist Künstliche Intelligenz?

Die Antwort auf diese einfache Frage fällt gleich aus zwei Gründen schwer: Erstens gibt es keine einheitliche Meinung darüber, was *Intelligenz* eigentlich ist. Und zweitens gibt es – zumindest bisher – kaum einen Grund zu glauben, dass Maschinenintelligenz viel mit menschlicher Intelligenz zu tun hat.

Es gibt unterschiedliche Definitionen für den Begriff der *Künstlichen Intelligenz (KI)*, die jeweils eigene Tendenzen aufweisen, aber grob darin übereinstimmen, dass es um die Schaffung von Computerprogrammen oder Maschinen geht, die ein Verhalten an den Tag legen können, das wir als »intelligent« bezeichneten, wenn es einem Menschen zugeschrieben würde. John McCarthy, einer der Gründerväter dieses Wissensgebiets, hat 1955 über den zugehörigen Prozess gesagt, dass es darum geht, »Maschinen zu entwickeln, die sich verhalten, als verfügten sie über menschliche Intelligenz«.¹

Der Ansatz erscheint auf den ersten Blick vernünftig, aber leider gibt es eine große Schwachstelle. Bedenken Sie nur einmal das Problem, das wir bereits bei der Definition der menschlichen Intelligenz haben, – geschweige denn ihrer Messung. In unserer Kultur haben wir eine Vorliebe dafür, Dinge auf einen Messwert zu reduzieren, der einen direkten Vergleich ermöglicht. Das bringt häufig einen falschen

Anschein von Objektivität und Genauigkeit mit sich. Und jeder Versuch, etwas so Subjektives und Abstraktes wie Intelligenz zu quantifizieren, fällt ohne jeden Zweifel in diese Kategorie. Der IQ der kleinen Marie ist sieben Punkte höher als der von Peter? Ich bitte Sie – den letzten noch freien Platz im Kindergarten muss man doch auf bessere Weise vergeben können. Als ein Beispiel, das die Sinnlosigkeit einer derartigen Übereinfachung zeigt, können Sie sich mit der umstrittenen Arbeit des Entwicklungspsychologen Howard Gardner befassen, der eine achtdimensionale Theorie der Intelligenz vorschlägt, in der die Einstufungen von »musikalisch-rhythmischer Intelligenz« über die »körperlich-kinästhetische Intelligenz« bis hin zur »naturalistischen Intelligenz« reichen.²

Nichtsdestotrotz ist es in vielen Situationen durchaus nützlich, eine Person als intelligenter als eine andere Person bezeichnen zu können. Es gibt auch bestimmte Merkmale von Intelligenz, die gemeinhin akzeptiert werden und die stark mit anderen Anzeichen korrelieren. So wird die Fähigkeit, Zahlenlisten schnell und genau zu addieren und zu subtrahieren, gerne zum Bewerten der logischen und quantitativen Fähigkeiten verwendet, aber auch zum Beurteilen der Aufmerksamkeit. Doch lässt sich eine Maschine anhand desselben Standards bewerten? Bereits der günstigste Taschenrechner ist bei dieser Aufgabe jedem Menschen überlegen. Vor dem Zweiten Weltkrieg wurden erfahrene Fachleute im englischsprachigen Raum mit dem Begriff »calculator« bezeichnet, und auch im Deutschen kennt man den Begriff des Kalkulators für eine Person, die Berechnungen anstellt. Interessanterweise waren hauptsächlich Frauen als Kalkulatorinnen beschäftigt, denn man war davon überzeugt, dass sie diese mühevollen Arbeit sorgfältiger als die meisten Männer erledigen könnten. Ist also die Geschwindigkeit, mit der eine Maschine Berechnungen ausführt, ein Anzeichen dafür, dass sie eine überlegene Intelligenz besitzt? Natürlich nicht.

Und es gibt noch einen weiteren Aspekt, der das Vergleichen von menschlicher und Maschinenintelligenz verkompliziert: Die meisten KI-Forscher stimmen überein, dass die Art, *wie* ein Problem gelöst

wird, ebenso wichtig ist, wie die Frage, *ob* es gelöst wird. Ein Beispiel gefällig? Nehmen wir ein einfaches Computerprogramm für das Spiel Tic-Tac-Toe. Bei diesem Spiel setzen die Spieler abwechselnd ihr Zeichen (Kreuz oder Kreis) in ein drei mal drei Felder großes Spielfeld. Der Spieler, der als Erster drei seiner eigenen Zeichen in einer Zeile, Spalte oder Diagonalen platziert, hat gewonnen. Sind alle neun Felder gefüllt, ohne dass ein Spieler dies schafft, endet das Spiel mit einem Unentschieden.

Bei Tic-Tac-Toe gibt es genau 255 168 unterschiedliche Spielverläufe. Für einen modernen Computer ist es kein Problem, alle möglichen Verläufe zu ermitteln und jene herauszusuchen, die mit einem Sieg enden – insofern lässt sich durch einfaches Nachschlagen der Züge in einer Tabelle problemlos ein perfektes Spiel spielen.³ Für die meisten Menschen verkörpert ein so triviales Programm kein Beispiel für Künstliche Intelligenz. Was aber wäre, wenn ein Computerprogramm ohne vorherige Kenntnis der Regeln allein durch das Beobachten der menschlichen Spieler nicht nur lernt, was ein Sieg ist, sondern auch, welche Strategien erfolgreich sind? Ein solches Programm könnte lernen, dass der Gegenspieler stets ein Feld blockiert, sobald der andere Spieler zwei Zeichen in einer Reihe erreicht. Oder es lernt, dass es häufig zum Sieg führt, wenn ein Zeichen in drei Ecken platziert wird, und die Felder dazwischen frei sind. Hier stufen die meisten Menschen das Programm als KI ein, und zwar in erster Linie aufgrund der Tatsache, dass es sich ohne Anleitung oder Regelkenntnis das nötige Wissen angeeignet hat.

Es ist klar, dass nicht alle Spiele – und gewiss nicht alle interessanten Problemstellungen – durch eine einfache Aufstellung wie beim Tic-Tac-Toe gelöst werden können.⁴ Beim Schach gibt es beispielsweise ungefähr 10^{120} unterschiedliche Spielverläufe. Das sind mehr Möglichkeiten, als es Atome im Universum gibt.⁵ Ein Großteil der KI-Forschung versucht daher auch, annehmbare Lösungen für Probleme zu finden, die sich nicht für eine endgültige Analyse oder Aufstellung anbieten, sei es aus theoretischen oder praktischen Erwägungen

heraus. Und doch genügt auch diese Beschreibung noch nicht, denn viele statistische Methoden erfüllen das Kriterium, ohne als KI zu gelten.

Nichtsdestotrotz besteht eine nicht intuitive und doch sehr praktische Äquivalenz zwischen dem Auswählen einer Antwort aus einer enorm großen Fülle von Möglichkeiten und der intuitiven Beantwortung durch Einsicht und Kreativität. Ein gängiges Gleichnis für dieses Paradoxon kennen Sie gewiss: Wenn nur genügend Affen auf genügend Tastaturen herumhacken, entstehen irgendwann Shakespeares gesammelte Werke. Oder moderner ausgedrückt: Jedes denkbare Musikstück einer Länge x lässt sich als MP3-Datei aus einer endlichen Sammlung von Dateien darstellen. Ist nun die Fähigkeit, diese bestimmte Musikdatei aus der Liste auszuwählen, dem Aufnehmen dieser Auswahl in puncto Kreativität ebenbürtig? Gewiss ist es nicht dasselbe, doch möglicherweise haben beide Fertigkeiten auf ihre Weise unseren Beifall verdient.

Beim Benoten der Additionskünste in der Schule verschwenden wir keinen Gedanken daran, wie das Ergebnis zustande gekommen ist. Wir gehen davon aus, dass neben dem eigenen Kopf nur Stift und Papier genutzt worden sind. Warum also spielt es plötzlich eine Rolle, ob eine Maschine anstelle eines Menschen rechnet? Weil wir voraussetzen, dass ein Mensch für diese Aufgabe bestimmte angeborene oder erlernte Fähigkeiten einsetzt, die prinzipiell für eine Vielzahl von ähnlichen Problemen genutzt werden können. Dieses Zugeständnis möchten wir bei einer Maschine, die dieselbe Aufgabe genauso gut oder sogar besser erledigt, jedoch nicht machen.

Aber menschliche Fähigkeiten als Maßstab für KI zu nutzen, bringt noch ein weiteres Problem mit sich. Maschinen können viele Aufgaben übernehmen, zu denen der Mensch gar nicht in der Lage ist. Häufig sieht es so aus, als wäre Intelligenz im Spiel. Ein für die Sicherheit verantwortliches Programm kann aufgrund ungewöhnlicher Datenzugriffsmuster in nur 500 Millisekunden entscheiden, dass möglicherweise ein Cyberangriff vorliegt. Ein Tsunami-Warnsystem löst möglicherweise aufgrund kaum wahrnehmbarer Änderungen des Meeresspiegels, die wiederum das Ergebnis komplexer Veränderun-

gen am Meeresgrund sind, Alarm aus. Und ein medizinisches Analyseprogramm kann aufgrund bisher unbemerkter Muster im molekularen Aufbau erfolgreicher Krebsmedikamente einen neuartigen Zusatzstoff vorschlagen. Derartige Systeme werden schon bald eine immer größere Rolle spielen, dennoch verbietet sich ein Vergleich ihres Verhaltens mit menschlichen Fähigkeiten. Trotzdem würden wir wohl dazu tendieren, diese Systeme als Künstliche Intelligenzen anzusehen.

»Schönes Scheitern« ist ein weiteres Merkmal für Intelligenz. Wir alle machen Fehler. Das gilt auch für intelligente Maschinen. Aber einige Fehler sind verständlicher als andere. Seine eigenen Grenzen zu kennen und zu berücksichtigen oder nachvollziehbare Fehler zu machen sind Anzeichen für Fachwissen. Ein schönes Beispiel ist das Niederschreiben des gesprochenen Worts: Steht im Gerichtsprotokoll anstelle von »Der Zeuge sah ein rotes Auto« versehentlich »Der Zeuge sah ein totes Auto«, sorgt das für Lacher, ist aber verzeihlich.⁶ Doch wenn Google Voice für »Spracherkennung mit gesundem Menschenverstand« den Text »sprach er keinen und mit gesunden Menschen er stand« ausgibt, ist das nur noch lachhaft, vor allem weil es um den eigentlichen Zweck des Programms geht.⁷

Ist KI echte Wissenschaft?

In den letzten Jahrzehnten ist die KI den Kinderschuhen entwachsen: Statt sich mit Spielen wie Tic-Tac-Toe und Schach zu befassen, hat sie sich aufgemacht, unbekannte Gebiete zu erforschen, sich neue Fertigkeiten anzueignen, die echte Welt zu entdecken und die eigenen Grenzen zu suchen. Doch ist KI tatsächlich auf dem Weg zu einer wissenschaftlichen Disziplin?

Zeit für ein wenig Spekulation. Viele Bereiche wurden erst erwachsen oder machten wesentliche Fortschritte, nachdem ein mathematischer Formalismus eine feste theoretische Grundlage gelegt hatte. So bereitete die nichteuklidische Geometrie von Bernard Riemann die Bühne für Einsteins Theorien zur Raumzeitkrümmung. Oder nehmen

wir Claude Shannon, der in seiner bemerkenswerten Masterarbeit am MIT 1937 erstmals anregte, elektronische Schaltkreise anhand der booleschen Algebra (besser bekannt als Binärarithmetik) zu modellieren. Damit schuf er die Grundlage für die moderne Informatik.⁸ (Ihm verdanken wir die »Nullen und Einsen«, die wir Computerberechnungen zuschreiben.) Bis zu diesem Zeitpunkt hatten Elektrotechniker meist diverse Bauteile zu Schaltkreisen zusammengestöpselt und das Ergebnis gemessen: »Mein Dingens kann Wechselstrom besser in Gleichstrom gleichrichten, aber frage nicht, warum.«

Diese Aussage könnte in ähnlicher Weise auch auf heutigen KI-Konferenzen vorkommen, bei denen die unterschiedlichen Gruppen Jahr um Jahr daran arbeiten, die Algorithmen der anderen zu übertrumpfen. Doch lässt sich Intelligenz überhaupt mithilfe einer theoretischen Analyse greifen? Wird es diesen einen Heureka-Moment geben, eine Eingebung eines mathematisch begabten Ingenieurs? Diese Frage entscheidet darüber, ob KI eine eigenständige Wissenschaft oder einfach nur die Lady Gaga der Informatik ist, eine wild und farbenfroh kostümierte Dame, die sich der populären Vorstellungskraft und großer Summen aus den Fördertöpfen bedient, um uns nach einer grellen Show, die hin und wieder für Profitmacherei und Hybris anfällig ist, mit diesem Gefühl zurückzulassen, bei dem wir uns fragen, ob das gerade echt oder doch nur ein Taschenspielertrick war ...

Und damit kommen wir zu meiner persönlichen Meinung hinsichtlich der Bedeutung der KI. Das Wesen der KI – und wohl auch das Wesen der Intelligenz – liegt darin, anhand einer begrenzten Datenmenge rasch passende Schlüsse zu ziehen oder Verallgemeinerungen zu formulieren. Je größer der Einsatzbereich und je schneller auf einem Mindestmaß an Informationen basierende Rückschlüsse gezogen werden, desto intelligenter ist das Verhalten. Wenn das eine Programm, das Tic-Tac-Toe lernt, *jedes beliebige* Brettspiel erlernen kann, ist das großartig. Wenn es außerdem lernen kann, Gesichter zu erkennen, medizinische Diagnosen zu stellen und Musik wie Bach zu komponieren, dann würden wir wohl alle von einer künstlichen Intelligenz sprechen. (Es gibt Programme, die jeweils eine der genannten Aufga-

ben für sich ganz gut beherrschen.) Ob ein solches Programm dabei ebenso vorgeht wie ein Mensch und ob es sich seiner selbst bewusst ist, wäre dann wohl irrelevant.

Damit wir sinnvolle Schlüsse ziehen können, kommt es darauf an, einen möglichst breiten Kontext mit einzubeziehen. Ein Beispiel: Wenn Sie ans Meer fahren möchten und sich gegen die eigentlich optimale Strecke entscheiden, weil dort immer viel los, heute überdies ein Feiertag und noch dazu das Wetter schön ist, haben Sie eine solche Verallgemeinerung getroffen. Wenn ein E-Mail-Programm anhand einer empfangenen E-Mail anbietet, einen Telefontermin in den Kalender einzutragen und dabei berücksichtigt, dass der Absender in einer anderen Zeitzone lebt, dass der »nächste Dienstag« der Dienstag in acht Tagen und nicht der morgige Tag ist und es diesen Kalendereintrag dann noch mit den Kontaktdaten des Absenders verknüpft, ist auch das eine Verallgemeinerung, bei der Informationen aus mehreren Quellen miteinander kombiniert werden. Und wenn das Programm keine solchen Vorschläge mehr macht, weil Sie den Eintrag immer ablehnen, hat es anhand des Kontextes verallgemeinert. Tatsächlich kann man das Lernen als das Durchführen zeitlich aufeinanderfolgender Verallgemeinerungen betrachten, wobei frühere Erfahrungen in zukünftigen Analysen berücksichtigt werden. Auch bei Analogieschlüssen werden Kenntnisse aus einem Bereich qua Verallgemeinerung auf einen anderen Bereich in einen neuartigen Kontext übertragen. Manchmal begegnen wir neuen Herausforderungen auf eine Weise, die mit dem Problem nichts zu tun haben zu scheint – doch wenn wir dabei vernünftig sind, können die Ergebnisse sehr intelligent erscheinen. Es gibt unübersehbare Hinweise darauf, dass ein breiterer Kontext möglicherweise die Grundlage unseres eigenen Bewusstseins darstellt, auf die ich später noch zurückkommen werde. Vielleicht braucht Genialität eine solche Breite.

Viele Forscher beschäftigen sich mit der Auslotung der Tiefen des menschlichen Geistes – oder zumindest mit seiner Oberfläche –, indem sie die detaillierten Strukturen des Gehirns untersuchen. Dabei möchten sie unter anderem herausfinden, wie wir in der Lage

sind, derart bemerkenswerte kognitive Kunststücke vollbringen. Die Schwierigkeit besteht darin zu ergründen, wie relativ einfache und einheitliche biologische Objekte (Neuronen) durch Querverbindungen eine solche Bandbreite an Aufgaben erledigen können, darunter das Speichern von Erinnerungen, das Verarbeiten visueller Informationen, das Steuern der Körperfunktionen, das Ausdrücken von Emotionen, das Anleiten unseres Verhaltens und das Bewusstmachen unseres eigenen Selbst. So unerklärlich das auch scheinen mag, dürfte darin aber der Schlüssel liegen. Wer weiß schon, ob ein vergleichsweise einfaches Computerprogramm nicht dasselbe tun könnte, wenn es freien Zugriff auf ausreichende Rechenpower und Eingabedaten hätte?

Müssen wir damit rechnen, dass künstlich intelligente Computer plötzlich »erwachen«, wie wir es aus Büchern oder Filmen kennen? Ich würde nicht darauf wetten. Obwohl ich so viel Zeit meines Lebens in immer komplexere KI-Programme eingetaucht bin, habe ich noch nicht den Hauch eines Beweises dafür gesehen, dass es demnächst so weit sein könnte. Wahrscheinlich ist es eher so, dass Aufgaben, von denen wir glauben, für deren Erledigung sei menschliche Genialität erforderlich, anfälliger für eine Automatisierung sind, als wir denken. Intelligenz als kohärentes Konzept im Rahmen einer formellen Analyse, Messung und Vervielfältigung ist vielleicht nur eine Illusion.

Es mag sein, dass die KI derzeit noch keine echte Wissenschaft ist wie die Physik oder die Chemie, in der Theorien und Hypothesen durch objektive Bestätigung bewiesen werden – aber wer weiß schon, was die Zukunft bringt.⁹ Es lässt sich trefflich darüber streiten, wo der Unterschied zwischen KI auf der einen und cleverer Programmierung oder Technik auf der anderen Seite liegt. Aber wir dürfen uns bei dieser Diskussion nicht von einer wichtigen Wahrheit ablenken lassen: Diese neue Technologie wird vieles, das uns lieb und teuer ist, in hohem Maße verändern – angefangen bei unserer Lebensführung bis hin zu unserer Selbstwahrnehmung. Schon möglich, dass wir die KI als solche noch nicht lückenlos definieren können – aber ich bin mir sicher, dass die meisten Menschen Richter Potter Stewart vom U.S. Supreme

Court zustimmen, der – wenn auch im Zusammenhang mit Pornografie – sagte: »Ich erkenne sie, wenn ich sie sehe.«¹⁰

Kann ein Computer wirklich jemals intelligenter sein als ein Mensch?

Die kurze Antwort lautet »Ja«, allerdings vermutlich nur in einem sehr begrenzten Kontext. Es ist möglich, dass sich die öffentliche Meinung irgendwann in der Zukunft so weit gewandelt hat, dass der Gedanke, Computer könnten in einigen recht weit gefassten intellektuellen Bereichen grundsätzlich dem Menschen überlegen sein, als annehmbar gilt. Aber wie ich noch zeigen werde, müssen wir keine Angst haben, dass die Maschinen über uns herrschen oder uns überflüssig machen werden. Autos bewegen sich schneller fort als wir, Geldautomaten zählen Geld schneller als wir, Kameras können im Dunkeln sehen – aber fühlen wir uns deswegen von ihnen bedroht? Computerprogramme können bereits heute genauso gut wie wir oder sogar besser Spiele spielen, in einer Menschenansammlung nach bekannten Gesichtern suchen und Filmtipps geben. Aber nur wenige Menschen fürchten sich davor. Falls oder wenn Roboter chirurgische Eingriffe am Gehirn vornehmen, Häuser anstreichen, Haare schneiden oder uns bei der Suche nach den verlegten Schlüsseln helfen können, dann vermute ich, dass wir darin unglaublich nützliche Werkzeuge sehen werden, die Aufgaben erledigen, die bisher der menschlichen Intelligenz bedurften – und da liegt es nahe, sie ebenfalls als intelligent oder clever zu bezeichnen.

Allerdings müssen wir sorgfältig definieren, was wir damit meinen. Maschinen zugeschriebene Intelligenz dürfte sich auf genau definierte Tätigkeiten beziehen, deren Ziele problemlos bestimmt und gemessen werden können: Ist der Rasen gemäht? Bin ich pünktlich angekommen? Wird es morgen regnen? Ist meine Steuererklärung korrekt ausgefüllt? Auf der anderen Seite gibt es aber auch viele Bereiche, in denen Erfolg oder Misserfolg subjektiv bewertet werden: Welches Kleid steht mir besser? Für welche Universität oder Fachhochschule soll ich mich

entscheiden? Ist Paul der Richtige für mich? Was wäre, wenn die Nazis den Zweiten Weltkrieg gewonnen hätten? Wie kann ich meine Tochter aufmuntern, wenn ihre Mannschaft das Fußballspiel verloren hat?

In der Vergangenheit wurden jede Menge falsche Vorhersagen über Dinge gemacht, die Computer niemals tun könnten – ich begeben mich mit meinen Beispielen also auf dünnes Eis. Ganz ohne Zweifel lassen sich Programme schreiben, die zumindest plausible Versuche unternehmen, derartige subjektive oder bewertende Fragen zu beantworten. Aber ich vermute, dass ihre Antworten nicht höher bewertet oder als einsichtiger oder klüger erachtet werden als die anderer Menschen.

Vom heutigen Standpunkt aus mag die Vorstellung, dass wir eines Tages Maschinen als intelligenter als Menschen bezeichnen, Unwohlsein hervorrufen. Wenn es jedoch erst mal so weit ist, wird es wahrscheinlich keine große Sache mehr sein. Denken Sie an viele andere technische Fortschritte, die mit Schrecken erwartet wurden, zum Beispiel die künstliche Befruchtung (Retortenbabys), die betäubenden und verdummenden Auswirkungen des Fernsehens auf Kinder und – mein Lieblingsbeispiel – die Bedrohung durch aufgezeichnete Musik.¹¹ Doch auch KI-Forscher müssen sich Kritik gefallen lassen: Sie neigen zu überzogenem Optimismus – ein häufiger Kritikpunkt, der zum Beispiel vom Philosophen Hubert Dreyfus herausgestellt wird.¹²

Beachten Sie, dass sich diese Frage von der unterscheidet, ob Computer den Menschen in allen (nicht in vielen) aktuellen Berufen und Tätigkeiten ersetzen werden.¹³ Es gibt viele Dinge, die wir tun, weil wir Spaß daran haben. Oft gehört auch die Arbeit dazu. Als ich einmal als Thema für einen Aufsatz nach dem Grund dafür fragte, warum wir Schachprogramme schreiben, erhielt ich die (hoffentlich) sarkastisch gemeinte Antwort: »Damit uns die Schinderei erspart bleibt, es selbst spielen zu müssen.«

Wer wissen will, warum Computer höchstwahrscheinlich in einer Reihe praktischer Aufgabenfelder die menschliche Intelligenz überflügeln werden, sollte sich zunächst bewusst machen, dass Computer dem Menschen bereits heute auf vielen Gebieten voraus sind. Dazu zählen auch Bereiche, von denen wir dachten, dass ohne menschliche

Intelligenz nichts ginge: Autos lenken, in Quizsendungen mitspielen, Kriege vorhersagen und Pressemitteilungen zusammenfassen sind nur einige Beispiele dafür.¹⁴ Warum halten wir diese Dinge überhaupt für gesonderte Fähigkeiten? Wenn eine Person genug davon beherrscht, erscheint sie uns dann nicht als grundsätzlich intelligent, selbst wenn sie andere Dinge (noch) nicht gut beherrscht, zum Beispiel einen Roman schreiben?¹⁵ Natürlich trägt der Schein.

Werden Maschinen im menschlichen Sinne intelligenter, wenn wir diese Liste um weitere Fähigkeiten erweitern? Bevor Sie lange nachdenken, nehmen Sie doch einmal Ihr Smartphone zur Hand. Es kann eine ganze Reihe von Dingen, für die Sie früher unterschiedliche Geräte benötigten: eine Kamera, ein Mobiltelefon, ein Musikwiedergabegerät, ein Navigationssystem und sogar eine Taschenlampe und eine Lupe. Aber sind Sie der Meinung, dass Ihr Smartphone »intelligenter« wird, wenn Sie eine neue App herunterladen? Vermutlich nicht. Was immer Sie auch damit tun können, es bleibt doch nichts anderes als das digitale Pendant zum Schweizer Taschenmesser – jede Menge praktische Werkzeuge, die durchdacht in einem Immer-dabei-Paket gebündelt sind.

Gewiss dürfen wir nicht vernachlässigen, dass viele dieser Funktionen zusammenwachsen. Die Methoden und Techniken hinter den einzelnen Fortschritten können zu einer immer kleineren Ansammlung von Techniken verschmelzen, die einen immer größeren Anwendungsbereich abdeckt. Diese Tendenz der Technologien zur Konsolidierung mag überraschen, wenn man die endlose Zahl von neuen Dingen bedenkt, die tagtäglich um unsere Aufmerksamkeit buhlen, doch ein Großteil des Prozesses geschieht unbemerkt hinter den Kulissen. Derselbe Trend ist im Übrigen aus dem Softwarebereich bekannt: Früher musste zum Beispiel jedes Unternehmen, das Daten auf einem Computer speichern wollte, ein eigenes Datenbanksystem für die entsprechenden Informationen schreiben. Doch schon bald zeigten sich Gemeinsamkeiten und es entwickelten sich mehrere miteinander konkurrierende Standards (allen voran der Netzwerk- und der hierarchische

Ansatz), die schließlich durch das heute in der Geschäftswelt verbreitete relationale Datenbankmodell verdrängt wurden.¹⁶

Wie bereits erwähnt, legt nichts davon den Schluss nahe, dass Computer in der Zukunft dieselben Aufgaben wie wir erledigen werden. Im weiteren Verlauf dieses Buches werde ich das Machine Learning (oder Maschinenlernen) noch genauer behandeln, aber eine der größten Überraschungen in den letzten Jahren bestand darin, dass relativ einfache statistische Methoden in Verbindung mit einer ausreichend großen Menge an Beispielen in der Lage sind, Aufgaben zu lösen, für die normalerweise Verständnis und Einsicht erforderlich ist. Ein Beispiel: Die maschinelle Übersetzung von einer menschlichen Sprache in eine andere zeitigte viele Jahre lang eher schlechte Ergebnisse. Mittlerweile sind jedoch viele erfolgreich übersetzte Texte verfügbar und das hat in der Folge zu einem Quantensprung in diesem Bereich geführt.¹⁷ Und die Erkenntnis, dass Sie mit jeder Suchanfrage die Computer, die die Antworten liefern, ein wenig intelligenter machen und ihnen das menschliche Denken näherbringen, mag durchaus etwas beunruhigend sein.

Computer sind schneller, genauer und haben jede Menge Speicher zur Verfügung. Das versetzt sie zwar in die Lage, Schach zu spielen oder Texte mithilfe einer Suche zu übersetzen, der Mensch kann durch die Anwendung anderer Techniken allerdings mitunter zu besseren Ergebnissen kommen. Doch automatisierte Methoden setzen Punkt für Punkt weitere Haken in der langen Liste von Fähigkeiten, die wir bisher nur und ausschließlich uns Menschen zutrauten. So verwischt die Grenzlinie zwischen menschlicher und Maschinenintelligenz nach und nach, bis sie für die meisten von uns irrelevant wird. Manchmal ist die beste Person für eine Aufgabe vielleicht eine Maschine.