



Foto: Siemens Österreich AG; 4:1 Endstand: Im Kräftevergleich zwischen Mensch und Computer hat die Google-Software AlphaGo in fünf Spielen überraschend den Spitzenspieler Lee Sedol im asiatischen Brettspiel Go besiegt. Das Spiel ist für Computer wesentlich komplexer als Schach.

**Kurt Hofstädter**

## Maschinelles Lernen

Maschinelles Lernen eröffnet der Industrie noch nie da gewesene Möglichkeiten. Die Basis sind Sensoren, die sich in enormem Ausmaß verbreiten und an Leistung gewinnen. Sie stellen immer mehr Daten zur Verfügung, lokal und in Netzwerken. Dank ausgeklügelter Lösungen können Maschinen diese Daten heute nicht nur intelligent nutzen, sondern auch aus ihnen lernen.

Die Palette lernender biologischer Systeme in der Natur ist breit: Sie reicht vom Fadenwurm mit seinen rund 300 Nervenzellen bis zum Gehirn eines erwachsenen Elefanten mit 200 Milliarden Neuronen. Doch ob es sich um die Neuronen von Fruchtfliegen oder Kakerlaken, von Schimpansen oder Delfinen handelt: Sie alle verarbeiten und übermitteln Informationen. Der Grund dafür ist in der Biologie immer derselbe. Um Gefahren zu vermeiden und den Erfolg des eigenen Überlebens und der Fortpflanzung zu sichern, müssen alle Organismen ihre Umwelt wahrnehmen und auf sie reagieren. Außerdem müssen sie sich an die Reize erinnern können, die Risiko oder Belohnung anzeigen. Lernen ist also eine Voraussetzung für das Überleben in der Natur, ein ehernes Gesetz.

Das gleiche ehrene Gesetz gilt mittlerweile jedoch nicht mehr nur in der Natur, sondern zunehmend auch in künstlichen Systemen. Auch sie werden lernfähig, und dies kann zur Optimierung verschiedenster Abläufe beitragen. Laut Dr. Volker Tresp, Informatikprofessor an der Ludwig-Maximilians-Universität München und Experte für maschinelles Lernen bei Siemens, gibt es drei Arten des Lernens: durch Erinnerung (etwa an bestimmte Fak-

ten), über Fähigkeiten (wie einen Ball werfen) und durch Abstraktion (zum Beispiel das Ableiten von Regeln aus Beobachtungen). Computer, die auf dem ersten Feld bereits wahre Genies sind, holen nun auch in den anderen beiden enorm schnell auf.

### Deep Learning Systems brechen Rekorde

Was wird in Zukunft möglich sein? Mit steigender Leistung und einer wachsenden Zahl von Sensoren eröffnen sich enorme Chancen, vor allem in der Industrie. Immer mehr Daten werden lokal und über Netzwerke zugänglich. Doch damit sich aus dieser Datenflut ein Nutzen ziehen lässt, müssen sie intelligent analysiert werden. Das heißt, man muss über das Wissen verfügen, wie die Geräte und Anlagen funktionieren und mit welcher Sensorik und Messtechnik man an die wirklich nützlichen Daten herankommt. Dieses „Internet der Dinge“ verändert nicht nur die Industrie grundlegend, sondern auch die gesamte Infrastruktur: zum Beispiel Verkehrssysteme, bei denen Autos miteinander und mit Verkehrsleitzentralen in Kontakt sind, sich selbst steuernde Industrieanlagen oder intelligente Gebäude.

„Maschinelles Lernen spielt bei der Entwicklung neuer Smart-Data-Anwendungen eine wichtige Rolle“, erklärt Tresp. Anders als bei rein statistischen Verfahren, deren Fokus auf den interpretierten Parametern liegt, oder dem Data Mining, bei dem in erster Linie Muster im Datenmeer erkannt werden, liefern Verfahren des Maschinellen Lernens, wie beispielsweise künstliche neuronale Netze, Vorhersagen, die zu automatisierten Entscheidungen führen können.

So hat Siemens etwa mit SENN (Simulation Environment for Neural Networks) ein intelligentes System auf Basis neuronaler Netze entwickelt, um verschiedenste Fragestellungen zu beantworten. Die Software dient heute unter anderem zur Vorhersage verschiedener Rohstoffpreise. Das Programm prognostiziert zum Beispiel den Strompreis für die nächsten 20 Tage und sagt in zwei von drei Fällen den Preistrend richtig vorher. Seit 2005 nutzt Siemens diese Methode, um zum günstigsten Zeitpunkt Strom einzukaufen. Weitere mögliche Einsatzfelder sind die Vorhersage zu erwartender Einspeisemengen von erneuerbarem Strom oder die Prognose des Luftverschmutzungsgrads in Großstädten – präzise und mehrere Tage im Voraus.

## Selbststeuernde Gasturbinen

Computersysteme, die in der Lage sind, aus verschiedenen Daten zu lernen und eigene Schlussfolgerungen zu ziehen, sind aber auch in weiteren Siemens-Bereichen im Einsatz. So erforschen Wissenschaftler von Corporate Technology (CT) unter anderem, wie sich Windturbinen dank Maschinellen Lernen an sich wandelnde Wind- und Wetterverhältnisse anpassen können – und damit ihre Stromerzeugung erhöhen. „Grundlage für die Selbstoptimierung der Windturbinen ist die Ableitung von Windeigenschaften aus ihren eigenen Betriebsdaten“, sagt Volkmar Sterzing, der das Thema bei CT betreut.

Diese Werte werden von Sensoren in und auf der Windenergieanlage aufgenommen: Messdaten zu Windrichtung, Windstärke, Temperatur, Strom und Spannung und die Vibrationen an größeren Bauteilen wie Generator oder Rotorblatt. „Bisher dienten die Parameter der Sensoren ausschließlich der Fernüberwachung und Diagnostik im Service. Doch mit ihrer Hilfe können Windturbinen nun mehr Strom als bisher erzeugen.“ Derzeit arbeitet der Experte daran, auch den Betrieb von Gasturbinen zu optimieren. Ziel ist ein selbstlernendes System, das die Betriebsdaten der Turbine nicht nur auswertet oder visualisiert, sondern selbstständig interpretiert und den Betrieb automatisch kalibriert.

## Maschinen denken dank Neuronen

Ein neuer Trend im Bereich des maschinellen Lernens sind sogenannte Deep-Learning-Verfahren, die heute mit bis zu 100.000 simulierten Neuronen und zehn Millionen simulierten Verbindungen arbeiten. Damit brechen sie alle bisherigen Rekorde der Künstlichen Intelligenz und ermöglichen bislang nicht mögliche Anwendungen, beispielsweise in der automatischen Bilderkennung. Die neuen Deep-Learning-Methoden arbeiten mit wesentlich mehr Ebenen künstlicher Neuronen. Jede Ebene befasst sich mit jeweils einer bestimmten Abstraktionsebene der zu lernenden Materie. Indem eine Vielzahl von Ebenen miteinander verknüpft werden, sind die Erkenntnisse wesentlich detaillierter als bei früheren Formen der künstlichen neuronalen Netze. Dies ist nicht bloße Theorie,

vielmehr erleben wir Menschen dies in unserem Alltag, denn die meisten von uns tragen ein künstliches neuronales Netz bei sich: Die Spracherkennung in allen modernen Android-Smartphones arbeitet mit solchen tief geschichteten neuronalen Netzwerken. Das Team von Informatiker und Siemens-Experte Tresp geht noch weiter: Es modelliert mathematische Wissensnetze mit bis zu zehn Millionen Objekten und kann bis zu 10<sup>14</sup> mögliche Voraussagen über die Beziehungen dieser Objekte untereinander treffen. Diese unvorstellbare Ziffer mit 14 Nullen entspricht ungefähr der Anzahl von Synapsen des Gehirns eines Erwachsenen.

Zum Einsatz können diese Wissensnetze etwa in der Industrie kommen: zum Beispiel beim Projekt „Smart Data Web“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Dessen Ziel ist es, eine Brücke zwischen dem öffentlich zugänglichen Internet und den internen Informationswelten großer Unternehmen zu schlagen. So sollen beide Seiten die Informationen des jeweils anderen mithilfe des maschinellen Lernens generalisieren. Auf diese Weise kann die Extraktion von Informationen verbessert werden, was wiederum dazu führt, dass sich beide Seiten gegenseitig mit neuen Fakten speisen können. Die so gewonnenen Informationen könnten produzierenden Unternehmen dabei helfen, Planungs- und Entscheidungsprozesse wie etwa das Lieferkettenmanagement entscheidend zu optimieren.

Solche Wissensnetze könnten darüber hinaus auch zur Entscheidungsfindung bei medizinischen Fragestellungen im klinischen Bereich beitragen. Hier entwickelt Siemens etwa Lösungen im Rahmen des vom BMWi geförderten Projekts „Klinische Datenintelligenz“ mit Anwendungen, die zusammen mit der Charité in Berlin und der Uni-Klinik Erlangen erarbeitet werden.

Ziel ist es, dass das System lernt, Prognosen und Entscheidungsempfehlungen, etwa zur Therapie, auf Basis der existierenden Patientendaten zu treffen.

## AlphaGo: Maschine besiegt Mensch

Welche Fähigkeiten lernende Systeme bereits heute erlangen können, zeigt das Beispiel AlphaGo, mit dem Google erst im März 2016 einen Meilenstein in der Entwicklung selbstlernender Maschinen und Künstlicher Intelligenz erreicht hat. Die Software besiegte einen der weltbesten Go-Spieler in einem Spiel über fünf Runden deutlich mit 4:1. Dabei galt das asiatische Strategiespiel aufgrund seiner Komplexität bisher als zu kompliziert für Computer. So gibt es eine nahezu unbegrenzte Zahl möglicher Positionen – die Spieler müssen sich daher meist auf ihre Intuition verlassen. AlphaGo wurde von Google DeepMind entworfen, um komplexe Aufgaben lösen zu können. Dabei nutzt es das gleiche Lernverfahren, das Siemens auch bei seinen Wind- und Gasturbinen einsetzt. Mit diesem „Reinforcement“-Verfahren erlernt das System eine Funktion zur Bewertung von Spielpositionen, indem es Millionen vergangener Spiele auswertet und dann sozusagen gegen sich selbst spielt. Wie sich zeigte, mit Erfolg.

*Beitrag aus [www.siemens.com/pof](http://www.siemens.com/pof) (Pictures of the Future)*

## Dipl.-Ing. Dr. Kurt Hofstädter, MBA

Geboren am 1. August 1959 in Wien  
 Seit 10/2014 Leitung Digital Factory CEE, Siemens AG Österreich  
 2012 – 2014 Leitung Sektor Industry CEE, Siemens AG Österreich  
 2008 – 2012 Mitglied des Vorstands der Siemens AG Österreich, Sector Cluster Lead für den Siemens-Sektor Industry CEE  
 2006 - 2008 Bereichsleiter Industrial Solutions and Services und Geschäftsführer der VA Tech Elin EBG, Verantwortung für die Integration der VA Tech Elin EBG in die Siemens AG Österreich  
 2002 – 2006 Bereichsleiter Industrial Solutions and Services



**Dipl.-Ing. Dr.  
Kurt Hofstädter,  
MBA**

**Leitung Digital  
Factory CEE, Siemens  
AG Österreich**