**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 86 (1995)

**Heft:** 3

**Artikel:** Fuzzy hilft nicht immer, aber immer öfter : unscharfe Logik : mehr als eine Modeerscheinung?

**Autor:** Kopainsky, Jürgen

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-902423

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 09.12.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

Zum Thema Fuzzy-Logik gibt es 30 Jahre nach ihrer Entwicklung [1] eine Flut von weit über 10 000 Veröffentlichungen sowie über 100 Bücher. Kaum ein anderes mathematisches Gebiet hat eine ähnlich stürmische Entwicklung erlebt und ist so schnell in zahlreichen Produkten und Verfahren eingesetzt worden. Wieso zieht die unscharfe Logik so viel Interesse auf sich, welche Probleme kann man mit ihr lösen, und wo liegen ihre Grenzen?

# Fuzzy hilft nicht immer, aber immer öfter

## Unscharfe Logik – mehr als eine Modeerscheinung?

■ Jürgen Kopainsky

### Wie orientiert sich der Mensch?

Auf der Suche nach technischen Problemlösungen helfen häufig Anregungen aus der Natur. Exaktes Nachahmen der Natur führt meist in eine Sackgasse, hingegen eröffnet das Erkennen der Prinzipien häufig neue Wege. In diesem Sinne soll hinterfragt werden, wie wir uns in der natürlichen Umgebung zurechtfinden, um anschliessend die gleiche Methodik zum Lösen komplexer, technischer Aufgaben heranzuziehen.

Betrachten wir beispielsweise einen Rebstock, so strömt ein Informationsfluss von etwa $10^9$ Bit/s auf unsere Sehnerven. Es ist natürlich völlig unmöglich, diese Informationsmenge auch nur ein einziges Mal in kurzer Zeit im Gehirn abzuspeichern, geschweige denn die permanente Informationsflut. Der Mensch hat zum Lösen dieser Aufgabe verschiedene Strategien entwickelt. Zunächst trennt er den Rebstock gedanklich von der dahinterliegenden Mauer und vom sich darüber ausbreitenden Himmel. Er ordnet also die Information. Sodann erfasst er nicht die Details aller Blätter, sondern wesentliche Eigenschaften des Rebstockes wie Form, Farbe und Grösse. Sie werden mit der Erfahrung verglichen, das heisst mit abgespeicherten Bildern verschiedener Rebstöcke. So erkennen wir zum Beispiel einen Rebstock mit Rieslingtrauben und müssen nur noch einige 10 Bit/s abspeichern. Die Abstraktionsfähigkeit hilft also, die wahrgenommene Umgebung auf wenige Begriffe zu reduzieren.

Ordnung und Abstraktion allein genügen nicht zum Einordnen aller Eindrücke aus unserer Umgebung. Viele Dinge können nämlich nicht eindeutig einer Kategorie zugeordnet werden: Einen bestimmten Rebstock ordnet man vielleicht von Ferne zu einem Teil den Stöcken mit Rieslingtrauben und gleichzeitig zu einem anderen Teil jenen mit Sylvanertrauben zu. Wir lösen dabei unbewusst zwei Aufgaben. Erstens vergleichen oder assoziieren wir einen Eindruck mit den gespeicherten Eindrücken. Zweitens stellen wir fest, dass der neue Eindruck mit keinem bekannten Muster voll übereinstimmt und drücken es durch «zu einem Teil» aus. In mathematischer Sprechweise liegen zwei überlappende Mengen oder Klassen vor. Überlappende Mengen erlauben bei Evolution eine Beschränkung der Klassenzahl: Kreuzt man Riesling und Sylvaner, so erhält man Riesling-Sylvaner. Wozu gehört nun diese Traube? Ohne Überlappung müsste man eine neue Klasse einführen. Mit Überlappung gehört die Traube zum Teil zur Riesling- und zum Teil zur Sylvanertraube. Es ist also keine weitere Klasse nötig.

**Adresse des Autors:**
*Jürgen Kopainsky*, Dr. rer. nat. habil., Dozent für Automation, Abteilung Elektrotechnik, IBB (Ingenieurschule beider Basel), 4132 Muttenz.

## Wie funktioniert die Fuzzy-Logik?

Das Prinzip sei am Beispiel der elektrischen Kennlinie einer Zenerdiode erläutert. Verbindet man die Diode mit einer variablen Stromquelle *I*, so fällt an ihr die stromabhängige Spannung *U* ab. Die Kennlinie gewinnt man mit der Fuzzy-Technik in folgenden drei Schritten.

**Fuzzifizierung**

Die numerischen Wertebereiche der Ein- und Ausgangsgrösse *I* bzw. *U* ersetzt man durch linguistische Terme mit der skizzierten dreiecksförmigen Zugehörigkeit. Es bedeuten *NB* negative big, *NS* negative small, *PS* positive small, *PB* positive big und *S, K, D, A* Sperr-, Knick-, Durchlass- und Arbeitspunktspannung. Mit dem Überlappungsgrad der linguistischen Terme beeinflusst man die Neigung der Kennlinie und mit der relativen Grösse der Terme deren Krümmung. Somit lassen sich die drei skizzierten, wichtigen Anwendungsfälle der Diode leicht konstruieren, nämlich als binärer Schalter, bei Betrieb mit kleiner Wechselstromamplitude und für beliebige Gleichstromamplituden.

**Plausibles Schliessen, sogenannte Inferenz**

Das Erfahrungswissen wird in WENN-DANN-Regeln mit linguistischen Termen formuliert.

Regel 1: WENN I = negative big = NB, DANN U = Sperrspannung = S

Regel 2: WENN I = positive big = PB, DANN U = Arbeitspunktspannung = A

**Defuzzifizierung**

Die linguistischen Ausgangsterme werden durch die numerische Ausgangsvariable ausgedrückt. Variiert man nun die numerische Eingangsvariable, so erhält man die Strom-Spannungs-Charakteristik. Bild 1 zeigt, dass die drei Anwendungsfälle richtig dargestellt werden. Benützt man Datenblattwerte einer Zenerdiode, so tritt zwischen dem theoretischen logarithmischen Verlauf und der Fuzzy-Näherung lediglich ein absoluter Fehler von weniger als 1% auf.

Durch Ordnung, Abstraktion und Überlappung vermeiden wir das Ertrinken in dem uns umgebenden Informationsmeer. Wir benützen unbewusst das Prinzip einer sehr effizienten Informationsökonomie.

Die drei Strategien haben weitere Auswirkungen; sie ermöglichen uns die Orientierung in Echtzeit in natürlicher Umgebung. Im Gegensatz zu Werken von Menschenhand tritt in der Natur eine grosse Variabilität der Eigenschaften auf. Der gleiche Rebstock entfaltet sich vom winzigen Schössling zum ausgewachsenen Stock. Verschiedene Rieslingstöcke weisen unterschiedliche Formen, Farben und Grössen auf. Neben der grossen Variabilität der Eigenschaften existiert eine ebensolche der Komplexität: die Form des Schösslings ist erheblich einfacher als die des sich daraus entwickelnden Stockes.

Der Mensch verharrt nicht nur im Betrachten der Umwelt. Seit jeher muss er für Nahrung, Kleidung usw. sorgen. Er muss deshalb aktiv werden und Hindernisse bei der Beschaffung überwinden. Dazu benötigt er Erfahrungswissen. Dieses Wissen haben wir in Form von Verhaltensregeln abgespeichert: WENN eine Traube blau ist, DANN ist sie reif. Eine solche Regel drückt die unmittelbare Kausalität aus, das heisst, zwischen Ursache und Wirkung besteht höchstens ein geringer Zeitunterschied sowie allenfalls eine kleine räumliche Distanz. Wenn der kausale Zusammenhang nicht unmittelbar ist, haben wir Mühe, ihn zu verstehen: Durch Düngen des Rebstockes beeinflussen wir sein momentanes Wachstum. Die Düngerrückstände lagern sich im Boden ab, gelangen ins Grundwasser und beeinträchtigen vielleicht in einigen Jahrzehnten das Trinkwasser in einer anderen Gemeinde. Der Zusammenhang zwischen Düngen und Wachstum bedarf keiner Erläuterung und wird deshalb gelegentlich als intuitiv bezeichnet. Hingegen ist die kausale Kette über Raum und Zeit vom Dünger zum Trinkwasser viel schwerer zu begreifen.

## Machet Euch die Erde untertan

Betrachtet man die Entwicklung der letzten Jahrhunderte, so stellt man fest, dass die gigantischen Fortschritte der Industrialisierung ohne Ausnützen der beschriebenen menschlichen Fähigkeiten erfolgt sind. Um dieses Phänomen zu verstehen, muss man noch etwas weiter in die Vergangenheit zurückgehen. Etwa seit der Renaissance ist die Zahl der bekannten Naturgesetze ständig angewachsen. Naturgesetze stellen eine objektive Wissensform dar, das heisst, ihre Vorhersagen können von jedem Interessierten überprüft werden. Sie sind universell, kennen also weder Ausnahmen noch Widersprüche, und liefern quantitative Ergebnisse. Sie gelten für alle physikalischen Prozesse. Nachteilig für das Verstehen eines Naturgesetzes ist, dass es die Wirklichkeit idealisiert. Dazu kommt, dass es sich mit Hilfe der Mathematik widerspruchsfrei und kompakt, aber sehr unanschaulich in Gleichungsform darstellen lässt. Diese Modellierung der Realität verlangt vom Menschen ein weit höheres Abstraktionsvermögen als die unmittelbaren Erfahrungsregeln. Zum Verständnis muss er sich ein mechanistisches Bild von der Aussage des Naturgesetzes machen, was einen erheblichen Schulungs- und Lernaufwand benötigt.

Diese Schwierigkeit ist nicht auf Naturgesetze beschränkt; sie tritt auch bei geisteswissenschaftlichen Gesetzmässigkeiten auf. Die Muttersprache lernen wir unbewusst, das heisst nach Erfahrungsregeln: WENN das Substantiv «Rechnung» vorliegt, DANN lautet der Artikel «die». Fremdsprachen hingegen lernen wir in der Schule bewusst mit Hilfe der (verallgemeinernden) Grammatikregeln: WENN ein Substantiv auf «-ung» endet, DANN heisst der Artikel «die».

Naturgesetze fanden zum Teil erst Jahrhunderte nach ihrer Entdeckung Anwendung in technischen Produkten. Parallel zum gewaltigen Anwachsen der Leistungsfähigkeit der Technik stieg leider auch die Technikgläubigkeit bis zu dem Punkt, an dem jede Machbarkeit nur noch als Frage des erforderlichen Aufwandes erschien. Erst in jüngerer Zeit sind Zweifel an der Richtigkeit dieser Einstellung wach geworden. Wieso erst jetzt?

Die ersten Maschinen waren naturgemäss noch sehr einfach. Sie liefen allein, also entkoppelt von weiteren Einrichtungen. Ihr Arbeitsbereich wurde häufig so eng gewählt, dass sie näherungsweise linear auf die Veränderung einer Eingangsgrösse reagierten. Damit stellte man sicher, dass kleinere Störungen beherrschbar waren. In heutiger Terminologie wurden sie in der deterministischen Näherung der Naturgesetze betrieben.

Der Fortschritt auf den verschiedensten technologischen Gebieten ermöglichte die Entwicklung von Maschinen, die zunehmend komplexere Aufgaben lösen konnten. Insbesondere die rasante Entwicklung der Speicher- und Verarbeitungsgeräte lieferte die Voraussetzungen zum Lösen sehr anspruchsvoller Aufgaben. Damit stiess man jedoch an die Grenzen der bisher so überaus erfolgreichen Anwendung der Naturgesetze. Was war geschehen? Galten die Naturgesetze für diese Aufgaben nicht mehr?

Bereits um die Jahrhundertwende wies der französische Mathematiker Poincaré darauf hin, dass der Begriff «Determinismus» für nichtlineare Systeme zu modifizieren sei. Ändert man nämlich in einem nichtlinearen System die Anfangsbedingungen nur ganz wenig, so kann sich das System über längere Zeiten hinweg völlig unterschiedlich entwickeln. Dieses Phänomen bezeichnet man als Schmetterlingseffekt: Der Flügelschlag eines Schmetterlings in Neuseeland kann bei gewissen Konstellationen die Wetterentwicklung in Mitteleuropa beeinflussen. In der Praxis sind die Anfangsbedingungen die Eingangssignale der Maschinen. Da sie sich prinzipiell nicht beliebig genau einstellen lassen, heisst das, das jedes nichtlineare System unvorhersagbar wird, wenn man nur lange genug wartet. Diese Situation umschreibt man als «deterministisches Chaos». Dessen Beherrschung erfordert eine völlig neue Denkweise, ein sogenanntes neues Paradigma.

## Komplexität als neue Herausforderung

Vergleicht man Natur und heutige Technik unter dem Aspekt der Nichtlinearität, so stellt man fest, dass diese Eigenschaft in beiden Fällen häufig anzutreffen ist. Ein nichtlinearer Baustein kann sie verursachen. Sie kann aber auch durch Kopplungen, insbesondere durch Rückkopplungen hervorgerufen werden. Da in der Technik die Vernetzung von Bausteinen zunimmt, wächst tendenziell das nichtlineare Verhalten von Systemen. Die Vernetzung wirkt sich neben der Nichtlinearität auf die Komplexität des Systems aus; ein System kann hierarchisch oder vernetzt strukturiert sein, es kann aus vielen identischen Bausteinen bestehen oder aus verschiedenen. Es kann sich wie ein konzentrierter Baustein verhalten, kann kollektives oder statistisches Verhalten aufweisen.

Zur Veranschaulichung denke man an einen Stein, an ein mit Wasser gefülltes Glas und an eine dampfende Tasse Kaffee. Man nehme nun den Stein und ziele damit auf einen Baumstamm. Anschliessend versuche man, den Stamm mit dem Wasser und schliesslich mit dem Kaffeedampf zu treffen. Man merkt, dass die Aufgabenstellung nicht in allen drei Fällen realistisch ist. Beim Stein haften die Moleküle fest aneinander. Er verhält sich wie ein einfaches, punktförmiges Objekt, und sein Flug ist bei einiger Geschicklichkeit vorhersagbar. Der Zusammenhalt der Wassertropfen ist wesentlich schwächer. Beim Flug trennen sie sich zum Teil, und man kann höchstens hoffen, dass der Strahl als Ganzes das Ziel trifft, aber die Reihenfolge und der Auftreffort der einzelnen Wassertropfen sind nicht vorhersagbar. Der Dampf besteht aus Molekülen, die sich unabhängig voneinander bewegen. Deshalb ist nur etwas über die Bewegung seines Schwerpunktes vorhersagbar. Für stark ge-

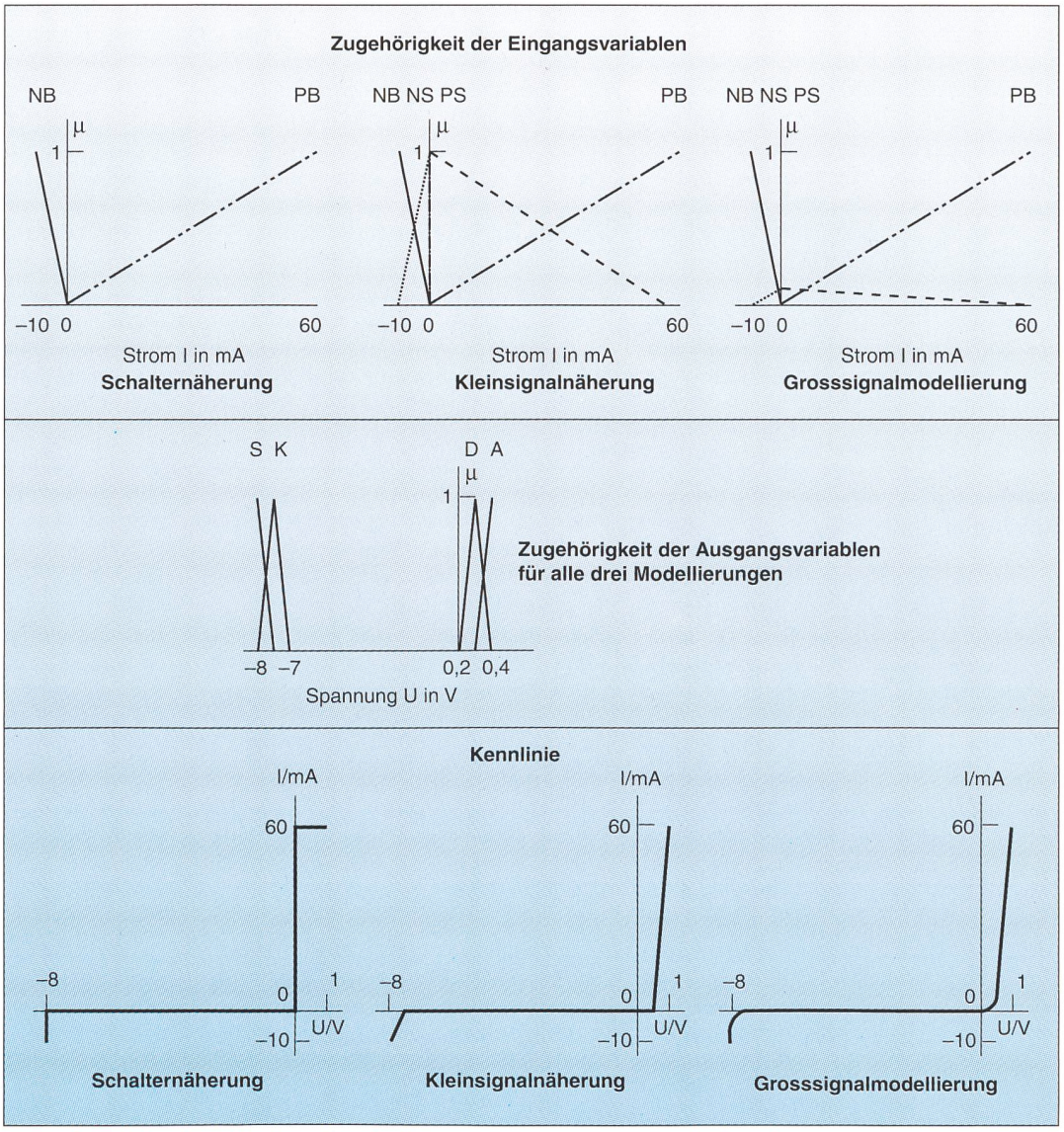



**Bild 1 Funktionsprinzip von Fuzzy-Logik**

koppelte Systeme besteht also eine hohe räumliche Detaillierbarkeit der Vorhersage, während schwach gekoppelte Systeme nur eine geringe Detaillierbarkeit aufweisen. Gleichwertig neben der räumlichen steht die zeitliche Detaillierbarkeit: Die Vorhersage des Wetters für die nächsten Tage als Beispiel eines schwach gekoppelten, nichtlinearen Systems ist eine sinnvolle Aufgabe, während für das nächste Jahr nur das Klima vorhersagbar ist.

In komplexen Systemen nimmt also die Körnigkeit der Vorhersage mit schwächer werdender Kopplung zu. Das «klassische» Verfahren benötigt für jede Körnigkeit ein anderes Modell: Die Flugbahn des Steines lässt sich mit der Punktmechanik beschreiben. Die Hydrodynamik liefert uns die Wasserbewegung und die Thermodynamik die Dampfausbreitung. Nun kann man einwenden, dass man ja die Quantenmechanik als einheitliche Beschreibung für die drei Gebiete zur Verfügung hat. Der Einwand ist zwar prinzipiell richtig, nur wird man bei dessen Realisierung bereits beim Aufstellen der Gleichungen an der Datenmenge scheitern.

Damit stellt sich die Frage nach einer Methode, mit der sich komplexe technische Systeme einheitlich behandeln lassen und die das Ergebnis in der angemessenen Körnigkeit der Problemstellung statt mit atomarer Präzision liefert. Neben der oben erwähnten hohen Variabilität der Eigenschaften ist auch die Unordnung in der Natur erheblich grösser als in der Technik. Die eingangs für den Umgang mit der Natur erwähnten Denkprinzipien sollten sich also erst recht auf anspruchsvolle technische Aufgaben anwenden lassen, was im folgenden geschieht.

## Kopf oder Zahl

Zunächst benötigt man ein mathematisches Gerüst für die Prinzipien Ordnung, Abstraktion und Überlappung zu deren logisch schlüssiger, widerspruchsfreier Beschreibung.

Beginnen wir mit der Überlappung. Dieses Prinzip widerspricht der herkömmlichen technischen und naturwissenschaftlichen Ausbildung, die auf der Ausschliesslichkeit beruht. Sie versucht, alle Erscheinungen, Disziplinen und Lösungen hierarchisch aufzubauen, das heisst eine Baumstruktur zu erzeugen: Es ist Tag oder Nacht. Ein Mensch ist minderjährig oder erwachsen. Die zugrundeliegende Logik basiert auf überlappungsfreien Mengen, und ihre Rechenregeln bezeichnet man als Boolesche Algebra. Sie hat zwei wesentliche Konsequenzen. Erstens gilt der Drittenausschluss, das heisst eine Münze fällt stets entweder

**Bild 2 Das lichte Yang und das dunkle Yin. Die beiden Urkräfte des chinesischen Universums**

auf den Kopf oder auf die Zahl; sie bleibt nie auf dem Rand liegen. Zweitens ist sie widerspruchsfrei. Entweder sieht man Kopf oder Zahl, aber nie beide gleichzeitig.

Viele Erscheinungen in der Natur sind bei genauerer Betrachtung gar nicht überlappungsfrei; zwischen Tag und Nacht liegt der kontinuierliche Übergang der Dämmerung. Ein Mensch wird langsam erwachsen; nur in juristischer Hinsicht erfolgt der Übergang sprunghaft. Das erste, grobkörnige Einordnen von Erscheinungen erfolgt üblicherweise überlappungsfrei, während die anschliessende feinkörnige Zuordnung häufig Überlappungen zutage fördert. Die Überlappung hat einige überraschende, weitreichende Auswirkungen. Der Drittenausschluss gilt nicht mehr; ein bestimmter 22jähriger Mann verhält sich vielleicht zu 80% wie ein Erwachsener, zu 15% wie ein Jugendlicher und zu 5% wie ein Kind. Bei Verhandlungen stellt man häufig fest, dass mehr Punkte verhandelbar sind (engl. negotiable, sog. Verhandeln nach dem Harvard-Prinzip [2]), als man ursprünglich geglaubt hat. Der Grund liegt darin, dass Forderungen der Partner selten einen exakten Wert repräsentieren, vielmehr liegen sie meist als überlappende Mengen vor. Erweitert man noch die Problemdimension, das heisst vervollständigt man die Aufgabenstellung, ist meist ein für beide Seiten befriedigender Kompromiss zu erreichen. Auch die Widerspruchsfreiheit gilt nicht mehr: Das gleiche Stück Himmel ist gerade zu 80% sonnig und zu 20% bedeckt; es ist also leicht dunstig. Man kann also sogar widersprüchliche Aussagen berücksichtigen.

Schliesslich entfällt die Beschränkung auf die Baumstruktur; vernetzte Strukturen sind zugelassen. Die aktuelle Zielsetzung eines flachen Organigrammes in einem Unternehmen zum Erreichen kurzer Entscheidungswege sprengt nicht den Rahmen der zulässigen Strukturen, wohingegen eine herkömmliche Hierarchie im betrieblichen Alltag Hilfskonstruktionen wie die Projektorganisation erfordert. Man schafft damit eine Matrixorganisation und erweitert gleichsam durch die Hintertür die Hierarchie zu einer Netzstruktur.

Vergleicht man die Kulturen im Abendland und im Fernen Osten, so fällt auf, dass das europäische Denken sehr stark von der Überlappungsfreiheit geprägt ist, während im Orient Extrema weniger als Gegensätze, sondern vielmehr als sich ergänzende Bausteine empfunden werden (Bild 2). Vielleicht ist das ein Grund dafür, dass viele Europäer beim Erfassen des Wesens von überlappenden Mengen Mühe bekunden.

Die Logik der überlappenden Mengen wird als unscharf oder englisch als Fuzzy Logic bezeichnet. Sowohl der deutsche als auch der englische Begriff sind etwas unglücklich, da sie suggerieren, dass es sich um eine etwas verwaschene Angelegenheit handelt. Dabei gibt es für überlappende Mengen ein ebenso präzises mathematisches Gebäude wie für überlappungsfreie Mengen.

Eine herausragende Eigenschaft der unscharfen Logik ist, dass ihre Variablen durch Begriffe des täglichen Lebens ausgedrückt werden können. Sie heissen deshalb auch linguistische Variable. Da Alltagsbegriffe für die verschiedensten Abstraktionsstufen unserer Umwelt existieren, lassen sich diese Variablen für die unterschiedlichen Körnigkeiten anwenden. Welche Begriffe sinnvoll sind, entscheidet der Anwender aufgrund seiner Erfahrungen in der sogenannten Problemdomäne und nicht der Rechnerspezialist mit datentechnischem Wortschatz. Im gleichen Fachgebiet verwendet man unterschiedliche Begriffe nur für in fachlicher Hinsicht unterschiedliche Objekte, das heisst wenn sie in den Eigenschaften oder im Verhalten voneinander abweichen. Die semantische Begriffswahl ist gleichbedeutend mit der der Aufgabenstellung angemessenen Körnigkeit der linguistischen Variablen. Ausserdem sorgt sie für eine erstaunliche Robustheit von fuzzybasierten Lösungen gegenüber Störungen und Fehlern.

Da zudem die Regeln der unscharfen Logik sich in WENN-DANN-Form mit linguistischen Variablen angeben lassen, kann menschliches Erfahrungswissen quantifiziert werden. Im Gegensatz zu den objektiven Naturgesetzen liegen hier also subjektive Erfahrungen vor, die bisher der Berechnung nicht zugänglich waren. Die rechnergeeignete Regelform mit Anwenderbegriffen kann der Erfahrungsträger, zum Beispiel ein erfahrener Anlagenoperateur, direkt überprüfen. Es entfällt die bisher erforderliche Umsetzung vom natürlichen Wortschatz des Erfahrungsträgers in die künstliche Rechnersprache und umgekehrt.

Linguistische Variable können auch zum Quantifizieren nichtnumerischer Fakten herangezogen werden. Beipielsweise lassen sich bei der Beurteilung der eingangs erwähnten Weintrauben Eigenschaften wie aromatisch oder wohlschmeckend berücksichtigen. Ohne Fuzzy-Technik ist eine derartige Quantifizierung sehr schwierig, wenn nicht unmöglich. Schliesslich ist zu bemerken, dass die Fuzzy-Technik einen erheblich geringeren Aufwand als konventionelle Verfahren erfordert. Die Verarbeitung basiert auf wenigen, einfachen Bausteinen und kann mit speziellen Fuzzy-Chips sehr schnell erfolgen.

Die Summe der genannten Eigenschaften führt zu einer immensen Informationsökonomie der Fuzzy-Technik. Übrigens macht auch die Natur davon Gebrauch. Unsere Ohren erfassen – anders als die Augen die Lichtwellenlängen – die Schallwellenlängen separat (Bild 3). Deshalb können wir aus einem mehrstimmigen Musikstück eine falsch gespielte Note heraushören, während wir beim Betrachten eines Bildes die spektralen Lichtanteile nicht identifizieren können. Die Zapfen sind für Rot, Grün und Blau empfindlich, mit teilweiser Überlappung der Empfindlichkeitskurven. Im Gehirn überlagern wir die drei Farbeindrücke. Dank dieser Informationskompression können wir überhaupt optische Eindrücke in Echtzeit verarbeiten.

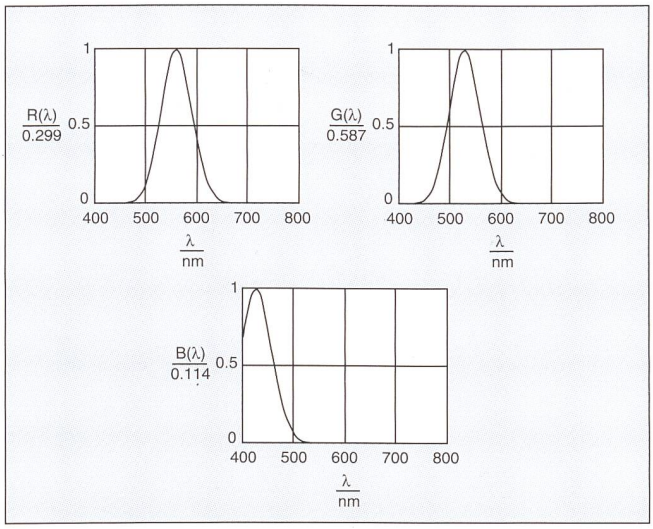



**Bild 3 Rezeptorkurven des Auges**
Nach [3]. B = Blau, G = Grün, R = Rot. Die Kurven sind mit den Helligkeitsfaktoren nach [4] normiert. Die Helligkeitsfaktoren entsprechen grob der spektralen Verteilung des Sonnenlichts.

## Was Fuzzy nicht leistet

Nach dem Aufzählen so vieler Vorteile der Fuzzy-Technik müssen nun auch ihre Grenzen zur Sprache kommen. Mit Hilfe der unscharfen Logik lässt sich Erfahrungswissen letztlich auf einfache Art interpolieren. Man kann beispielsweise eine beliebige Kennlinie mit je einer numerischen Ein- und Ausgangsvariablen ohne höhere Mathematik erzeugen. Damit die Kennlinie tatsächlich die Wirklichkeit modelliert, ist allerdings eine profunde Kenntnis des zu modellierenden Sachverhalts, insbesondere seiner Dynamik, unerlässlich. Die Fuzzy-Technik ist also ein leistungsfähiges Werkzeug, aber auch nicht mehr. Das bedeutet, dass sie wie jedes andere Werkzeug unselbständig ist, also nur zusammen mit dem «Werkstück» einen Sinn ergibt. Wie auch bei anderen Werkzeugen liegt es am «Handwerker», was er damit gestaltet. Der «Handwerker» muss vor allem ein guter Interviewer sein, der das Erfahrungswissen des routinierten Anlagenoperateurs hinterfragen kann, sonst hilft auch das beste Werkzeug nicht viel.

Stellt man die Fuzzy-Technik den Naturgesetzen gegenüber, so bemerkt man, dass erstere nur innerhalb des Erfahrungsbereiches interpoliert, während letztere auch ausserhalb gültig sind, also extrapolieren. Für umfangreichere Aufgaben, die sich nicht allein nach dem Lernen-am-Erfolg-Prinzip (trial-and-error) lösen lassen, kombiniert man mit Vorteil die Stärken beider Verfahren im Sinne eines Synergieeffektes; in der Entwurfs- und in der Entwicklungsphase verwendet man vor allem die Naturgesetze als solides Gerüst, während in der Realisierungs- und in der Abwicklungsphase schwerpunktsmässig die Fuzzy-Technik für die Details zum Tragen kommt und somit Erfahrungswissen einfliessen kann.

Betrachtet man die Leistungsfähigkeit der unscharfen Logik, so könnte man glauben, dass menschliches Entscheiden gänzlich durch sie beschrieben werden kann. Dieser Schluss wäre fatal, denn bekanntlich entscheidet der Mensch zum überwiegenden Teil bewusst oder unbewusst nach Emotionen und nur zu einem kleinen Teil nach dem Verstand. Die emotionale Komponente ist jeder mathematisch fundierten Logik unzugänglich. Lediglich der rationale Anteil des Denkvorganges kann simuliert werden, und dazu steht uns die Fuzzy-Technik als hilfreiches Werkzeug zur Verfügung.

## Vom Werkzeug zum Denkzeug

Die Fuzzy-Technik ist also kein Allheilmittel für jedes Problem, sondern sie erweitert lediglich die Klasse der lösbaren Aufgaben und ermöglicht den Einbezug von subjektivem Erfahrungswissen in leicht verständlicher Form. Zudem stellt sie eine gemeinsame Kommunikationsbasis für Spezialisten aus verschiedenen Fachgebieten dar. Die Erweiterung des Aufgabenkreises bekommen wir allerdings nicht geschenkt, sondern wir müssen sie uns als völlig neue Denkweise für altbekannte wie für neue Aufgabenstellungen erarbeiten.

## Literatur

[1] *L.A. Zadeh:* Fuzzy Sets, Information and Control 8(1965), pp. 338–353.
[2] *R. Fisher, W. Ury:* Das Harvard-Konzept, Campus, Frankfurt/New York, 1990.
[3] *R. Rojas:* Theorie der neuronalen Netze, Springer, Berlin, 1993.
[4] Ohne Autor: Hilfreicher Verlust: Der JPEG-Algorithmus, MC 9(1993), S. 94ff.

# Logique floue: pas à tout prix, mais de plus en plus

30 ans après sa découverte, un nombre impressionnant de publications et livres traitant du thème de la logique floue ont été publiés. Peu de domaines mathématiques ont connu un développement aussi fulgurant et trouvé autant d'applications pratiques. Ses avantages ont profité aussi bien aux procédés de fabrication qu'aux produits finis, dont beaucoup d'usage courant. Pourquoi la logique floue éveille-t-elle tant d'intérêt? Quels problèmes permet-elle de résoudre? Quelles sont ses limites?

Szombath & Zürrer

# Vernetztes Denken führt am 4. Unisys Open Symposium

Mehr denn je gilt es alle Kräfte zu mobilisieren, die unsere Wettbewerbskompetenz steigern. Denn beständig ist einzig der Wandel. Integrierter Strukturwandel ist heute gefordert, der Mensch, Prozess, Kommunikation und Technik zu einer Symbiose vereint. Aber wo finden Macher Unterstützung in der Planung und praxiserprobte Schritte für die Implementierung vor Ort?

Unisys hat den Dienst am Kunden neu definiert. Ist heute ein Unternehmen für Information Management. Vertraut mit den Anforderungen im Land- und Infrastruktur-Management, der Erfassung raumbezogener Daten, dem amtlichen Vermessungswesen, den Netz-Informations-Systemen und dem Grundbuch. Unisys unterstützt Sie beim Wandel vom funktionsorientierten Denken zum prozessorientierten Handeln. Am OS/95 erleben Sie Referate über Tendenzen in Ihrem Markt, Fachseminare für mehr Bürgernähe und sehen Anwendungen aus der Praxis. Wir freuen uns auf Sie als Gast.

**Auszug aus dem Gesamtprogramm:**

## Dienstag, 14. März 1995

**Qualität ist, was Kunden (!) dafür halten**
Prof. Dr. Holger Meister, rer. pol., Institut für BWL, Universität Landshut
**09.30 - 10.15** *Trendreferat* **1**

**Client/Server und Unisys: Strategie, Leistungspotentiale und Investitionsschwerpunkte 1995**
Karl Anzböck, Leiter Marketing und Verkauf Client/Server, Unisys (Schweiz) AG
**10.30 - 11.15** **2**

**Mehr Bürgernähe in der öffentlichen Verwaltung**
Nicholas O. Walti, Management Consultant, Unisys (Schweiz) AG
**11.30 - 12.15** **8**

**Visionäres Management – Die unmögliche Organisation**
Dr. Rolf Berth, Psychologe und Innovationsforscher. Gründer des Kienbaum-Forums, Gründer «Denkfabrik», Düsseldorf
**14.00 - 14.45** *Trendreferat* **4**

**Windows 95 – Der Impact**
Matthias Müller, Product Manager, Microsoft AG, Wallisellen
**15.00 - 15.45** **5**

**Strategischer Einsatz von PCs als X-Server**
Abou Zeid, Direktor Sales und Marketing Europa, Credal AG, Dietikon
**15.00 - 15.45** **14**

## Mittwoch, 15. März 1995

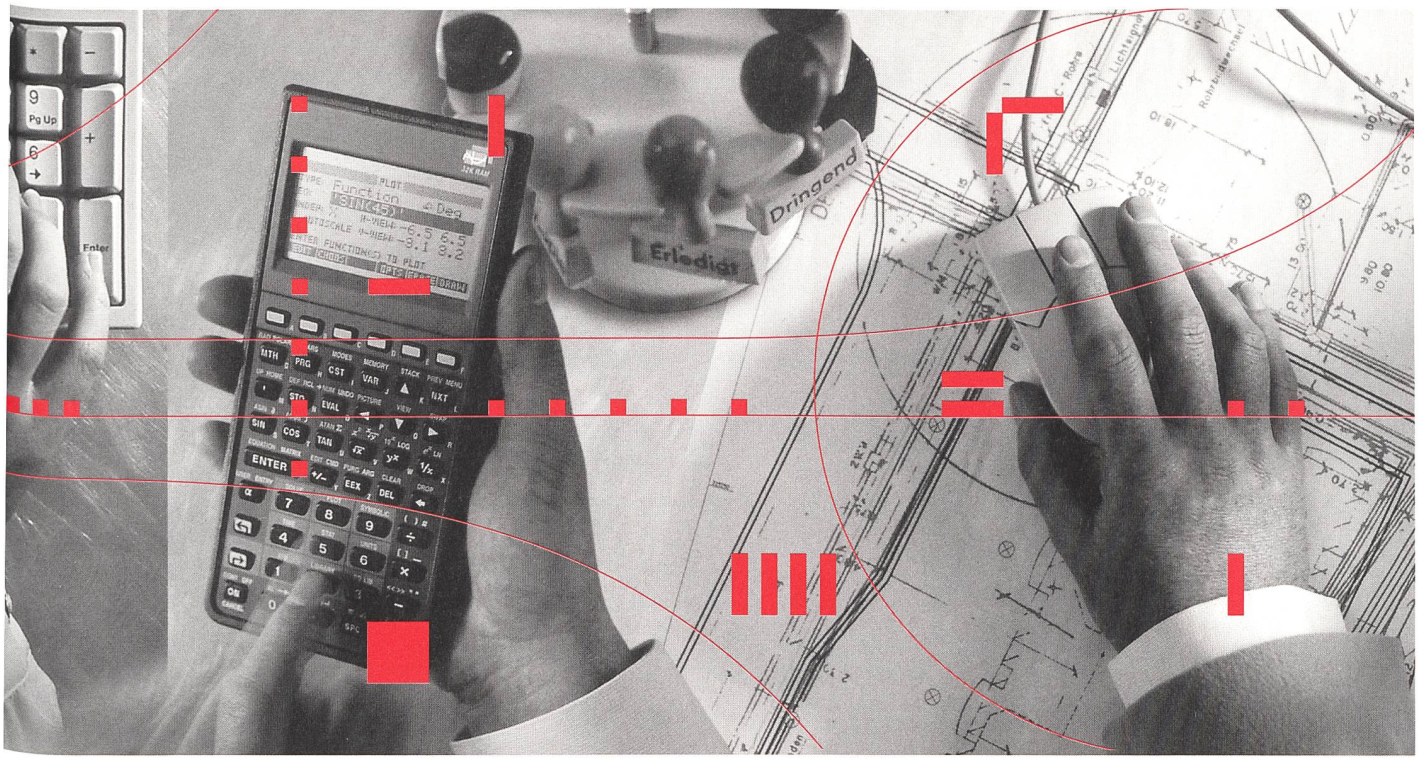
**Das NIS-Projekt bei den Wasserwerken Zug**
Francesco Mira, EL-Ing. HTL, Projektleiter NIS, Wasserwerke Zug AG (WWZ), Zug
**09.30 - 10.15** **22**

**Numis 2000 – für den Wandel in der Versorgungsindustrie**
Theo Rinsema, Leiter Versorgungsunternehmen, Multihouse NL
**10.30 - 11.15** **27**

**Wandel im Kreuzverhör**
Dr. Marcel Bertschi, I Staatsanwalt des Kantons Zürich
**11.30 - 12.15** *Trendreferat* **18**

**Microsoft – Der Weg zum Information Highway**
Günther Weimer, Director Organization Customer Unit, Microsoft AG, Wallisellen
**14.00 - 14.45** *Trendreferat* **19**

**Global Positioning System: Überwachung und Disposition von Fahrzeugen**
Markus Apolloni, Geschäftsführer, Walker & Cie., Bern
**14.00 - 14.45** **29**




# zu mehr Bürgernähe
# 14./15./16. März 1995, in Thalwil.

**Client/Server UNIX Plattform Technologien von Sun Microsystems und Unisys**
Rafael Egloff, Product Manager, Sun Microsystems, Schwerzenbach
Heinz Schmid, Product Manager, Unisys (Schweiz) AG
**16.00 - 16.45** 26

## Donnerstag, 16. März 1995

**Kundennähe realisieren**
Prof. Dr. Torsten Tomczak, Forschungsinstitut für Absatz und Handel an der Hochschule St. Gallen
**09.30 - 10.15** *Trendreferat* 31

**Workflow-Systeme als Einflussfaktor auf die Organisationsgestaltung**
Dr. Petra Vogler, Dozentin für Wirtschaftsinformatik, Hochschule St. Gallen
**10.30 - 11.15** 37

**Kybernetik und Prozessmanagement**
Dr. Alexander Jungmeister, Management Consultant, Unisys (Schweiz) AG
**11.30 - 12.15** 44

**Aufbau eines numerischen Leitungskatasters – neue Wege und Möglichkeiten**
Thomas Glatthard, dipl. Kulturing. ETH/SIA, Luzern
**14.00 - 14.45** 39

**Windows NT: Die Plattform der Zukunft**
Markus Trinkner, Supervisor Enterprise Product Marketing, Microsoft AG, Wallisellen
**16.00 - 16.45** 35

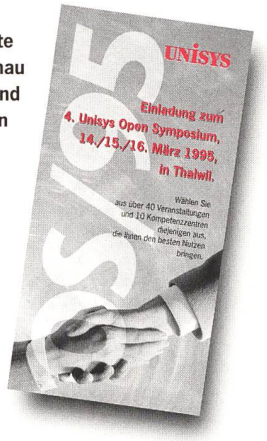
## Kompetenzzentrum

- **Lösung für sämtliche Belange der Verarbeitung und Auswertung von Daten mit einem geographischen Bezug: ARGIS-4GE**
- **Amtliches Vermessungswesen: ARGIS*KISS**
- **Netzinformationssysteme für die Ver- und Entsorgungswerke: ARGIS*NIS**
- **Global Positioning System: ARGIS*GPS**
- **Grundbuchführung mit EDV: CAPITASTRA**
- **Energieabrechnung für Energie-Versorgungsunternehmen: NUMIS 2000**

**Bestellen Sie jetzt die detaillierte Programmbroschüre mit Anmeldekarte. Teilnahme kostenlos.**

## Telefon 01/723 37 37

- **Trendreferate**
- **Über 40 Fachreferate**
- **3 Tage Leistungsschau in 10 technologie- und branchenorientierten Kompetenzzentren**




**UNISYS**

**Unisys (Schweiz) AG**
**Zürcherstrasse 59–61, CH-8800 Thalwil**
**Telefon 01 / 723 33 33, Fax 01 / 720 37 37**
**Niederlassungen in Basel, Bern, Lausanne**