L. A. Zadeh, 1954: *System Theory*

- System: „an aggregation or assemblage of objects united by some form of interaction or interdependence“
  (Webster‘s dictionary)

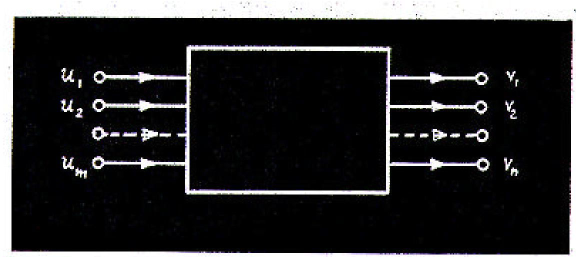
- Beispiele:
  - Partikel, die sich gegenseitig anziehen,
  - eine Gruppe von Menschen, die eine Gesellschaft bilden,
  - ein Komplex miteinander verwobener Industriezweige,
  - ein elektrisches Netzwerk
  - ein Computer mit groß-integrierten Schaltkreisen

L. A. Zadeh, 1954: *System Theory*

$v_1 = f_1(u_1, u_2,..., u_m)$
$v_2 = f_2(u_1, u_2,..., u_m)$
– – – – – – – – –
$v_n = f_n(u_1, u_2,..., u_m)$

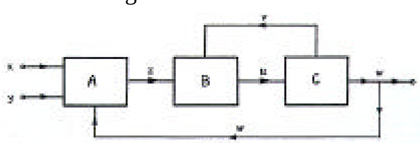
Multipol (*multipole*)

$v = f(u)$



L. A. Zadeh, 1954: *System Theory*

Blockdiagramm

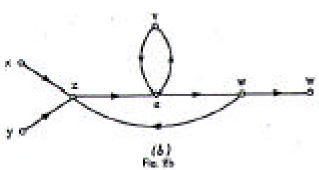


A: $z = f(x, y, w)$
B: $u = g(z, v)$
C: $v = h(u)$
$w = k(u)$

Matrix

	u	v	w	x	y	z
u	0	1	1	0	0	0
v	1	0	0	0	0	0
w	0	0	0	0	0	1
x	0	0	0	0	0	1
y	0	0	0	0	0	1
z	1	0	0	0	0	0

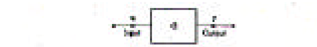
Linearer gerichteter Graph



L. A. Zadeh, 1954: *System Theory*

Objekt

- ***input, output***



System

- Kombination von Objekten
- *input* des einen Objekts kann *output* eines anderen Objekts desselben Systems sein

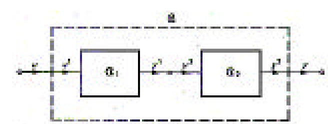
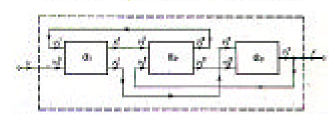
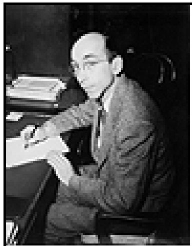


Fig. 1.4.1 Tandem combination of α_1 and α_2.



cklung der Kommunikationsmedien im zweiten



L. A. Zadeh, 1950 ff: *System Theory*

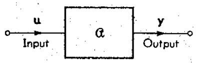


Fig. 1.2.1 Diagrammatic representation of a system $\mathfrak{A}$ with input u and output y.

Input-output-relationship: $y = f(u)$

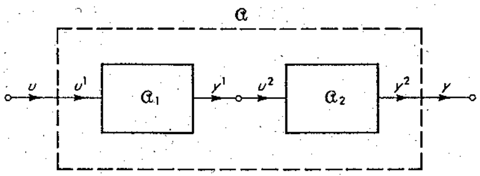


Fig. 1.4.1 Tandem combination of $\mathfrak{A}_1$ and $\mathfrak{A}_2$.

L. A. Zadeh, 1950 ff: *System Theory*

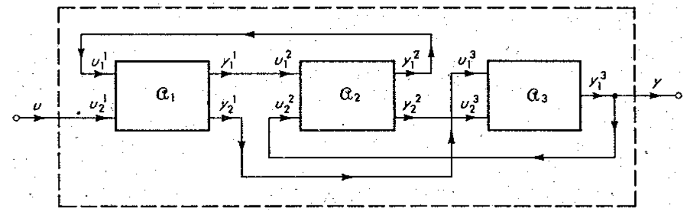


Fig. 1.4.2 Example of a system which is a combination of three component systems $\mathfrak{A}_1$, $\mathfrak{A}_2$, and $\mathfrak{A}_3$.

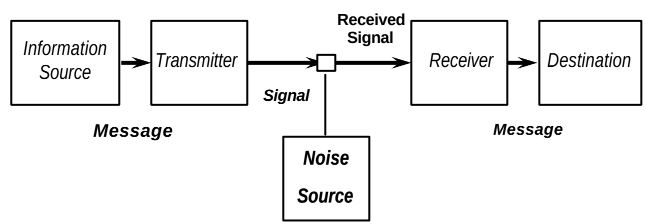
***IRE Transactions on Information Theory*: März, Juni 1956**

„The Bandwagon“ „What is Information Theory?“

CLAUDE E. SHANNON

NORBERT WIENER

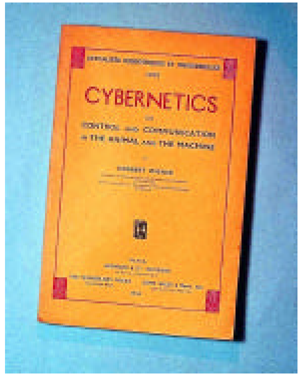
A Mathematical Theory of Communication, 1948



cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

N. Wiener, 1948: Kybernetik

- Darstellung der neuen Informationstheorie
- Darstellung der neuen Voraussagetheorie
- Zusammenhänge zwischen diesen Theorien
- Neuer statistischer Weg zur Kommunikationstechnik
- Analogiereihe zwischen menschlichem Nervensystem und dem Rechen- und Kontrollgerät



R. Bellman, R. Kalaba, 1957:

On the Role of Dynamic Programming in Statistical Communication Theory


R. Bellman


R. Kalaba

In mathematical terms, let

x = the pure signal emanating from S.
r = the noise associated with the signal.
x' = $F(x, r)$, the input to the communication system.
y = the signal transmitted to the observer by the communication channel. (1)

Let us further write

$$y = T(x') = T(F(x, r)), \quad (2)$$

IRE Transactions on Information Theory: März 1958

Hinsichtlich eines Kriteriums A gelte:

- Design D_1 ist besser als D_2 und
- Design D_2 ist besser als D_3.

Hinsichtlich eines Kriteriums B gelte aber:

- Design D_2 ist besser als D_3, und
- Design D_3 ist besser als D_1.

Hinsichtlich eines Kriteriums C gilt noch:

- Design D_3 ist besser als D_1, und
- Design D_1 ist besser als D_2.

„What Is Optimal?“


Lotfi A. Zadeh

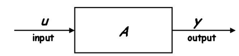
Views on General Systems Theory

Proceedings of
The Second Systems Symposium
at Case Institute of Technology,
April 1963, Cleveland, Ohio

A System is a big black box
Of which we can‘t unlock the locks,
And all we can find out about
Is what goes in and what goes out.

Perceiving input-output pairs,
Related by parameters,
Permits us, sometimes, to relate
An input, output, and a state.
If this relation‘s good and stable
Then to predict we may be able,
But if this fails us – heaven forbid!
We‘ll be compelled to force the lid!

Kenneth E. Boulding



cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

L. A. Zadeh, 1963:
Optimality and Non-Scalar-Valued Performance Criteria

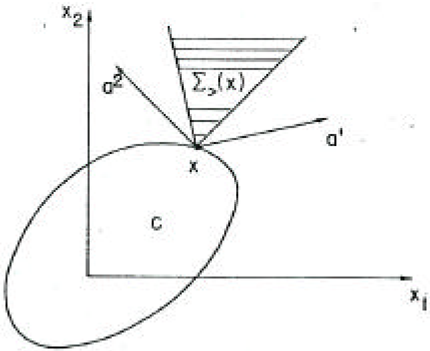


Fig. 1—Illustration of the significance of C and $\Sigma_>(x)$.

L. A. Zadeh, 1963:
Optimality and Non-Scalar-Valued Performance Criteria

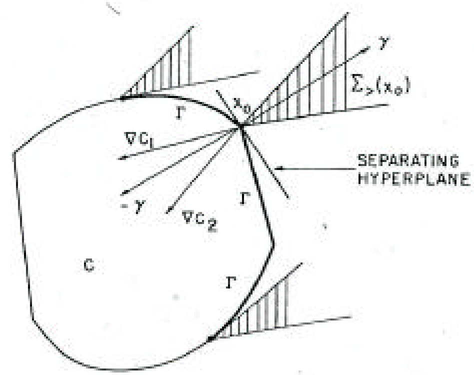


Fig. 2—The set of noninferior points on the boundary of C.

Zadeh, 1963: ***Linear System Theory***

Welche Attribute der Objekte des Systems müssen betrachtet werden?

Welche mathematischen Beziehungen bestehen zwischen den relevanten Attributen der Objekte des Systems?

Welche mathematischen Beziehungen bestehen zwischen den Attributen der verschiedenen Objekte des Systems, m. a. W.: welche Beziehungen repräsentieren ihre Interaktionen?

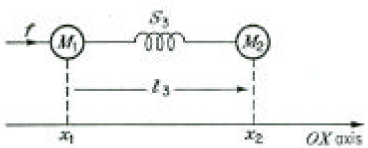


Fig. 1.2.1 Example of a system.

Die in der Mechanik relevanten Attribute einer Partikel *M* sind: *Masse*, *Position*, *Geschwindigkeit*, *Beschleunigung*, aufgewendete *Kraft*.

Die Attribute der Feder sind die *Federkonstante* k, die *kraftfreie Federlänge* l^0 sowie die *Federlänge unter Spannung* (bzw. Druck) l.

Zadeh, 1963: ***Linear System Theory***

Beziehungen zwischen den Attributen von M_1 bzw. M_2 durch das Newtonsche Kraftgesetz gegeben:

$$F_1 = m_1 \cdot \ddot{x}_1 \quad F_2 = m_2 \cdot \ddot{x}_2$$

Zwischen den Attributen des Systems S_3 Hooke‘s Gesetz,

$$F_3 = k \cdot (l_3^0 - l_3)$$

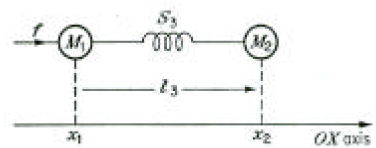


Fig. 1.2.1 Example of a system.

Wechselwirkungen repräsentierenden Beziehungen: $l_3 = x_2 - x_1$

Die totale auf M_1 wirkende Kraft ist die Differenz zwischen der externen Kraft f und der von der Feder ausgeübten Kraft, und die totale an M_2 angreifende Kraft ist die von der Feder ausgeübte Kraft

$$F_1 = f - F_3$$
$$F_2 = F_3$$

cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

Zadeh, 1963: *Linear System Theory*

Identische Gleichungssysteme können zur Berechnung von Systemen völlig unterschiedlicher wissenschaftlicher Bereiche dienen.

Den gleichen Differentialgleichungen, die ein mechanisches System beschreiben, gehorcht auch ein elektrisches Netzwerk.

Ein Objekt sei mit zwei Anschlussvariablen v_1 und v_2 versehen, die folgende Differentialgleichung erfüllen:

$$\frac{dv_2}{dt^2} = \frac{d^2 v_1}{dt^2} + v_1$$

Dieses Objekt könne auf verschiedene Weisen realisiert werden.

Zadeh, 1963: *Linear System Theory*

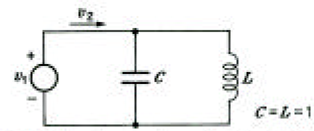


Fig. 1.4.1 A network realization of the object of Example *1.4.14*.

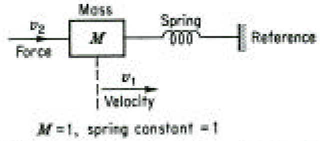


Fig. 1.4.2 A mechanical realization of the object of Example *1.4.14*.

Erste Realisierungsmöglichkeit: ein *elektrisches Netzwerk*.

- v_1: Input-Spannung
- v_2: in das Netzwerk fließender Strom.

Zweite Realisierungsmöglichkeit: mechanisches System

- v_2: die Partikel *M* angreifende Kraft
- v_1: die Geschwindigkeit von M

Zadeh, 1963: *Linear System Theory*

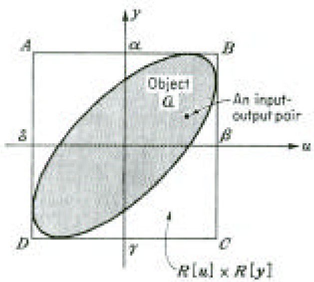


Fig. 1.4.3 Geometrical representation of an abstract object. The segments $\alpha\gamma$ and $\beta\delta$ represent $R[\mathbf{u}]$ and $R[\mathbf{y}]$, respectively; the set bounded by the rectangle $ABCD$ represents the product space $R[\mathbf{u}] \times R[\mathbf{y}]$.

Zadeh, 1963: *Linear System Theory*

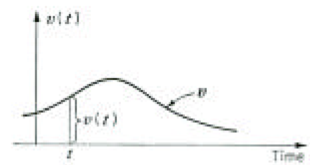


Fig. 1.3.1 Notation for time functions.

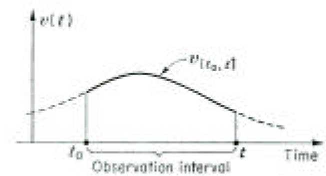


Fig. 1.3.2 Notation for segments and observation intervals.

cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

Zadeh, 1963: *Linear System Theory*

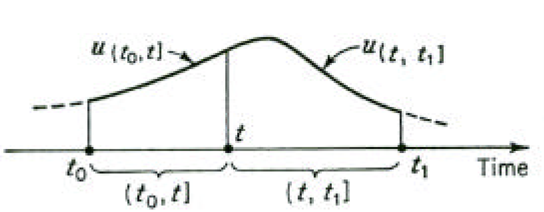


Fig. 1.5.1 Notation for observation intervals and segments.

Zadeh, 1963: *Linear System Theory*

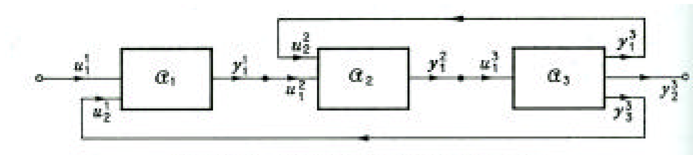


Fig. 1.10.1 An interconnection of α_1, α_2, α_3.

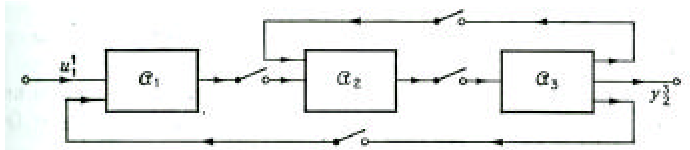


Fig. 1.10.2 Initially free interconnection of α_1, α_2, α_3.

Zadeh, 1963: *Linear System Theory*

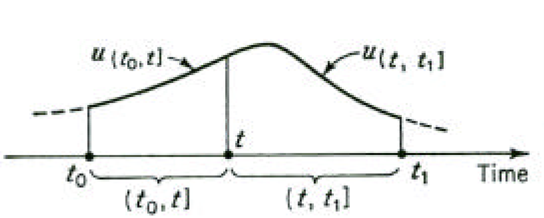


Fig. 1.5.1 Notation for observation intervals and segments.

cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

R. Bellman, R. Kalaba, L. A. Zadeh, 1964: *Abstraction And Pattern Classification*

Richard Bellman

Robert Kalaba

Lotfi A. Zadeh

MEMORANDUM
RM-4307-PR
OCTOBER 1964

ABSTRACTION
AND PATTERN CLASSIFICATION
R. Bellman, R. Kalaba and L. A. Zadeh

This research is sponsored by the United States Air Force under Project RAND—Contract No. AF 49(638)-700 monitored by the Directorate of Development Plans, Deputy Chief of Staff, Research and Development, Hq USAF. Views or conclusions contained in this Memorandum should not be interpreted as representing the official opinion or policy of the United States Air Force.

The RAND Corporation

Brief von Bellman an Zadeh, 1964

JOURNAL OF MATHEMATICAL ANALYSIS AND APPLICATIONS

EDITOR:
RICHARD BELLMAN
The RAND Corporation
1700 Main Street
Santa Monica, California

PUBLISHERS:
ACADEMIC PRESS INC.
111 Fifth Avenue
New York 3, New York

9 September 1964

Professor Lotfi Zadeh
Department of Electrical Engineering
University of California
Berkeley 4, California

Dear Lotfi:

I think that the paper is extremely interesting and I would like to publish it in JMAA, if agreeable to you. When I return, or while in Paris, I will write a companion paper on optimal decomposition of a set into subsets along the lines of our discussion.

Cordially,

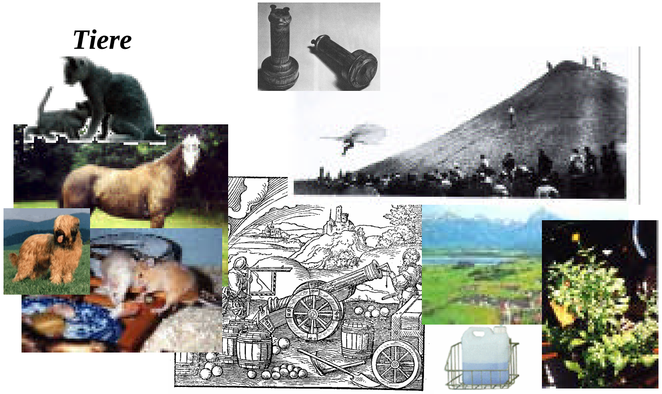
Richard Bellman

RB:jb

L. A. Zadeh, 1962:
From Cercuit Theory to System Theory

We need
„mathematics of fuzzy or cloudy quantities"

Mengen und Elemente

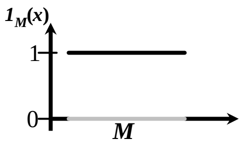


cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

Cantor, 1895: Mengtheorie

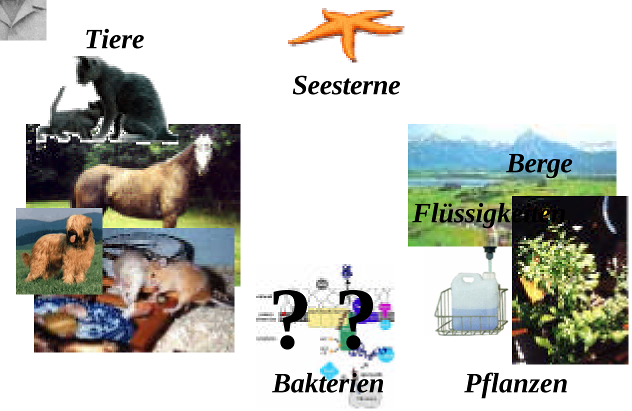
Definition:

„Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung *M* von bestimmten, wohlunterschiedenen Objekten *m* unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente von *M* genannt werden) zu einem Ganzen.“



Nicht M ***M***

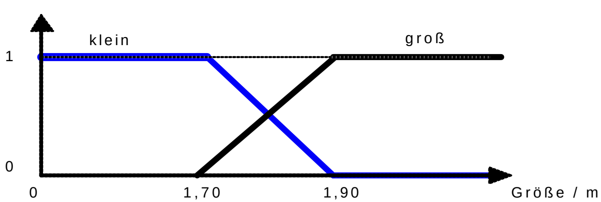
Lotfi A. Zadeh, 1965: Fuzzy Sets



Lotfi A. Zadeh, 1965: Fuzzy Sets

Alfred	**1,62 m**
Bernd	**1,72 m**
Christian	**1,79 m**
Dieter	**1,81 m**
Elmar	**1,90 m**
Franz	**2,07 m**

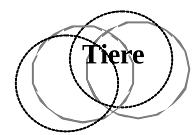
G = {x | x ist ein Mann, und x ist größer als 1,80 m}



Lotfi A. Zadeh, 1965: Fuzzy Sets

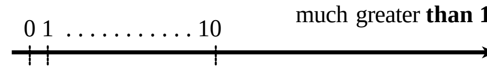
Objekte mit “unklarem” Status bezüglich gewisser Mengen

- **Seesterne, Bakterien** **?**



- **“a number such as 10”** **?**

“the “class” of all real numbers which are much greater **than 1”**



cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

Lotfi A. Zadeh, 1965: Fuzzy Sets

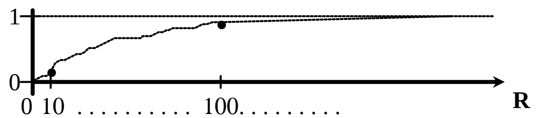
X = Menge der reellen Zahlen

A = *fuzzy set* der Zahlen, die viel größer als 1 sind

Charakterisierung durch die *Zugehörigkeitsfunktion*:

$m_A(0) = 0$ $m_A(1) = 0$ $m_A(5) = 0.01$

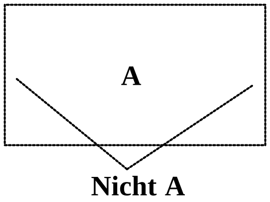
$m_A(10) = 0.2$ $m_A(100) = 0.95$ $m_A(500) = 1$

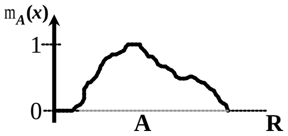


Lotfi A. Zadeh, 1965: Fuzzy Sets

Definition:

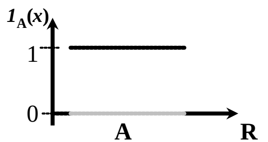
„A fuzzy set (class) A in X is characterized by a membership function (characteristic function) $m_A(x)$ which associates with each point in X a real number in the intervall [0,1], with the value of $m_A(x)$ at x representing the ‚grade of membership' of x in A.“



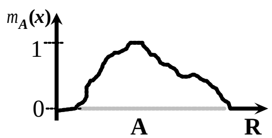


Lotfi A. Zadeh, 1965: Fuzzy Sets

Gewöhnliche Mengentheorie



Fuzzy set theory



Lotfi A. Zadeh, 1965: Fuzzy Sets

“Specifically, let $f_i(x)$ $i = 1, ..., n$, denote the value of the membership function of A_i at x.

Associate with $f_i(x)$ a sieve $S_i(x)$ whose meshes are of size $f_i(x)$.

Then, $f_i(x) \cup f_j(x)$ and $f_i(x) \cap f_j(x)$ correspond, respectively, to parallel and series combinations of $S_i(x)$ and $S_j(x)$. ...

More generally, a well formed expression involving $A_1,..., A_n$, $\cup$ and $\cap$ corresponds to a network of sieves $S_1(x),..., S_n(x)$ which can be found by the conventional synthesis techniques for switching circuits.”

cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

Lotfi A. Zadeh, 1965: Fuzzy Sets

sieves, filters

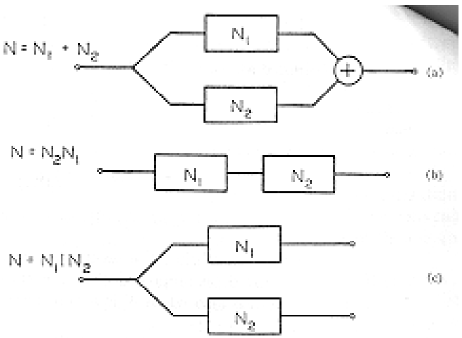


FIG. 1. Functional symbolism.

Lotfi A. Zadeh, 1965: Fuzzy Sets

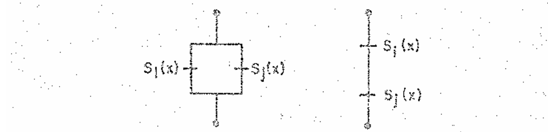


FIG. 2. Parallel and series connection of sieves simultating $\cup$ and $\cap$

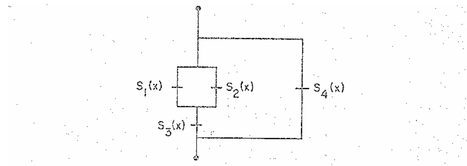


FIG. 3. A network of sieves simultating $\{[f_1(x) \vee f_2(x)] \wedge f_3(x)\} \vee f_4(x)$

Lotfi A. Zadeh, 1965: Fuzzy Sets

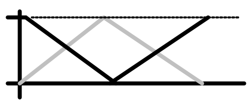
Ein *fuzzy set* ist leer genau dann, wenn $m_A(x) = 0$, $x \in X$.

Zwei *fuzzy sets* sind gleich, $A = B$, genau dann, wenn gilt:

$m_A(x) = m_A(x)$, $\quad x \in X$.

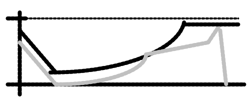
Das Komplement A' eines *fuzzy set* A ist definiert durch:

$$m_{A'} = 1 - m_A, \quad x \in X.$$



Ein *fuzzy set* A ist Teilmenge eines *fuzzy set* B genau dann, wenn gilt:

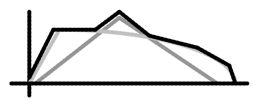
$$m_A(x) < m_A(x), \quad x \in X.$$



Lotfi A. Zadeh, 1965: Fuzzy Sets

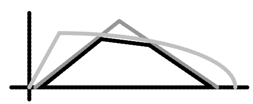
Die "Vereinigung" **zweier** ***fuzzy sets*** ***A*** und ***B*** ist ein ***fuzzy set*** ***A*** $\vee$ ***B*** mit der ***Zugehörigkeitsfunktion***

$$m_{A \vee B}(x) = \text{Max}\,[m_A(x), m_B(x)], \quad x \in X$$



Der "Durchschnitt" **zweier** ***fuzzy sets A*** und ***B*** ist ein ***fuzzy set*** ***A ^ B*** mit der ***Zugehörigkeitsfunktion***

$$m_{A \wedge B}(x) = \text{Min}\,[m_A(x), m_B(x)], \quad x \in X$$



cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

Verknüpfungen der Fuzzy Sets

Algebraisches Produkt

Die “Vereinigung” zweier *fuzzy sets A* und ***B*** ist ein ***fuzzy set A . B*** mit der ***Zugehörigkeitsfunktion***

$$m_{A \cdot B}(w) = m_A(w) \,.\, m_B(w)$$

Algebraische Summe

Der **“Durchschnitt” zweier *fuzzy sets A*** und ***B*** ist ein ***fuzzy set A + B*** mit der ***Zugehörigkeitsfunktion***

$$m_{A+B}(w) = m_A(w) + m_B(w) - m_A(w) \,.\, m_B(w)$$

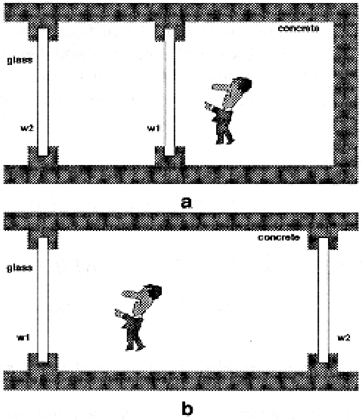
Lotfi A. Zadeh, 1965: Fuzzy Sets

Van Nautka Lemke: Fuzzy Logik

Fragen:

Wie einfach ist es für das Männchen, aus der Zelle zu fliehen?

Wie einfach ist es für das Sonnenlicht, in die Zelle zu scheinen?



Van Nautka Lemke: Fuzzy Logik

Annahmen:

<u>Männchen:</u>

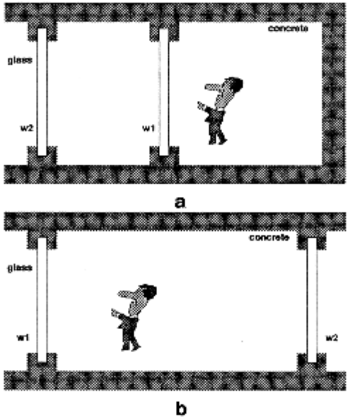
w_1 ist sehr schwierig zu durchdringen (0,1 leicht).

w_2 ist einfacher zu durchdringen (0,3 leicht).

<u>Sonnenlicht:</u>

w_1 ist schmutzig und dick (0,6 leicht).

w_2 ist sauber (0,9 leicht).

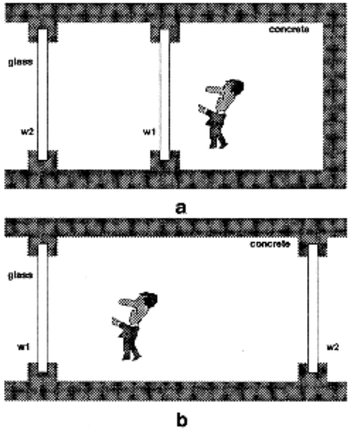


cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

Van Nautka Lemke: Fuzzy Logik

a) (AND-Operator)
Das Männchen kann fliehen mit “Leichtigkeit” =
Min (0.1, 0.3) = 0.1.
Die Sonne scheint in die Zelle mit “Leichtigkeit”
= 0.6 · 0.9 = 0.54.

b) (OR-Operator)
Das Männchen kann fliehen mit “Leichtigkeit”
= Max (0.1, 0.3) = 0.3.
Die Sonne scheint in die Zelle mit “Leichtigkeit”
= 0.6 + 0.9 – 0.6 · 0.9 = 0.96.



Operatoren der Fuzzy Logik

Beschränktes Produkt:

$$m_{A\S B}(w) = \mathrm{Max}\,[0,\ m_A(w) + m_B(w) - 1]$$

Beschränkte Summe:

$$m_{A\otimes B}(w) = \mathrm{Min}\,[1, (m_A(w) + m_B(w)]$$

Arithmetischer Mittelwert:

$$m_{1/2(A+B)}(w) = {}^1/_2\,[m_A(w) + m_B(w)]$$

Geometrischer Mittelwert:

$$m_{[A\cdot B]^{1/2}}(w) = [m_A(w)\,.\,m_B(w)]$$

Operatoren der Fuzzy Logik

Drastisches Produkt:

$$m_{A\,\mathbf{drP}\,B}(w) = \begin{cases} m_A(w), & \text{für } m_B(w) = 1 \\ m_B(w), & \text{für } m_A(w) = 1 \\ \mathbf{0}, & \mathbf{sonst} \end{cases}$$

Drastische Summe:

$$m_{A\,\mathbf{drS}\,B}(w) = \begin{cases} m_A(w), & \text{für } m_B(w) = 0 \\ m_B(w), & \text{für } m_A(w) = 0 \\ \mathbf{1}, & \mathbf{sonst} \end{cases}$$

... und viele t- und s-Normen mehr !

L. A. Zadeh, 1965:
A New View of System Theory

S is a fuzzy system if
u(t) or
y(t) or
s(t) or
any combination are fuzzy sets.

$s_{t+1} = f(s_t, u_t)$, $t = 0, 1, 2, \ldots$ $y_t = g(s_t, u_t)$

cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

Komposition von Relationen

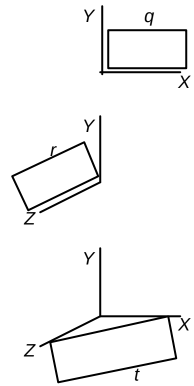
Es seien X, Y (gewöhnliche) Mengen.

Eine *Relation* q von X in Y ist eine Teilmenge des Kartesischen Produktes $X \times Y$ *und*

Eine *Relation* r von Y in Z ist eine Teilmenge des Kartesischen Produktes $Y \times Z$:

$t := q \circ r$ ist eine Relation von X in Z,

$t := q \circ r = \{(x,z) \mid \exists\, y : (x,y) \in q \wedge (y,z) \in r\}$



Fuzzy Relationen

Seien X, Y (gewöhnliche) Mengen und sei $X \times Y$ *deren Kartesisches Produkt.*

- $L(X)$: die Menge aller Fuzzy sets in X.
- $L(Y)$: die Menge aller Fuzzy sets in Y.
- $L(X \times Y)$: die Menge aller Fuzzy sets in $X \times Y$.

Eine *Relation* der beiden Mengen X und Y ist Teilmenge von $X \times Y$.
Eine *Fuzzy Relation* R von X und Y ist F*uzzy*-Teilmenge von $L(X \times Y)$.

Seien drei Mengen X, Y, Z und zwei Fuzzy-Relationen *gegeben* :

- Q in $L(X \times Y)$,
- R in $L(Y \times Z)$.

Wie lassen sich die Fuzzy-Relationen Q und R
zu einer neuen Fuzzy-Relation $T \in L(X \times Z)$ kombinieren?

Lotfi Zadeh, 1973: Komposition von Fuzzy-Relationen

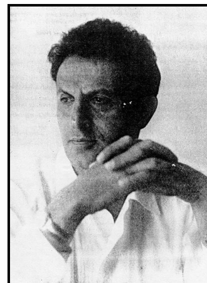
$\wedge$ ("und") $\rightarrow$ *min*
V ("oder") $\rightarrow$ *max*

- Q ist Fuzzy-Relation von X und Y, d. h. Q ist Fuzzy-Teilmengen von $L(X \times Y)$,
- R ist Fuzzy-Relation von Y und Z, d. h. R ist Fuzzy-Teilmenge von $L(Y \times Z)$.
- $T = Q \circ R$ ist Fuzzy-Relation von X und Z,

d.h.: T ist Fuzzy-Teilmenge von $L(X \times Z)$ mit Zugehörigkeitsfunktion

$$m_T(x,z) = \max_{x \in X} \min \{m_Q(x,y);\, m_R(y,z)\},\ y \in Y$$

Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes



Richard Bellman,1964

Man has two principal objectives in the scientific study of his environment:

He wants to understand and to control.

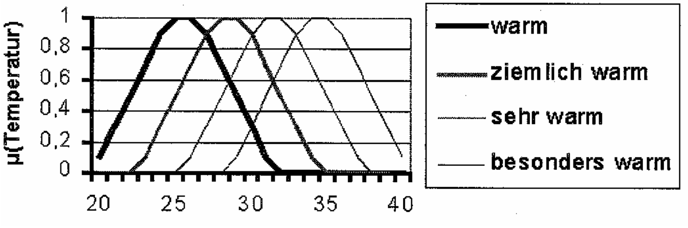
The two goals reinforce each other, since deeper understanding permits firmer control, and, on the other hand, systematic applications of scientific theories inevitably generates new problems which require further investigations, and so on.

Richard Bellman,
Selected Papers on Mathematical Trends in Control Theory,
New York: Dover 1964.

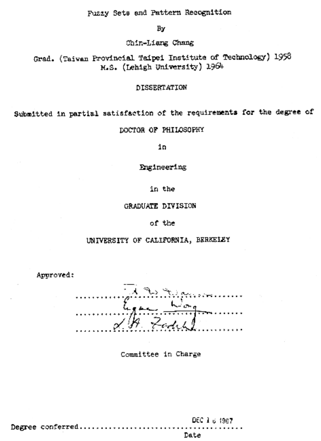
cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

Lotfi A. Zadeh, 1968: Linguistische Variablen

Linguistische Variable ***Temperatur***



Erste Dissertationen zu Fuzzy Sets



Fuzzy Sets and Pattern Recognition

By

Chin-Liang Chang

Grad. (Taiwan Provincial Taipei Institute of Technology) 1958
M.S. (Lehigh University) 1964

DISSERTATION

Submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of

DOCTOR OF PHILOSOPHY

in

Engineering

in the

GRADUATE DIVISION

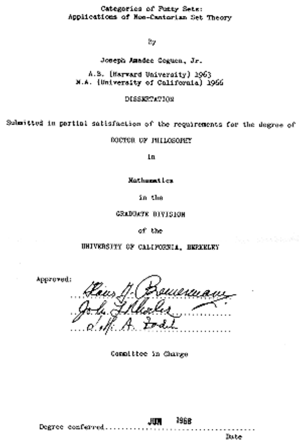
of the

UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY

Approved:

Committee in Charge

Degree conferred .... DEC 16 1967
Date



Categories of Fuzzy Sets:
Applications of Non-Cantorian Set Theory

By

Joseph Amadee Goguen, Jr.

A.B. (Harvard University) 1963
M.A. (University of California) 1966

DISSERTATION

Submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of

DOCTOR OF PHILOSOPHY

in

Mathematics

in the

GRADUATE DIVISION

of the

UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY

Approved:

Committee in Charge

Degree conferred .... JUN 1968
Date

1965: L. A. Zadeh, Fuzzy Sets, *Information and Control*, **8**, pp. 338-353

L. A. Zadeh, Fuzzy sets and systems. In: J. Fox Ed., *System Theory*. Microwave Research Institute Symposia Series XV. Brooklyn, New York: Polytechnic Press, pp. 29-37.

1966: L. A. Zadeh, Shadows of fuzzy sets, *Problems in Transmission of Information*, **2**, 37-44 (in Russian).

1968: L. A. Zadeh, Fuzzy algorithms, *Information and Control*, **12**, pp. 94-100.

L. A. Zadeh, Probability measures of fuzzy events, *Journal Math. Analysis Applics*, **23**, 421-427.

1969: L. A. Zadeh, Biological applications of the theory of fuzzy sets and systems. In Proctor, L. D., Ed., *Biocybernetics of the Central Nervous System*. Boston, Mass.: Little, Brown & Co., 199-212.

1971: L. A. Zadeh, Similarity relations and fuzzy orderings, *Inform. Sci*., **3**, pp. 177-200.

L. A. Zadeh, Towards a theory of fuzzy systems. In: R.E. Kalman, N. DeClaris, Eds., *Aspects of Network and System Theory*, New York: Holt, Rinehart and Winston. pp. 469-490.

L. A. Zadeh, Quantitative fuzzy semantics, *Inform. Sci*., **3**, pp. 159-176..

1972: L. A. Zadeh, Fuzzy languages and their relation to human intelligence. *Proceedings of the International Conference Man, And Computer*, Bordeaux, France. Basel: S. Karger pp. 130-165.

L. A. Zadeh, A new approach to system analysis. In: Marois, M. Ed., *Man and Computer*. Amsterdam: North Holland, pp. 55-94.

L. A. Zadeh, A fuzzy-set-theoretic interpretation of linguistic hedges. *Journal of Cybernetics*, **2**, pp. 4-34.

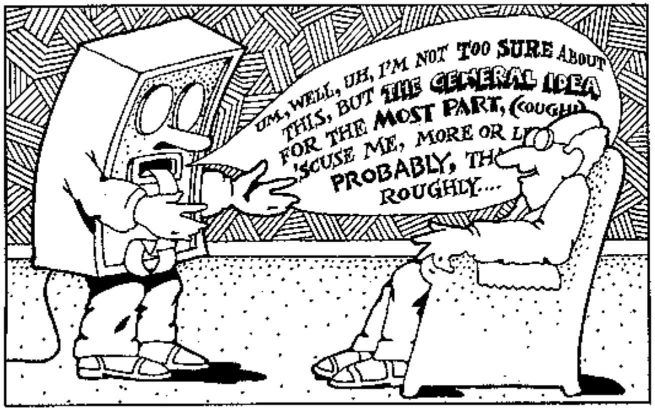
1973: L. A. Zadeh, Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes, *IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics*, Vol. SMC-3, No. 1, January 1973, pp. 28-44.

1974: S. Assilian, E. H. Mamdani, Learning Control Algorithms in Real Dynamic Systems, *Proc. 4th Int. IFAC/IFIP Conf. On Digital Computer Appl. To Process Control*, Zürich, March 1974.

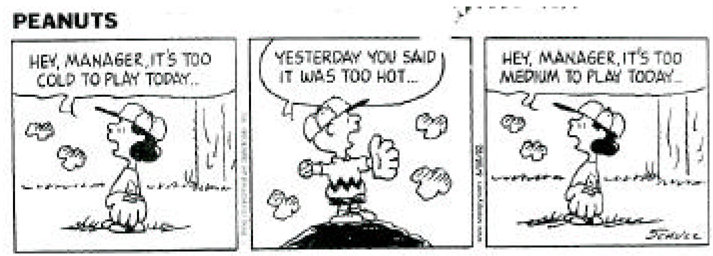
1982: Lauritz P. Holmblad and Jens-Jørgen Østergaard: Control of a Cement Kiln by Fuzzy Logic. In: M. M. Gupta and E. Sanchez (eds.): *Fuzzy Information and Decision Processes*, North-Holland, 1982.

cklung der Kommunikationsmedien im zweiten

Fuzzy Sets, Fuzzy Logik, Fuzzy Relationen



LET'S MAKE ONE THING IMPERFECTLY CLEAR:



cklung der Kommunikationsmedien im zweiten