

Warum wir immer noch am Anfang sind

Ein Überblick über den derzeitigen Stand von Quantencomputing und Künstlicher Intelligenz

Jens Eisert forscht im Gebiet der Quanteninformation und der Physik komplexer Quantensysteme. Beide Felder hängen enger zusammen als zuerst angenommen. Quantenrechner sind gewissermaßen hochgradig technisch entwickelte Quantensysteme, die ein enormes Maß an Kontrolle erlauben. Natürliche Festkörpersysteme sind ebenso physikalische Systeme, deren Einzelteile quantenmechanischen einfachen Regeln gehorchen: Aber auch hier ist es sehr schwierig herauszufinden, welche Eigenschaften sich genau ergeben, wenn diese Einzelteile zusammenspielen.

Über ein mögliches Zusammenspiel von Quantencomputern und Künstlicher Intelligenz wird derzeit viel gesagt. Doch zunächst grundsätzlich: Das Wort „intelligent“ beschäftigt uns ja schon länger; selbiges gilt für „künstlich“. Gerade „künstlich“ ist nicht immer positiv konnotiert, verweist eher auf „unecht“, „unnatürlich“, „fadenscheinig“. Wovon sehen Sie eine Begründung für den Euphemismus „Künstliche Intelligenz“? Was erhofft sich die Menschheit davon?

Ich würde Künstliche Intelligenz nicht unbedingt als einen Euphemismus bewerten: Mehr Intelligenz erscheint zunächst einmal vorteilhaft. Allerdings kommt natürlich jede mächtige Technologie oder Idee mit einer Reihe von wichtigen ethischen Fragen einher, die ja auch rege studiert und in der Öffentlichkeit diskutiert werden.

In der Tat ergeben sich durch die Künstliche Intelligenz enorme Anwendungsmöglichkeiten, die ja auch tatsächlich realisiert sind. Es gibt kaum noch industrielle Prozesse, die ganz ohne Künstliche Intelligenz auskommen. Die Menschheit erhofft sich

zu recht hier die Überwindung von Routinetätigkeiten, wenn etwa handschriftliche Adressen auf Postsendungen mithilfe von Machine Learning erkannt werden.

Was ist der Unterschied zwischen „starker“ und „schwacher“ KI?

Die schwache KI setzt sich zum Ziel, konkrete Anwendungen zu lösen, wie das gerade genannte Beispiel der Schrifterkennung. Hier werden Aufgaben tatsächlich erlernt, aber diese Aufgaben sind konkret und zielorientiert. Die bekannten Algorithmen der Informatik würde man zur schwachen KI zählen.

Die starke KI dagegen ist bisher weitgehend ein Traum geblieben – eine Vision. Ein starkes KI-System wäre auf Augenhöhe mit dem Menschen und könnte tatsächlich kreative Aufgaben bewältigen, die von denen von Menschen nicht unterscheidbar wären. So könnte man mit einem starken KI-System auch wie mit Menschen interagieren. Die Idee, dass eine Maschine tatsächlich in einem kreativen, schaffenden Sinne intelligent sein könnte, ist ungeheuer faszinierend. Insbesondere die starke KI wirft philosophische Fragen auf, die bisher weitgehend offen geblieben sind, und kommt auch mit ethischen Herausforderungen einher.

Künstliche Intelligenz ist meistens der populärere Ausdruck für „Machine Learning“. Was meint das genau?

Künstliche Intelligenz ist weitgehend synonym mit dem Maschinenlernen oder dem „Machine Learning“ im Englischen. Man bezeichnet damit eine Klasse von Computeralgorithmen, die Dinge selbstständig erlernen und eigenständig Probleme bearbeiten können.

„Die starke KI dagegen ist bisher weitgehend ein Traum geblieben – eine Vision.“

In der Informatik gibt es den Fachausdruck „unüberwachtes maschinelles Lernen“. Was verbirgt sich dahinter?

Eine Einteilung von Algorithmen der KI ist in überwachtes und unüberwachtes maschinelles Lernen. Bei letzterem weiß der Algorithmus gewissermaßen nicht, was es erkennen soll. Er teilt die Daten in Kategorien ein, ohne zu wissen, welche Kategorien dies sind und unter welches Label sie passen.

Wo in unserem Alltag sind bereits künstlich intelligente Prozesse am Werk – ohne dass wir uns dessen bewusst sind?

Künstlich intelligente Prozesse sind ubiquitär. Man begegnet ihnen ständig im Alltag. Vielleicht sind am häufigsten jedwede Anwendungen in der Muster- und Spracherkennung. Das oben genannte Beispiel der Schrifterkennung gehört dazu.

Dies kann eine enorme Hilfe sein, manchmal aber auch etwas frustrierend, wenn man in Call-Centern etwa fast nur noch mit Maschinen redet. Die Robotik kommt ohne Künstliche Intelligenz nicht mehr aus. Fortgeschrittene Algorithmen der Künstlichen Intelligenz werden eingesetzt, wenn etwa Werbung auf die Bedürfnisse von Konsumenten zugeschnitten wird. Wenn man Siri auf dem Telefon spricht, redet man mit einem Algorithmus der KI. Künstliche Intelligenz hilft in weiten Feldern des industriellen Schaffens, Prozesse geschickter zu gestalten.

In der Wissenschaft erlebt die Künstliche Intelligenz auch derzeit einen enormen Boom: Man erhofft sich, Strukturen zu erkennen und zu erlernen, die sonst unzugänglich sind: Sie ist so ein mächtiges Werkzeug, um die Natur neu zu verstehen. Etwa verstehen Algorithmen der KI Strukturen in der Chemie oder der Materialwissenschaft, auf die ein Mensch kaum kommen würde.

1999 erschien der Science-Fiction-Film The Matrix. Als Übergangswerk ins neue Jahrtausend verheißt er nichts Gutes: Eine uns verborgene, subkutan agierende Matrix, die mit Künstlicher Intelligenz gefüttert ist, beherrscht die Abläufe unseres Planeten. Diese Revolution des Computers ist zweifelsohne ein künstlerisch geglückter Schachzug, dennoch ist die Frage reizvoll, was für Risiken eine künstliche intelligente Welt birgt. Was halten Sie vom Aufstand des Computers gegen seine Erschaffer?

Die Matrix ist mit solchen Vorstellungen nicht allein: Es gibt kaum einen Science-Fiction-Film, in dem keine hochintelligenten Maschinen vorkommen. Ich kenne auch einige Kolleginnen und Kollegen, die ernsthaft besorgt sind über den Aufstand des Computers gegen seine Erschaffer.

Die Idee ist nicht ganz neu: Schon 1965 entwickelte der Mathematiker Irving John Good die Vorstellung einer Superintelligenz, welche die Möglichkeiten des Menschen übersteigt, und einer möglichen Intelligenzexplosion. Denn diese superintelligente Maschine könnte ja wiederum Maschinen schaffen, die intelligenter sind als diejenigen, die Menschen kreieren können. Der Teufelskreis lässt sich dann weiterdenken. Diese Idee ist nicht ganz von der Hand zu weisen. Mir scheint dies allerdings recht unplausibel. Grundsätzlich ist man bei jeder mächtigen Technologie gut beraten, die möglichen Folgen im Blick zu behalten.

Was ist der Zusammenhang zwischen Künstlicher Intelligenz und Quantencomputer?

Quantencomputer sind Computer, also Rechenmaschinen, die algorithmische Probleme lösen können. Quantencomputer können keine anderen Probleme lösen als die, die man auch auf anderen Rechnern laufen lassen kann. Der britische Mathematiker und Informatiker Alan Turing – der übrigens auch die Kryptomaschinen des dritten Reiches knackte und damit den U-Bootkrieg des Zweiten Weltkriegs für das britische Imperium entschied – erfasste als erster sehr präzise, was ein rechnerisches Problem ist: Und das ist für herkömmliche Rechner und Quantenrechner exakt das Gleiche.

Der springende Punkt ist aber, dass Quantenrechner bestimmte Probleme viel effizienter lösen können. Ein Quantenrechner könnte etwas in recht kurzer Zeit herausfinden, was die Primfaktoren eines Produktes zweier Primzahlen sind. Ein herkömmlicher Rechner könnte das zwar im Prinzip auch, braucht dafür aber unpraktisch lange. Solche Probleme werden etwa in Kryptosystemen eingesetzt, wenn man etwa Internetbanking macht oder per WhatsApp oder https-verschlüsselte Daten verschickt. Für einen Quantenrechner wären solche Codes im Nu zu knacken.

Bekannte Machine-Learning-Algorithmen eins zu eins auf Quantencomputern laufen zu lassen, funktioniert bekanntlich noch nicht. Können bestimmte Elemente der Künstlichen Intelligenz vom Quantencomputer dennoch profitieren? Wenn ja, wie?

Das ist eine spannende Frage. Die vielleicht überraschende Antwort ist die, dass es nicht ganz klar ist, wie Künstliche Intelligenz genau profitieren kann. Es ist klar, dass man nicht einfach stumpf Quantenrechner auf bekannte Algorithmen loslassen kann: Das wird aller Voraussicht nach nicht zu Vorteilen führen. Quantenrechner können nur ganz bestimmte Probleme gut lösen, die enorm viel Struktur aufweisen. Die Kunst besteht darin, diese Struktur geschickt auszunutzen. Quantenrechner können bestimmte Unterprobleme, die auch in der KI wichtig sind, tatsächlich schneller lösen wie etwa lineare Gleichungssysteme. Dies sind aber nicht unbedingt die plausibelsten Anwendungen. Plausibler sind Ideen, die Quantensuchalgorithmen in der KI einsetzen, Quantenversionen des reinforcement learning, quantenmechanische neuronale Netzwerke und kernel methods. Dies sind viele Fachbegriffe. Ich versuche hier zu sagen: Ohne ein tiefes Verständnis der Struktur des Problems geht es nicht. Diese Ideen erfahren ein enormes Interesse, denn die Idee, dass man die riesigen Konfigurationsräume geschickt ausnutzen kann, die die Quantenmechanik bietet, ist faszinierend und potentiell enorm vielversprechend. Wir sind Teil eines vom Bundeswirtschaftsministeriums geförderten Konsortiums, PlanQK, das sich mit dieser Frage mit industriellen Anwendungen im Blick beschäftigt, und arbeiten an einem Projekt zum Thema im Exzellenzcluster MATH+: Hier kommen konzeptuelle und mathematische Fragen mit sehr konkreten Problemen zusammen – wie etwa die Bahn die Fahrpläne optimieren kann – was ungeheuer spannend ist.

Ein Postdoc, ein Student meiner Arbeitsgruppe, ein Kollege in der Informatik und ich knobeln auch gerade an einer Arbeit, die

„In der Wissenschaft erlebt die Künstliche Intelligenz auch derzeit einen enormen Boom: Man erhofft sich, Strukturen zu erkennen und zu erlernen, die sonst unzugänglich sind: Sie ist so ein mächtiges Werkzeug, um die Natur neu zu verstehen.“

zeigen würde, dass es einen echten beweisbaren Quantenvorteil gibt im Lernen mit Quantenrechnern. Hier sind zwar noch kleine Lücken im Beweis zu schließen, wir sind da allerdings sehr zuversichtlich. Dann lautete die Antwort auf obige Frage klar: ja – was natürlich nicht heißt, dass es nicht schwierig ist, die praktischen Vorteile herauszuarbeiten. Aus wissenschaftlicher Sicht sind diese Fragen aber enorm motivierend.

Was halten Sie von diesen Befürchtungen, die mit der Implementierung von Künstlicher Intelligenz in unseren Alltag womöglich einhergehen: KI fördere eine massenhafte Überwachung von Bürgern; KI reduziere massenhaft Jobs, weil die Arbeitskraft von heute durch den Computer von morgen ersetzt werde.

Diese Sorgen sind ernst zu nehmen. Es ist wie mit jeder mächtigen Technologie, die auch Risiken in sich trägt, bis hin zu drastischen Änderungen unserer Lebensrealität. Etwa hat der Computer die Welt verändert wie kaum eine andere Erfindung. Die genannten Risiken treffen zu einem Grad für Computer ja schon zu. Dennoch würde man wohl fairerweise sagen, dass die Erfindung des Rechners das Leben einfacher und – ich würde sogar sagen – auf eine Art lebenswerter gemacht hat.

Genauso hat das Auto die Welt verändert. Auch hier würden viele sagen, vor allem zum Guten, weil das Problem einer Immobilität gewissermaßen gelöst ist. Andererseits bedroht uns nun der Klimawandel. Auch sind Städte laut geworden und mit immenser Parkfläche ausgestattet, die man auch anders – lebenswerter – nutzen könnte. Alleine in Berlin braucht man 15 Quadratkilometer, um nur jedes Auto einmal zu parken. Das ist auch ein Problem. Künstliche Intelligenz kommt hier so immerhin ins Spiel, dass selbstfahrende Autos das Parkproblem aus der Welt schaffen.

Aber zum Punkt: Die Gefahr einer Überwachung von Bürgerinnen und Bürgern ist ernst zu nehmen, und etwa aus China kennt man auch Entwicklungen, die nicht unproblematisch sind, diese sind aber nicht unüberwindbar. KI reduziert zweifelsohne massenweise Jobs: Hier lautet die Antwort klar: ja. Andererseits schafft sie aber auch viele neue. Und man muss sich auch fragen, wie sehr man den Jobs nachweint, die dadurch obsolet werden. Ich bin da etwa an Tätigkeiten in der Schwerindustrie oder dem Kohlebergbau erinnert. Sicher werden manche Berufe wohl unwichtiger, aber andere, und wohl kreativere, viel wichtiger.

Und verlagert KI unseren Alltag ins Virtuelle und fördert die Gefahr akuter Sicherheitslücken oder viraler Verbreitung von Malware?

Ich würde aber nicht denken, dass spezifisch von KI eine besondere Gefahr einer Verlegung des Alltags ins Virtuelle stattfindet. Das ist zwar ein Prozess, der gesellschaftlich zu einem Grade offensichtlich schon stattfindet, aber immerhin ist es jedem doch weitgehend frei, wie sie oder er sich hier positioniert. Außerdem würde ich hier (wie übrigens auch bei der Malware) nicht der KI die Hauptrolle geben.

Kein Ding ohne Risiken und Nebenwirkungen. Vielleicht müssen manchmal gewisse Risiken in Kauf genommen werden, um dafür andere Profite zu erzielen. Ein Thema, das die

Welt sehr beschäftigt, ist die Reduktion von Schadstoffen und Abgasen, um das Klima global zu verbessern. Kann KI eine Rolle spielen für eine nachhaltige Verbesserung unseres Weltklimas?

Richtig, kein Ding ohne Risiken und Nebenwirkungen, diesen Punkt habe ich ja schon gemacht. Ja, Künstliche Intelligenz birgt schon Gefahren. Aber es ist ja nicht so, dass wir nicht schon enorme Herausforderungen haben, die es zu lösen gilt und für die KI wichtige Beiträge leisten kann.

Der Klimawandel ist sicher eine der größten Herausforderungen, die der Menschheit gestellt sind, und ich könnte mir schon vorstellen, dass die Künstliche Intelligenz hier einen konstruktiven Beitrag leisten kann. Wenn wir etwa Telekommunikationssysteme hätten, für die es sich exakt so anfühlt, wie an einem anderen Ort zu sein, würden sich Bedürfnisse von Mobilität enorm verändern: Es wäre vorstellbar, dass nur noch ein Bruchteil des gegenwärtigen Flugverkehrs stattfände.

Zum Schluss ein persönlicher Ausblick: Wie viel von dem, was wir heute machen, kann morgen schon Realität sein? Wo sehen Sie den tiefsten Einschnitt in unsere Gesellschaft, der durch KI getriggert wird?

Wenn ich etwas raten darf: Wenn ich sehe, wie sehr das Automobil die Welt verändert hat, würde ich erwarten, dass das selbstfahrende Automobil gigantische Auswirkungen haben wird. Alleine die Idee, dass viel Zeit zurückgewonnen wird, wenn die Aufgabe des Autofahrens wegfällt, ist sicher eine, die die Welt zu einer anderen macht. Der Forscher in mir aber erwartet das Unerwartete: Wahrscheinlich sind die weitreichendsten Antworten in Feldern, die wir gegenwärtig gar nicht auf dem Schirm haben. Und wenn das letztlich Quantencomputer involviert, ist das um so spannender.

„Aber zum Punkt: Die Gefahr einer Überwachung von Bürgerinnen und Bürgern ist ernst zu nehmen, und etwa aus China kennt man auch Entwicklungen, die nicht unproblematisch sind, diese sind aber nicht unüberwindbar.“

Prof. Dr. Jens Eisert

Jens Eisert, geboren 1970, verheiratet, Vater einer fünfjährigen Tochter. Studium in Connecticut (mit einer Abschlussarbeit in Mathematik) und in Freiburg (mit einer Abschlussarbeit in der Quantenphysik), Promotion 2001 in Potsdam, nach Humboldt-Stipendium und Juniorprofessur, 2005 Assistenzprofessor am Imperial College in London. 2007 folgte die erste volle Professur in Deutschland, mit einem Intermezzo 2009–2010 am Wissenschaftskolleg in Berlin. Seit 2011 voller W3-Professor für Quantentheorie am Dahlem Center for Complex Quantum Systems der Freien Universität Berlin und seit 2019 auch mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin. Forschungspreise waren unter anderem der EURYI Award und ein ERC-Grant.

