

VON NIELS BOEING

Als Wortschöpfung ist es ein Widerspruch in sich: Was „fuzzy“ ist, also unscharf, verschwommen oder gar „fusselig“, kann nicht den unzweideutigen, höchst präzisen Regeln der Logik gehorchen. Da sind sich Semantiker wie Mathematiker einig.

Als technisches Prinzip ist die „Fuzzy-Logik“ jedoch ein Knüller: Nach ihren Regeln programmiert, sorgen Chip-gesteuerte Waschmaschinen alleine dafür, dass sie beim Beschleunigen und Abbremsen im Schleudergang nicht mehr lautstark ruckeln – ganz gleich, wie nass und wie schwer die Wäschestücke in der Trommel noch sind. Und in der Verwacklungsautomatik elektronischer Videokameras erkennt die Fuzzy-Logik, ob die Aufnahme nun einen gewagten Schwenk zeigen soll oder ob der Besitzer unbeabsichtigt zittert. Das Bild bleibt immer scharf.

Jetzt hält das Verfahren auch Einzug in die industrielle Fertigungstechnik: Zwei Computer-Experten vom Aachener Hightech-Unternehmen AGE GmbH haben eine Software entwickelt, mit der man auch so alltägliche Dinge wie Fischfutter, Schokoriegel oder Computer-Gehäuse Fuzzy-logisch produzieren kann – und dabei Geld, Zeit, Energie und Rohstoffe spart. Ihre Methode, die sie Fuzzy Computer Integrated Manufacturing (Fuzzy-CIM) nennen, bringt derzeit vor allem der Kunststoffverarbeitung und der Nahrungsmittelproduktion Fortschritte.

Als Gabor Goertz und Gregor Aumann ihr Programm bei einem bekannten deutschen Autohersteller vorführten, frozelten die Anlagen-Bedienner: „Jungs, was wollt ihr denn hier mit eurem Laptop?“ Drei Monate hatte eine Gruppe von gestandenen Verfahreningenieuren gebraucht, um die Spritzgussproduktion eines Armaturrebrets auf 44 Sekunden zu verkürzen.

„Unser Programm hingegen hatte nach anderthalb Tagen eine Maschineneinstellung gefunden, die das Teil in 37 Sekunden produziert – mit derselben Qualität“, erzählt Goertz. Sein Kollege Aumann sieht ähnliche Effekte auch in anderen Branchen: „90 Prozent der Verformungsanlagen sind nicht optimal eingestellt.“

Zum Beispiel in der Süßwarenindustrie: Dort werden etwa Schokoriegel in Strangpressen produziert. In diesen Maschinen, vergleichbar mit großen Fleischwölfen, wird oben die Rohmasse eingefüllt, durch eine Schnecke gepresst und am Ende durch eine formende Düse mit dem gewünschten Querschnitt wieder ausgespuckt. Dann wird der Strang in kleine Riegel zerschnitten. Ob der Snack lecker, ansehnlich und nicht zu teuer wird, hängt vom Zusammenspiel vieler Faktoren ab, die der Anlagenbedienner alle regu-

Unlogische Computer

Programme mit FUZZY-LOGIK machen Großrechner intelligenter. Das steigert die Produktivität von Industrieanlagen



HINTERGRUND

Fuzzy-Logik kann im Unterschied zur herkömmlichen Logik „digitalen Denkens“ (ja/nein, schwarz/weiß, ein/aus usw.) auch Zwischenwerte erkennen und in Rechner-Operationen einbeziehen. Ein Schokoriegel von zehn Zentimeter Länge gilt daher für den Computer nicht nur als absolut lang oder kurz, sondern zugleich als „ziemlich lang“ oder „einigermaßen kurz“. Der Relevanzgehalt jeder Aussage wird mit einer Art Wahrscheinlichkeitswert angegeben.

Das Arbeiten mit unscharfen Begriffen ist in Produktionsprozessen wichtig, wenn etwa eine Maschine etliche Stellgrößen gleichzeitig verändern muss, die einander unterschiedlich beeinflussen. Soll sie etwa Schokoriegel pressen, dann hängt deren Länge, Helligkeit und Konsistenz auf verschiedenste Weise von der Temperatur ab. Wird die Presse zum Beispiel wärmer, gerät der Riegel zwar länger, aber zugleich dunkler, die Schokolade dünner.

Damit die Leckerei trotzdem gelingt, müssen im Computer, der die Schokoriegelpresse steuern soll, zunächst für jede Eigenschaft eine Vielzahl unscharfer Fuzzy-Regeln programmiert werden. Etwa: „Wenn die Riegel lang und zu hell werden, erhöhe die Arbeitstemperatur um ein Fünftel“ (Regel A). Und „Wenn die Riegel einigermaßen kurz und dunkel geworden sind, halbiere die Ar-

beitstemperatur“ (Regel B). Um diese für Menschen verständlichen, für einen herkömmlichen Computer aber unbrauchbaren Regeln anwenden zu können, „schaut“ die Fuzzy-Steuerung in Rechentafeln nach. Dort findet sie unter der Riegel-Länge von zehn Zentimetern folgende Aussagen: „Der Riegel ist lang“ – mit einem Relevanzwert von 35 Prozent, „Der Riegel ist ziemlich lang“ mit 80, „Der Riegel ist einigermaßen kurz“ mit 20 und „Der Riegel ist kurz“ mit 0 Prozent. Für die Helligkeit und viele weitere Parameter wie Zähigkeit, Zuckergehalt usw. gelten ähnliche Tafeln.

Um die Produktionsmaschine für Schokoriegel zu steuern, werden all diese Prozentangaben in die Regeln eingesetzt und nach komplexen mathematischen Vorschriften ausgewertet. Als Ergebnis erhält man für jede Fuzzy-Regel ihre „Wichtigkeit“: Befolge Regel A zu 60 Prozent, Regel B aber nur zu 35 Prozent. Der neue Schokoriegel wird dann mit einer entsprechend veränderten Arbeitstemperatur durch die Presse gedrückt, in der Folge kürzer und dunkler. Mit neuen Messdaten beginnt der Fuzzy-Rechenprozess dann immer wieder von vorne, bis der Computer durch „Versuch und Irrtum“ jene Schokopressentemperatur gefunden hat, die optimale Riegel produziert.

Fummeln am Riegel

Wie Fuzzy-Programme mit einfachen Regeln komplizierte Prozesse berechnen

lieren muss: Temperatur, Durchmesser und Drehzahl der Schnecke, zugegebene Kakao-Rohmasse und Wassermenge. Zielgrößen sind Qualitätskriterien wie Festigkeit oder Farbe des Schokoriegels. „Kein Mensch kann sich eine siebendimensionale Grafik

vorstellen, aus der sich sofort die optimale Kombination all dieser Faktoren ablesen lässt“, schildert Gregor Aumann das Problem.

Bisher mussten Anlagenbedienner mühsam herumprobieren. Aumann und Goertz setzten stattdessen auf

Fuzzy-Logik (siehe Hintergrund): Zunächst „hört“ die Software der Anlage bei der Produktion „zu“. Bei Probendurchläufen, die nach statistischen Regeln sorgfältig geplant werden und auch extreme Produktionsbedingungen anstern, werden Beispieldaten

gesammelt und ins Programm eingespeist. Nach jedem Durchlauf gibt der Anlagenbedienner dann die Produktionsergebnisse ein, etwa die Produkteigenschaften. Dabei entstehen riesige Datensätze – doch das Programm kann aus den Kombinationen „lernen“. Es stellt einfache „Fuzzy-Regeln“ auf, die nicht gerade hochwissenschaftlich klingen, sondern eher nach gesundem Menschenverstand. Etwa: „Wenn die Temperatur sehr hoch ist, presse das Material bei mittlerem Druck durch die Schnecke.“ Haben Temperatur, Druck und die anderen fünf Parameter beispielsweise zehn Einstellmöglichkeiten, macht dies 10⁷ Fuzzy-Regeln, 10 Millionen.

Der Clou besteht nun darin, dass nicht alle denkbaren Regeln getestet werden müssen. Mit einem streng geheimen Rechenverfahren filtert das Programm gleich die Regeln aus den Daten heraus, die wirklich wichtig sind. Die werden dann in weiteren Durchläufen so lange justiert, bis das optimale Zusammenspiel aller Faktoren gefunden ist.

Vom Nimbus des Revolutionären, der in den vergangenen Jahren die Fuzzy-Logik ähnlich umwehte wie die ominöse „Chaos-Theorie“, wollen die Computer-Spezialisten nichts wissen. „Unsere Fuzzy-CIM ist einfach ein gutes Verfahren, mehr nicht“, sagt Aumann. „Im Unterschied zu anderen zukunftsweisenden Methoden der Computer-Technologie wie etwa den ‚neuronalen Netzen‘ oder den ‚genetischen Algorithmen‘ liefert die Fuzzy-Logik einen durchschaubaren Prozess. Man kann alle wichtigen Produktionsdaten als Grafik darstellen.“ Die Fuzzy-Verfahren machen somit die Computer-Anwendung nicht komplizierter; sie führen eine ähnliche Benutzerfreundlichkeit in die industrielle Fertigungstechnologie ein, wie sie für Personalcomputer längst selbstverständlich geworden ist.

„Die Arbeitskräfte, die die Anlagen konkret ‚fahren‘, können sich schneller in neue Konstellationen einarbeiten und dann mehr aus ihren Maschinen herausholen“, sagt Hans Tobler vom Schweizer Anlagenbauer Bühler AG.

Zusätzliche Bedeutung könnte Fuzzy-CIM bei „nachhaltigen“ Produktionsweisen bekommen. Die werden notwendig, sobald etwa Öko-Steuer auf Energie- und Ressourcenverbrauch erhoben werden. „Bei unseren bisherigen Kunden steht diese Form der Effektivität noch nicht so sehr im Vordergrund“, räumt Fuzzy-Fachmann Aumann ein. „Doch böte unser Verfahren auch hier Ansätze für technische Lösungen.“

ANGESPITZT

„Wenn es mit einer Hand gelingt, klappt es auch mit jedem anderen Körperteil“

GORDON TOBIN

Chirurg der US-Universität Louisville, zur geplanten Transplantation einer Leichenhand

„Das Mittel macht allerdings aus einem Yul Brunner keinen Jimi Hendrix“

HANS WOLFF

Münchener Hautarzt, über die bevorstehende Zulassung eines Medikaments mit dem Wirkstoff Finsasterid gegen Haarausfall

„Wenn Seehofer die Backen aufbläst, dann muss er auch pfeifen“

RUDOLF DRESSLER

Bonner SPD-Fraktionsvize, zur Rückforderung überhöhter Honorare für Zahnersatzleistungen



ANSTOSS

Das deutsche Arzneimittelgesetz hat sich bewährt. Es schreibt unter anderem vor, dass die Herstellerfirmen, die Gewinn aus ihren Präparaten ziehen dürfen, auch die Risiken tragen müssen, etwa der Produkthaftung. Weil dies so ist, gibt es die „Abtreibungsspielle“ RU 486 bislang nicht in Deutschland. Der

Hoechst-Konzern, Mutterunternehmen der Patentinhaber, fürchtet mindestens Rufschädigung, im schlimmsten Fall Boykott des gesamten Sortiments oder gar Sabotage durch militante Abtreibungsgegner. Der Pharma-Manager Edouard Sakiz, derzeit Makler des Patents, verlangt eine „offizielle Aufforderung“ höchster Regierungsorgane, bevor er eine deutsche Zulassung beantragt.

Die könnte es nach der Bundestagswahl geben. Christine Bergmann, in Gerhard Schröders Schattenkabinett auch Kandidatin für das Gesundheitsressort, will diese „Aufforderung“ aussprechen, sobald sie ins Amt gewählt wird. Schon im nächsten Jahr, so Bergmanns Mitstreiterin Marliese Dobberthien aus der SPD-Bundestagsfraktion, könnte RU 486 dann unter dem Markennamen Exelgyn auf dem deutschen Markt sein.

Das ist längst überfällig. Denn zweifelsfrei ist RU 486 ein medizinischer Fortschritt gegenüber den herkömmlichen, „chirurgischen“ Methoden: Schwangerschaftsabbrüche durch das Medikament sind schonender. Gleichwohl fällt Frauen, das zeigen Studien, die Entscheidung zur Abtreibung nicht etwa leichter; die Zahl legaler Aborte bleibt gleich.

Trotzdem birgt der Plan Gefahren. Denn Patent-Vermarkter Sakiz verbindet mit der gewünschten „amtlichen Aufforderung“ ausdrücklich eine „moralische Bürgschaft“. Das ist nichts anderes als der Ruf nach Staatsmedizin: Übernahme der Risiken, Ende für das bislang freie Spiel der Kräfte.

Dass dies den Fortschritt in der Forschung gefährdet, das haben zum Glück auch die SPD-Frauen begriffen. „Durch unseren politischen Beschluss“, so MdB Dobberthien zur WOCHE, „übernehmen wir keine medizinisch-wissenschaftliche Verantwortung für RU 486.“ Doch bleibt der Verdacht, dass hier ein wirtschaftlicher Nutznießer nicht, wie es das Gesetz vorschreibt, einen Antrag stellt – sondern Bedingungen. Und dass die künftigen Macht-haber sich diesem Druck beugen könnten.

SPIEL MIT RU 486

MICHAEL O. R. KRÖHER

über eine SPD-Initiative zur Einführung der „Abtreibungsspielle“

WOCHENSPIEGEL

SALZHALDEN

BRUSTIMPLANTAT: In den USA ist die Zahl der Brustvergrößerungen wieder auf den Stand geklettert, der vor dem Silikonkandal erreicht war. Heute sind die Einlagen mit einer Kochsalzlösung gefüllt.

POSTVIRUS

COMPUTER: Millionen der aktuellen E-Mail-Programme von Microsoft und Netscape enthalten einen Virus, der den Empfänger-Computer völlig lahm legen kann. Die Firmen arbeiten an Reparaturprogrammen.

KINDERPORNOGRAFIE

INTERNET: Anbieter im deutschsprachigen Internet haben zusammen mit dem Kinderschutzbund eine Meldestelle eingerichtet, die Hinweise auf Kinderpornografie anonymisiert an die Behörden weiterleitet. Adresse: www.beise.de/ct/Netz_gegen_Kinderporno/.