

Die Fuzzy-Logik als methodischer Ansatz in der wissensbasierten Informationsverarbeitung

am Fallbeispiel der Bewertung
von luftchemischen Messdaten

„Logik ist ein Verfahren,
nach der eine Sache,
die nicht schwarz ist, weiß sein muß.“

Gliederung

-
1. Idee und Theorie der Fuzzy-Logik
 2. Projektierung am Fallbeispiel
 3. Zusammenfassung und Fazit

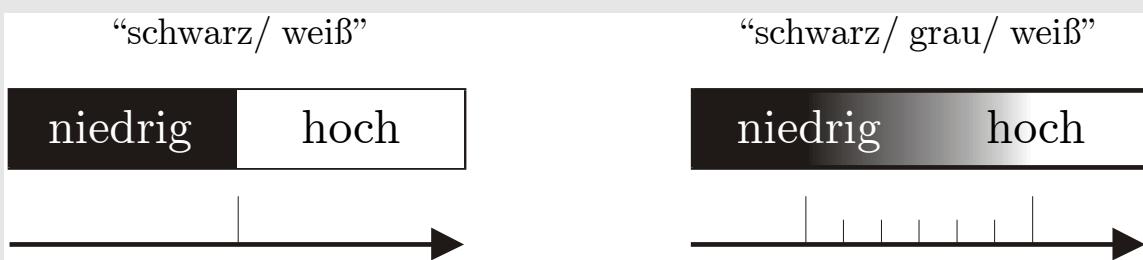
Idee & Theorie der Fuzzy-Logik I 1.1

Die Idee

- Fuzzy-Set-Theorie (1965): Informatiker L.Zadeh
- Mengen-Zuordnung ist nicht fest, sondern unscharf
- Erweiterung der Binärlogik wahr \Leftrightarrow falsch; 0 \Leftrightarrow 1
Abbildung von Unschärfe/ Abstufungen

\Rightarrow graduelle Zuordnung zu Mengen

Modellvorstellung der Mengentheorie:



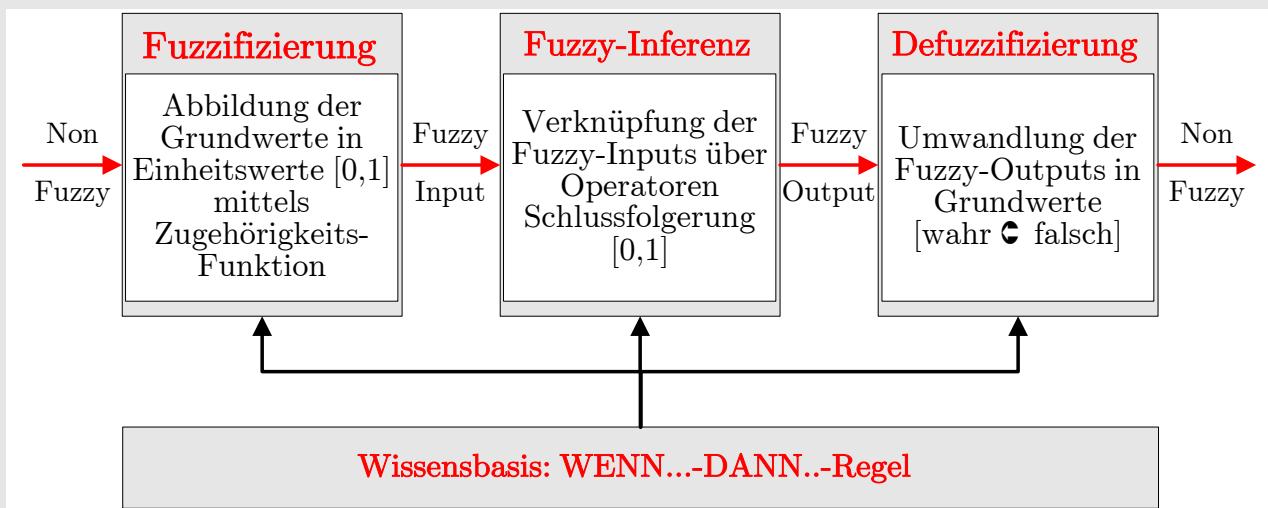
Ilka Kuerbis, Ruhr-Univ.Bochum, 20.01.2003

Idee & Theorie der Fuzzy-Logik II 1.2

Ablaufschema

- allgemeingültiger Methodenrahmen
- Grundlage:
Wissen in linguistischer Formulierung
WENN...-DANN...-Regel

Methodik-Schema



Das Fallbeispiel 2.1

Thema

Luftkurort: Bewertung einer Immissions-Situation

- Luftkurort-Anforderung:
„therapeutisch anwendbares Klima“ mit „guter Luftqualität“
- Beurteilungsmaßstab: Immissionsgrenzwerte
CO: 5 mg/m³
NO₂: 100 µg/m³

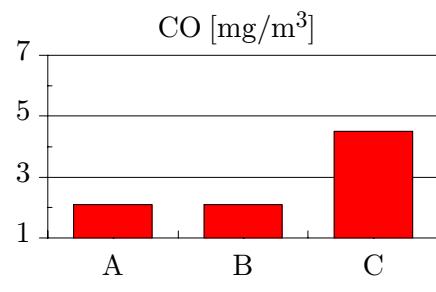
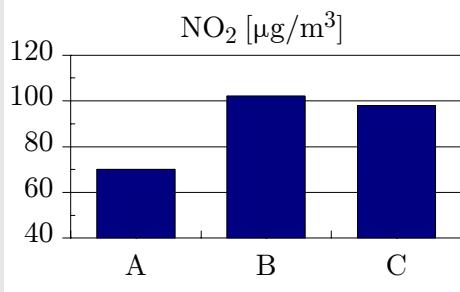
Die Regel

WENN die Immissionswerte von CO und NO₂ niedrig sind,
DANN ist die Luftqualität gut.

Beispielwerte

Vergleich der Immissions-Situation:

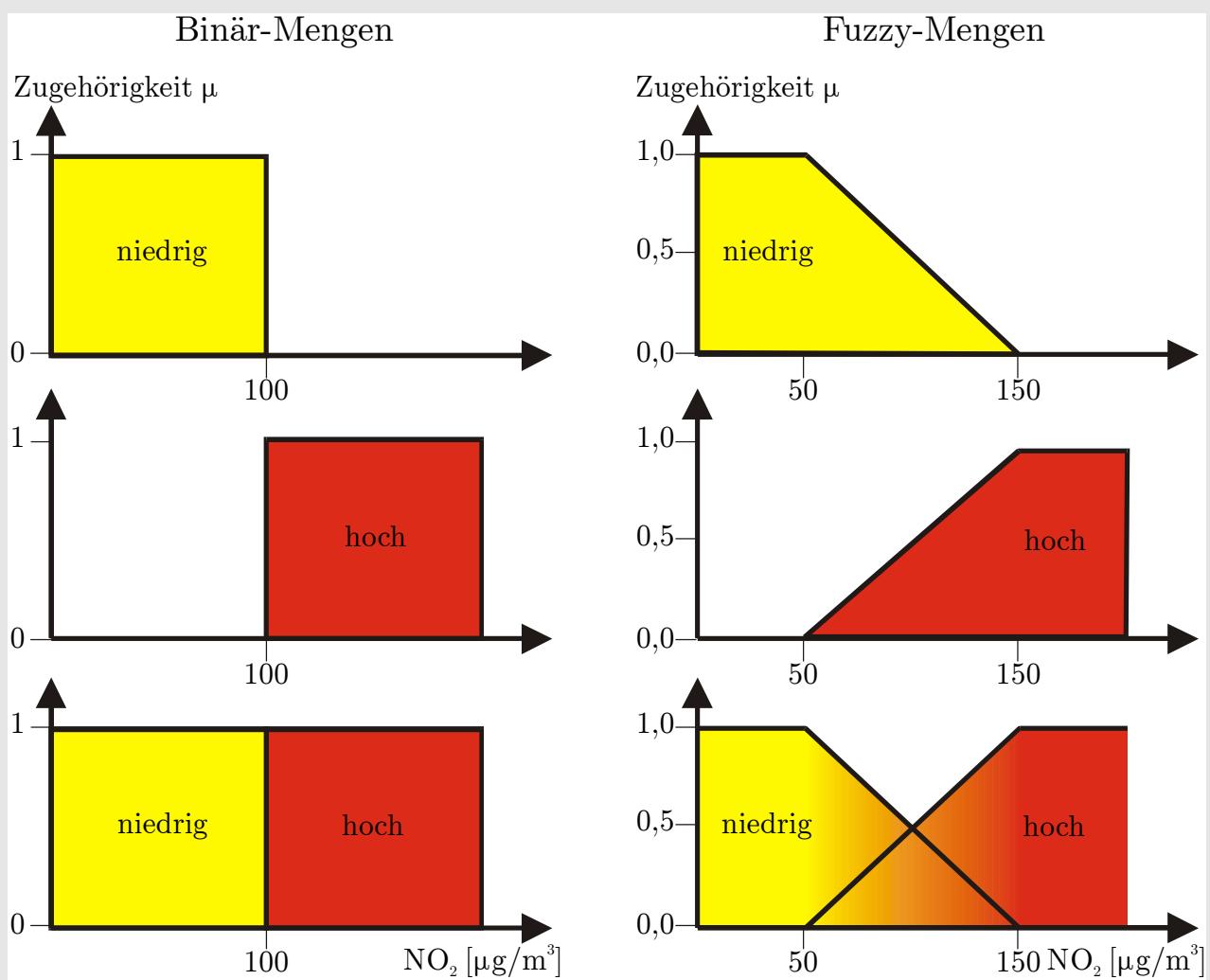
	NO ₂ [µg/m ³]	CO [mg/m ³]
Messort A:	70	2,1
Messort B:	102	2,1
Messort C:	98	4,5



Fallbeispiel - Fuzzifizierung I 2.2

Die Zugehörigkeitsfunktion

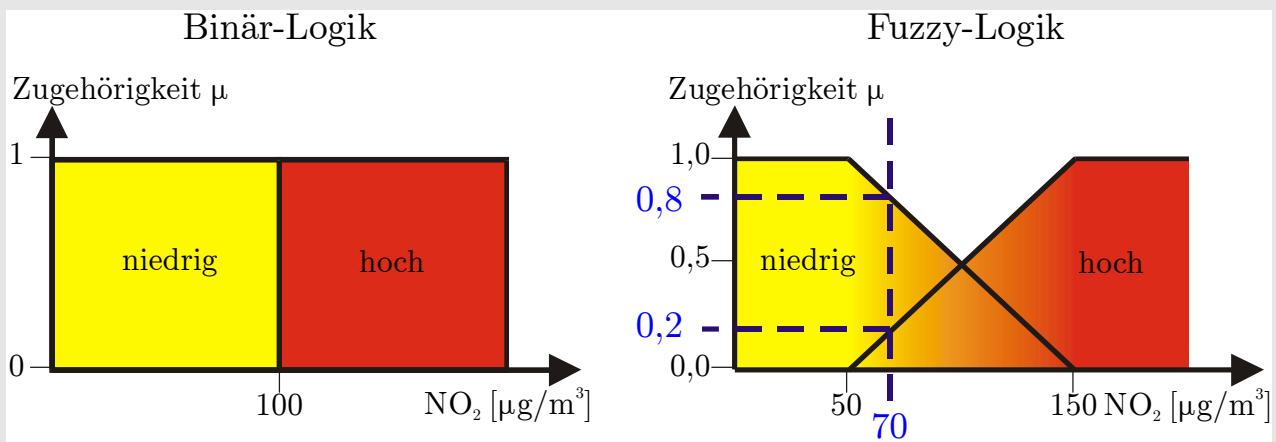
- Abbildung der Messwerte auf dem Einheitsintervall [0,1]
- Binär-Logik: Grenzwert NO_2 : $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Fuzzy-Logik: zwei eindeutige Eckwerte ($\pm 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Grenzwert)



Fallbeispiel - Fuzzifizierung II 2.3

Die Zugehörigkeitswerte für NO₂

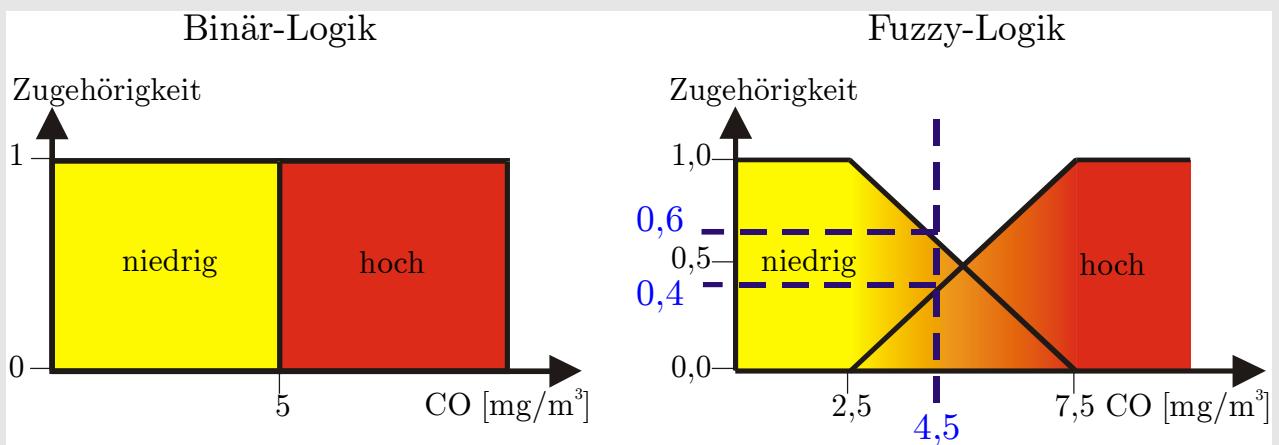
- Binär-Logik: Eindeutige Zuordnung
- Fuzzy-Logik: Graduelle Zuordnung
Möglichkeit der Zugehörigkeit zu mehr als einer Menge



Messort	NO_2	Binär	$\mu(\text{NO}_2, \text{niedrig})$	$\mu(\text{NO}_2, \text{hoch})$
A	70	1	0,8	0,2
B	102	1	0,5	0,5
C	98	1	0,5	0,5

Fallbeispiel - Fuzzifizierung III 2.3

Zugehörigkeitswerte für CO



Messort	CO	Binär	Fuzzy	
			$\mu(\text{CO, niedrig})$	$\mu(\text{CO, hoch})$
A	2,1	1	1,0	0,0
B	2,1	1	1,0	0,0
C	4,5	1	0,6	0,4

Fallbeispiel - Fuzzy-Inferenz 2.4

Die Folgerung

- UND-Verknüpfung: WENN NO₂ und CO niedrig \Rightarrow wahr
- Binär-Logik: Scharfes Schließen, wahr \Leftrightarrow falsch
- Fuzzy-Logik: Unscharfes Schließen
Fuzzy-Input-Verknüpfung mittels Operatoren
 \Rightarrow Fuzzy-Output: Zugehörigkeit β zu der Schlussfolgerung, [0,1]

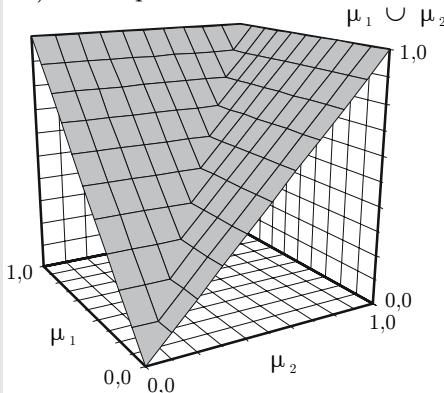
Messort	NO ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	CO [mg/m ³]	Binär-Logik	
A	70	2,1	$1 \wedge 1 \Rightarrow 1$	wahr
B	102	2,1	$1 \wedge 1 \Rightarrow 1$	falsch
C	98	4,5	$1 \wedge 1 \Rightarrow 1$	wahr

Messort	Fuzzy-Logik		Produkt-Operator
	$\mu(\text{NO}_2, \text{niedrig})$	$\mu(\text{CO}, \text{niedrig})$	$\beta(\mu(\text{NO}_2, \text{niedrig}) * \mu(\text{CO}, \text{niedrig}), \text{wahr})$
A	0,8	1,0	$\Rightarrow 0,8$
B	0,5	1,0	$\Rightarrow 0,5$
C	0,5	0,6	$\Rightarrow 0,3$

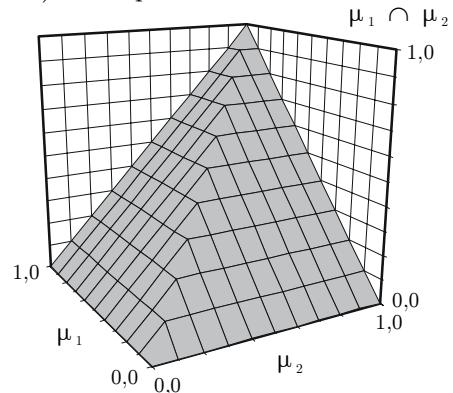
Fuzzy-Operatoren 2.5

Graphische Umsetzung

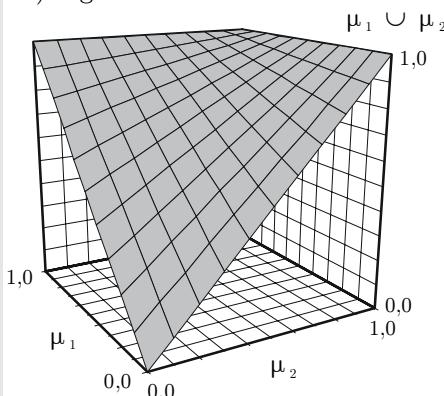
a) Max-Operator



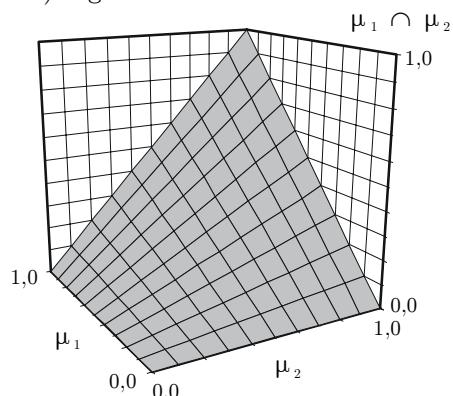
b) Min-Operator



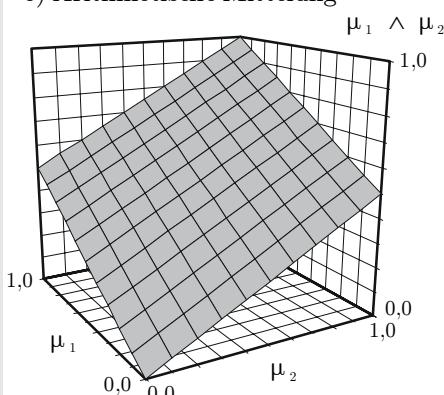
c) Algebraische Summe



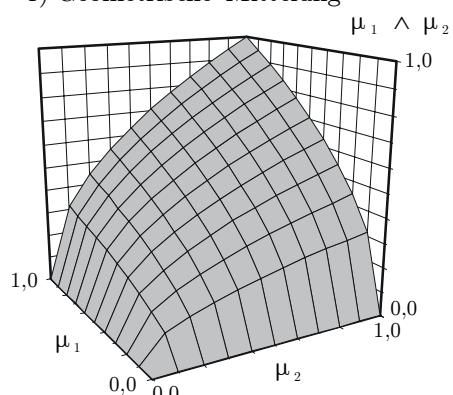
d) Algebraisches Produkt



e) Arithmetische Mittelung



f) Geometrische Mittelung



Fallbeispiel - Defuzzifizierung 2.6

Die Entscheidung

- Binär-Logik:
Entscheidung erfolgt bereits im Scharfen Schließen
- Fuzzy-Logik:
Umwandlung von Fuzzy-Output in Binär-Wert wahr \Leftrightarrow falsch
Mindestzugehörigkeit: Fuzzy-Output $> 0,5$

Messort	NO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	CO [mg/m^3]	Binär-Logik
A	70	2,1	 \Rightarrow "gute Luftqualität"
B	102	2,1	 \Rightarrow "schlechte Luftqualität"
C	98	4,5	 \Rightarrow "gute Luftqualität"

Messort	Fuzzy-Logik wahr, wenn Fuzzy-Output $> 0,5$		
A		\Rightarrow	 \Rightarrow "gute Luftqualität"
B		\Rightarrow	 \Rightarrow "schlechte Luftqualität"
C		\Rightarrow	 \Rightarrow "schlechte Luftqualität"

Zusammenfassung & Fazit I 3.1

Zusammenfassung

- Fuzzy-Logik:
graduelle Bewertung der Luftqualität:
Messort A (0,8) > Messort B (0,5) > Messort C (0,3)
⇒ nur Messort A besitzt eine „gute Luftqualität“
- Binär-Logik:
Messort A und C: „gute Luftqualität“
⇒ Luftqualität am Messort C wird nicht hinreichend bewertet

⇒ Unschärfe-Abbildung hebt Grenzwertproblematik auf
⇒ graduelle Bewertung der Luftqualität ist höherwertige Information

⇒ sachgerechtere Beurteilung der Luftqualität
- Auswahl von Zugehörigkeitsfunktion und Fuzzy-Operator ist für Sachverhalt-Abbildung von Bedeutung

Zusammenfassung & Fazit II 3.2

Fazit

Unschärfe:

- Fuzzy-Logik ermöglicht Abbildung/ Berücksichtigung
- Prozessverhalten und/ oder der Parameter
- nicht die Methode ist unscharf, sondern die Sachverhalte
- Transparenz durch eindeutig mathematische Beschreibung
- intuitive Nachvollziehbarkeit durch leicht verständliche Regel
- Erweiterungs-Prinzip um weitere Regeln

... die Fuzzy-Logik ist eine Systematisierung
für die Abbildung einer schwarz/ grau/ weiß-Denkweise,
wie sie dem Menschen ähnlich ist ...