



## Die Würfel der Logik sind gefallen

*Es gibt nicht nur Ja oder Nein, 0 oder 1. Wie beschreibt man die Wahrheit dazwischen, die Grautöne? Wenn Computer menschlich agieren müssen, geraten sie schnell an ihre Grenzen. Fuzzy Logic soll weiterhelfen. Oberösterreichische Forscher aus Hagenberg entwickeln Anwendungen.*

Johannes Klostermeier

Das Besondere an der Fuzzy Logic ist, dass sie – anders als sonst in der Computerwelt üblich – auch Wahrheitswerte zwischen Wahr und Falsch zulässt. So werden Aussagen möglich, die quasi bis zu einem gewissen Grad wahr und falsch zugleich sind. Der unschätzbare Vorteil: Damit können mit Computerprogrammen auch unscharfe Mengenabgrenzungen mathematisch behandelt werden.

Normalerweise kennt die Rechensoftware nur eindeutige Aussagen wie Nullen und Einsen, Ja und Nein oder Schwarz und Weiß. Doch im wahren Leben ist – wie immer – alles etwas anders. Statt Schwarz und Weiß gibt es zusätzlich noch jede Menge Grautöne – und natürlich auch viele bunte Farben. Die Fuzzy Logic bringt Maschinen bei, ungenau zu rechnen. Computer, die ungenau rechnen, kann eigentlich niemand gebrauchen, dachte man früher. Doch nur so gelingt es ih-

nen, umgangssprachliche und oft ungenaue Begriffe der Menschen umsetzen. „Die Konzepte unseres Denkens entsprechen nicht scharf voneinander abgegrenzten Kategorien. Sie gehen vielmehr graduell ineinander über. Fuzzy Logic ist ein Schritt in die Richtung, menschliche Entscheidungen am Computer nachzubilden“, meint Erich Peter Klement, Leiter des Fuzzy Logic Laboratoriums Linz-Hagenberg.

### Transparenz

Klement forscht bereits seit 1976 auf diesem Gebiet. „Durch eine mehrwertige, abgestufte Logik ist es uns möglich, den menschlichen Entscheidungsprozess zu automatisieren. Im Gegensatz zu anderen Verfahren der Künstlichen Intelligenz handelt es sich hier um ein transparentes, jederzeit nachvollziehbares Verfahren.“

Als Begründer der Fuzzy Logic gilt der 1921 in Aserbaidschan geborene und im Iran

aufgewachsene Lotfi A. Zadeh. Der spätere Professor für Computerwissenschaft an der Universität von Kalifornien in Berkeley, USA, entwickelte 1965 die Fuzzy Set Theory. Mit seiner Theorie der unscharfen Mengen stellte er gleichzeitig die Grundlagen der jahrhundertalten klassischen Logik infrage und ermöglichte einen differenzierteren Blick auf komplexe Welten. Denn Fuzzy Logic macht subjektives, umgangssprachliches Expertenwissen der Berechnung zugänglich.

Sein unkonventioneller Ansatz wird inzwischen an den unterschiedlichsten Orten eingesetzt, so etwa bei der Steuerung von Zementwerken, Schnellbahnen, Automotoren und Kläranlagen. „Fuzzy Logic hat sich als nützliches Werkzeug für alle möglichen

Anwendungen herausgestellt, ob zur Regelung komplexer industrieller Prozesse, für Haushalts- und Unterhaltungsgeräte oder für Diagnose- und andere Expertensysteme“, sagt Klement.

Eine Waschmaschine mit Fuzzy Logic etwa ist so eingestellt, dass sie die Menge des Waschmittels je nach Verschmutzungsgrad steuert. Das Problem hierbei ist, dass der Grad der Verschmutzung nicht eindeutig bestimmt werden kann, die Menge des Waschmittels aber auf einen festen Wert eingestellt werden muss. Fuzzy Logic übersetzt die von Menschen gebrauchten Begriffe wie leicht verschmutzt oder stark verschmutzt für die Maschine.

Durch Fuzzy Logic werden auch der Wasserbedarf und die Spülzeit gemäß der Wäscheart und Beladung angepasst. Entsteht zu viel Schaum, sorgt das Programm für einen zusätzlichen Spülgang, vermindert die Waschbewegungen und reduziert so den Schaum. Die Technologie kann außerdem den Schleudervorgang überwachen, Unwuchten erkennen und den Schleuderverlauf anpassen, damit die Maschine die Wäsche immer mit der maximal möglichen Drehzahl schleudert. „Fuzzy Control wird heute vor allem in der Steuerungs- und Regelungstechnik und bei Daten- und Signalanlagen verwendet“, sagt Klement. „Die Maschine arbeitet wie ein menschlicher Operator – mit der gleichen Sensibilität.“ Expertenwissen werde hier zu Automatisierungszwecken in linguistische Regeln umgesetzt.

So haben Forschungen seines Labors beim Sony-Konzern dazu geführt, dass im Bereich Druck- und Anlagentechnik nicht mehr Menschen die Qualität von Bildern beurteilen, sondern der Computer, „so wie es Menschen empfinden und zuverlässiger, als ein Mensch es könnte“, so Klement.

Rund 100 Maschinen mit der Fähigkeit zur Bildbeurteilung arbeiten weltweit mit dem System aus Österreich. Fuzzy Logic wird häufig in eingebetteten Systemen zur Steuerung von Prozessen eingesetzt. Ein Beispiel ist der Bildstabilisator bei modernen Videokameras. „Durch Fuzzy Logic weiß das System, ob das Bild wackelt, weil die Hände des Kameramanns zittern oder

Bei Fuzzy Logic gibt es nicht nur 0 und 1, sondern auch eine Wahrheit dazwischen. Forscher versuchen diese zu finden.

Illustration: Michaela Köck

### WISSEN

#### Die Wahrheit dazwischen

■ **Fuzzy:** Heißt übersetzt so viel wie „ungenau, verschwommen, unscharf“.

■ **Fuzzy Logic:** Ist ein Teil von Künstlicher Intelligenz (KI). Sie macht subjektives, umgangssprachliches Expertenwissen der Berechnung zugänglich und hilft heute bei der Steuerung von Zementwerken, Schnellbahnen, Automotoren und Kläranlagen. Sie sorgt aber auch dafür, dass das Bild der Videokamera nicht verwackelt (Bildstabilisator).

■ **Fuzzy Control:** Beim Herd etwa steuert diese Art der unscharfen Regelungsinstanz die gradgenaue Einhaltung der eingestellten Temperatur, reduziert die Temperaturschwankungen auf ein Minimum und hält damit nahezu gradgenau den eingestellten Wert.

■ **Fuzzy Set Theory:** Die „unscharfe Mengenlehre“ wurde 1965 von L. A. Zadeh, Computerwissenschaftler, entwickelt.

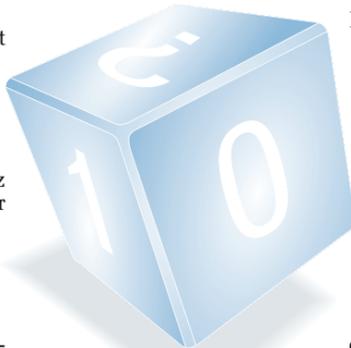
■ **Künstliche Intelligenz:** Unterabteilung der Informatik. Ziel der Forscher ist die Entwicklung von Maschinen, die sich so verhalten, als verfügten sie über Intelligenz.

■ **Datamining:** Das systematische Suchen unbekannter Informationen in großen Mengen von Daten.

■ **Boolesche Logik:** Die binäre, das heißt zweiwertige Logik, kennt ausschließlich die Werte 0 und 1 oder Wahr und Falsch. Sie ist benannt nach dem im 19. Jahrhundert arbeitenden George Boole.

■ **Mehrwertige Logik:** Sie betrachtet neben den in der klassischen (Aristoteleschen) Logik verwendeten Wahrheitswerten Wahr und Falsch weitere Wahrheitswerte.

■ **Fuzzy-Suche:** Ermöglicht eine unscharfe Suche in Datenbanken. Nicht zu verwechseln mit der Fuzzy Logic. (jokl)



## Fuzzy gegen den Krebs

Wie Tumorzellen automatisch klassifiziert werden sollen

„Die Analyse von Bilddaten, zum Beispiel die Identifikation von Tumorzellen, ist nach wie vor abhängig von der Beurteilung durch menschliche Experten. Eines der wichtigsten Ziele ist es, diese visuelle Inspektion zu automatisieren“, sagt Erich Peter Klement, Leiter des Fuzzy Logic Laboratoriums Linz-Hagenberg. Bei dem von Gerhard Schütz vom Institut für Biophysik der Johannes Kepler Universität Linz koordinierten Projekt „Ultra-Sensitive Proteomics und Genomics“ müssen Zellen und Zellmerkmale aufgrund farblicher und morphologischer Merkmale in sehr kurzer Zeit isoliert, erkannt und klassifiziert werden.

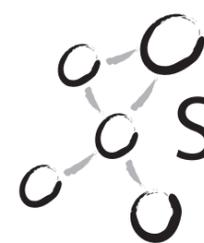
Dabei müssen riesige Datenmengen verarbeitet werden. Durchschnittlich stecken in

jeder menschlichen Zelle etwa 10.000 Proteine. Durch unterschiedliche Proteinmuster unterscheidet sich krankes von gesundem Gewebe. Die Analyse im Fuzzy Logic Laboratorium bezieht sich auf Zellen, die bei der Immunabwehr eine spezielle Rolle spielen. Diese Zellen und ihre Merkmale sollen aufgrund farblicher und morphologischer Merkmale möglichst schnell klassifiziert werden. In der gerade laufenden ersten Phase machen die Experten mithilfe einer hoch auflösenden Spezialkamera durch das Fluoreszenzmikroskop und ein Kontrast verstärkendes DIC-Mikroskop Bilder von Zellen.

Anhand dieser Bilddaten wollen die Wissenschaftler einzelne Zellen erkennen, isolieren und charakterisieren.

Danach wollen sie die erkennbaren morphologischen und Kontrasteigenschaften klassifizieren, um die großen Datenmengen statistisch verarbeiten zu können.

Zugleich entwickeln sie eine Datenbank, um neue Informationen mit bereits vorhandenen zusammenzuführen. Fuzzy Logic wird bei dem Projekt „Automatisierte Bildanalyse“ innerhalb des Genomforschungsprogramms GEN-AU dafür sorgen, dass Daten so zusammengefasst und interpretiert werden, dass selbst lernende Bildverarbeitungsalgorithmen in Minuten schnelle Ähnlichkeiten bestimmen können. Durch die Verwendung dieser Algorithmen kann später der Rechner einzelne Tumorzellen automatisch identifizieren. (jokl)



SEMANTICS  
2005

Semantische Systeme in der  
Wissensgesellschaft

Internationale Konferenz  
23. - 25. November 2005  
TechGate - Wien

<http://www.semantics2005.net>

