

# Lernen, Verstehen und Bewusstsein

## Möglichkeiten und Grenzen der Künstlichen Intelligenz

| ULRIKE BARTHELMESS | ULRICH FURBACH | **Die fortschreitende Digitalisierung weckt die Hoffnung auf intelligente Maschinen, mit denen wir kommunizieren, die für uns denken und die unsere Probleme lösen können. Wo steht die Künstliche Intelligenz heute und was wird im Hinblick auf maschinelles Lernen und Verstehen perspektivisch möglich sein?**

**K**ünstliche Intelligenz wird seit geraumer Zeit als die Schlüsseltechnologie für Weiterentwicklung in allen Bereichen von Wissenschaft und Forschung erachtet und ist ein unumgänglicher Wirtschaftsfaktor. Kein größeres Unternehmen kann auf die Einsatzmöglichkeiten von KI verzichten, und dies gilt für alle Branchen. In Deutschland wurde der Begriff *Industrie 4.0* geprägt, wodurch eine vierte industrielle Revolution angedeutet werden soll, und der Geschäftsmann und Autor Kai-Fu Lee prognostiziert sogar: „KI wird bahnbrechender als die Erfindung der Elektrizität“.

### Lernen

Diese Blütezeit der KI wurde ausgelöst durch die beachtlichen Erfolge im Be-

reich der Sprachtechnologie (Übersetzen, Textgenerierung), Bildverarbeitung (Gesichts- und Objekterkennung), Spiele (Schach, Go) oder Frage-Antwort-Systeme (IBM Watson und Jeopardy) – in vielen dieser Bereiche ist die Leistungsfähigkeit der künstlichen Systeme durchaus mit der von Menschen ver-

»Statistische Lernverfahren sind sehr gut darin, richtige Ergebnisse zu liefern, aber es mangelt ihnen an der Fähigkeit, ihre Lösung zu erklären.«

gleichbar, wenn nicht sogar in Einzelfällen besser. Möglich wurde diese Entwicklung durch den Einsatz von Verfahren, die zumeist auf statistischen Methoden basieren. Diese Lernverfahren benötigen riesige Mengen von Beispielen, also Daten – und diese Datenmengen stehen uns in vielen Bereichen durch die Allgegenwart des Internets in ausreichendem Maße zur Verfügung. Diese statistischen Lernverfahren sind zwar unglaublich leistungsfähig in dem Sinn, dass sie sehr gut darin sind, richtige Ergebnisse zu liefern, aber es mangelt ihnen an der Fähigkeit, ihre Lösung zu erklären – und dies erwarten wir in vielen Einsatzbereichen von KI-Systemen, z.B. in medizinische Anwendungen, beim Vorsortieren von Bewerbungen in Personalabteilungen oder gar bei militärischen Einsätzen, bei denen Menschenleben auf dem Spiel stehen.

In der KI-Forschung schlägt sich dieser Aspekt in einem starken Trend hin zur *Erklärbaren KI* nieder. Dazu kombiniert man verschiedenartige Techniken, wie eben neuronale Netze mit symbolischen wissensbasierten Methoden, um nicht nur Ergebnisse, sondern auch Erklärungen dazu zu bekommen

### Verstehen

Betrachten wir als Beispiel das Problem des „Alltagschließens“ (commonsense reasoning): Hierzu existiert eine Vielzahl von Aufgabenstellungen, die für das Testen von KI-Systemen verwendet werden. Ein solches Beispiel ist die Aussage: *Die Familie brachte ihren Hund zum Tierarzt*. Dann werden zwei Alternativen einer Begründung angeboten, von denen das System

die plausible aussuchen muss: *Der Hund hat auf einem Knochen gekaut* oder *Der Hund hat sich an der Pfote verletzt*. Auch in diesem Bereich gibt es KI-Systeme, die äußerst erfolgreich mithilfe von neuronalen Netzen und maschinellem Lernen die richtige Antwort finden. Eine Erklärung dafür können diese Systeme aber nicht liefern. Dazu würde es nämlich eine ganze Menge von Alltagswissen über die Welt benötigen (Warum geht man zum Tierarzt? Ist das Kauen eines Knochens eine Krankheit?) Im CoRg-Projekt [<http://corg.hs-harz.de>] werden solche Aufgaben mit logikbasierten Systemen angegangen, wo dann insbesondere die *Erklärbarkeit* und das *Verstehen* wichtige Aspekte sind. In der Tat stehen mittlerweile, ähnlich wie bei den Daten für das maschinelle Lernen, auch für das automatische Schließen riesige Mengen formalisierten Wissens zur Verfügung.

### AUTOREN



**Ulrike Barthelmeß** schreibt als freie Autorin über Themen zur Künstlichen Intelligenz.



**Ulrich Furbach** ist Professor (im Ruhestand) für Künstliche Intelligenz an der Universität Koblenz-Landau.

So benutzt, pflegt und erweitert der Suchmaschinen-Betreiber Google die sogenannten Knowledge Graphs, die Wissen in formalisierter Form zur Verbesserung von Suchanfragen enthalten. Im Mai 2020 waren darin 500 Milliarden Fakten zu fünf Milliarden Begriffen gespeichert. Trotz dieser riesigen Menge an Daten finden sich Suchmaschinen in Sekundenbruchteilen darin zurecht. Die Situation ist jedoch ungleich komplexer, wenn nicht nur etwas gesucht wird, sondern wenn Faktenwissen dazu benutzt werden soll, um Zusammenhänge, Erklärungen oder Begründungen zu finden, genauso wie wir bei der Lösung von obiger Aufgabe verfahren. Die zentrale Frage ist dabei, wie aus dieser Menge von Wissen die Teile identifiziert werden, die für das Lösen des Problems, also den eigentlichen Schritt des Schließens (reasoning), hilfreich sein können. Und genau hierfür bieten sich statistische Methoden an. In der Linguistik geht man seit den 1950er Jahren von der Theorie der *Distributed Semantics* aus, die besagt, dass die Bedeutung eines Wortes durch die Wörter bestimmt wird, mit denen es zusammen in Texten vorkommt. (*Hund* findet sich z.B. häufiger in Gesellschaft mit *Pelz* oder *Haustier* als mit *Computer*.) Darüber gibt es mittlerweile umfangreiche statistische Daten, die benutzt werden können, um relevante Teile aus der Wissensbasis für das logische Schließen auszuwählen.

Das semantische Umfeld von Begriffen bringt uns der Technik des Schließens, wie wir Menschen es vermutlich machen, zwar näher, wir können aber noch viel vom Menschen lernen. So spielt vermutlich auch das Bewusstsein des Menschen eine elementare Rolle beim Umgang mit Wissen und Erinnerungen.

### Bewusstsein

In der Bewusstseinsforschung gibt es zwei ernstzunehmende Theorien, die versuchen, Bewusstsein mithilfe von Informationstheorie zu modellieren:

Die *Global Workspace Theory* von Bernard J. Baars, auch als Baars' Theater bekannt, betont, dass Bewusstsein unabdingbar ist, um große Mengen an Wissen zu beherrschen. Die Theater-Metapher beschreibt dabei eine Bühne mit Scheinwerfer (Aufmerksamkeit), auf der die Akteure darum eifern, in das Licht des Scheinwerfers zu gelan-

gen. Hinter der Bühne, also im Dunkel des Unbewussten, ist eine Menge an Leuten aktiv (Techniker, Autoren, Regie), um das Geschehen zu unterstützen. Im Zuschauerraum befindet sich eine große Anzahl an Menschen, die Wissen, Fertigkeiten und Erfahrungen repräsentieren. Dieses Gesamtsystem ist das Bewusstsein! Die *Information Integration Theory* von Giulio Tononi geht von einem beliebigen vernetzten physischen (nicht notwendigerweise biologischen) System aus. Mit Hilfe einer mathematischen Strukturanalyse wird ermittelt, welche Teile des Systems am stärksten Information integrieren. Dieser Bereich des Systems stellt in dieser Theorie den Sitz des Bewusstseins dar. Hier wird auch deutlich gemacht, dass Systeme über unterschiedliche Grade von Bewusstsein verfügen können.

Eine Brücke zum Erforschen von Assoziationsprozessen und somit zum menschlichen Schließen könnte auch die Beobachtung des Gedankenwanderns beim Menschen bilden.

## »Nur langsam tasten wir uns an KI-Systeme heran, die lernen, verstehen und erklären können.«

### Gedankenwandern

Gedankenwandern beim Menschen findet statt, wenn eine Person in wachem Zustand von der Außenwelt abgewandt ist und an nichts Konkretes denkt, sich seinen Tagträumen hingibt. Neurowissenschaftler haben gezeigt, dass in diesen von äußeren Reizen freien Zuständen das sogenannte Leerlauf- oder *Default-Mode-Netzwerk* (DMN) aktiv ist. Diese mentalen Auszeiten bieten Gelegenheit, spontan Gedanken durchzuspielen, neue Sichtweisen zu produzieren, Szenarien zu simulieren, die für die Verarbeitung von Vergangenem oder die Planung von Aktionen hilfreich sein können. Solches *Gedankenwandern* ist auch im KI-System möglich: Ausgehend vom Satz „Der Hund verletzte seine Pfote“ wandert das CoRg-System über Begriffe wie *Gefahr*, *Wunde*, *Krankheit* zu *Infektion* oder in einer anderen Kette über *verwundet*, *Kampf*, *Konflikt* hin zu *Militär*.

### Kreativität

Ein ähnlicher Mechanismus kann dazu benutzt werden, um sich dem Thema

Kreativität zu nähern. Mittlerweile existieren KI-Systeme, die literarische Texte generieren, Musik komponieren oder Gemälde produzieren. Sind solche Systeme kreativ? Man könnte die Frage bejahen, wenn man Verfahren zum Testen des Kreativitätspotenzials bei Menschen in Betracht zieht. So wird zum Beispiel der *Remote Associate Test* seit den 1950er Jahren als Kreativitätstest in verschiedensten Varianten angewendet. In der einfachsten Form werden Probanden drei unzusammenhängende Begriffe vorgelegt, wie z.B. *Schnee*, *Karotte*, *Schlitten*. Die Aufgabe ist es nun, einen weiteren Begriff zu assoziieren, der alle drei Begriffe in sinnvoller Weise verbindet – in unserem Fall könnte das der Begriff *Schneemann* sein. Man kann sich vorstellen, dass der Mechanismus des sinnvollen Assoziierens eng mit dem oben beschriebenen Gedankenwandern zusammenhängt. Und in der Tat kann das CoRg-System solche Tests bearbeiten und in unserem Fall eben auch den *Schneemann* vorschlagen.

Nur langsam tasten wir uns an KI-Systeme heran, die lernen, verstehen und erklären können. Dies ist aber Voraussetzung für ihren Einsatz in kritischen Bereichen, in denen es um Verantwortung für Menschen geht.

### Verantwortung

Die momentan oft noch mangelnde Erklärungsfähigkeit von KI-Systemen zeigt, dass wir beim Einsatz solcher Systeme durchaus Vorsicht walten lassen sollten. In der Tat hat dies die EU Kommission auch erkannt und arbeitet derzeit an einer Verordnung für den Einsatz von KI. Dort wird explizit der Mensch und sein Wohlergehen in den Mittelpunkt gerückt: Je höher die möglichen Gefahren in einem Einsatzgebiet sind, desto höher werden auch die regulatorischen Anforderungen an das KI-System sein.

Anzeige

Führungs-, Karriere- und  
Persönlichkeitscoaching  
in Wissenschaft, Forschung  
und Lehre

Team Römer [www.team-roemer.de/res](http://www.team-roemer.de/res)

