

Ilka Kürbis, Ruhr-Universität Bochum, 20.Jan. 2003

# 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

## 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

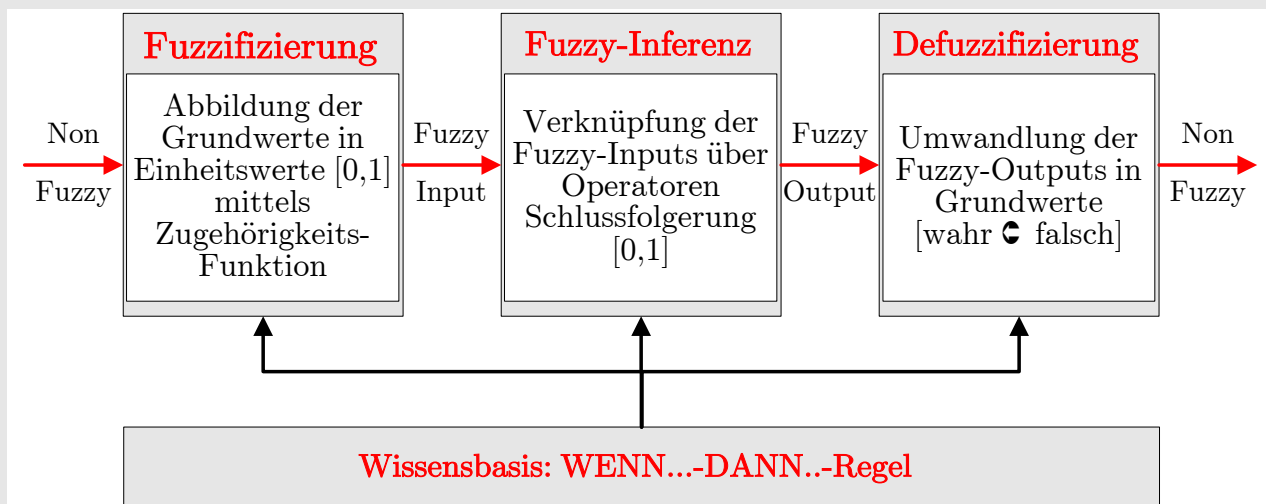
Modellvorstellung der Mengentheorie:



### Ablaufschema

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

### Methodik-Schema



### Thema

Luftkurort: Bewertung einer Immissions-Situation

- Luftkurort-Anforderung:  
„therapeutisch anwendbares Klima“ mit „guter Luftqualität“
- Beurteilungsmaßstab: Immissionsgrenzwerte  
CO:  $5 \text{ mg/m}^3$   
NO<sub>2</sub>:  $100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$

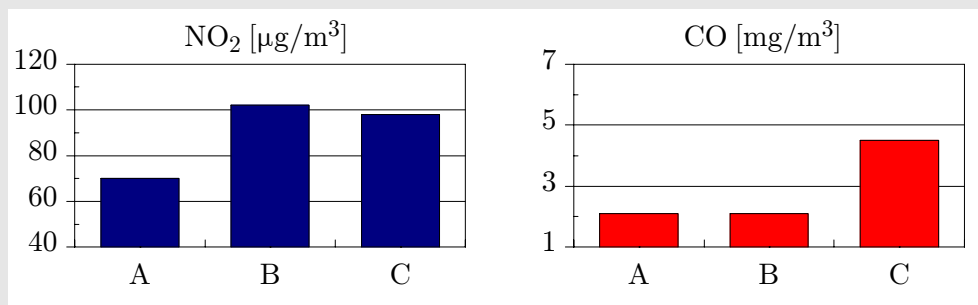
### Die Regel

WENN die Immissionswerte von CO und NO<sub>2</sub> niedrig sind,  
DANN ist die Luftqualität gut.

### Beispielwerte

Vergleich der Immissions-Situation:

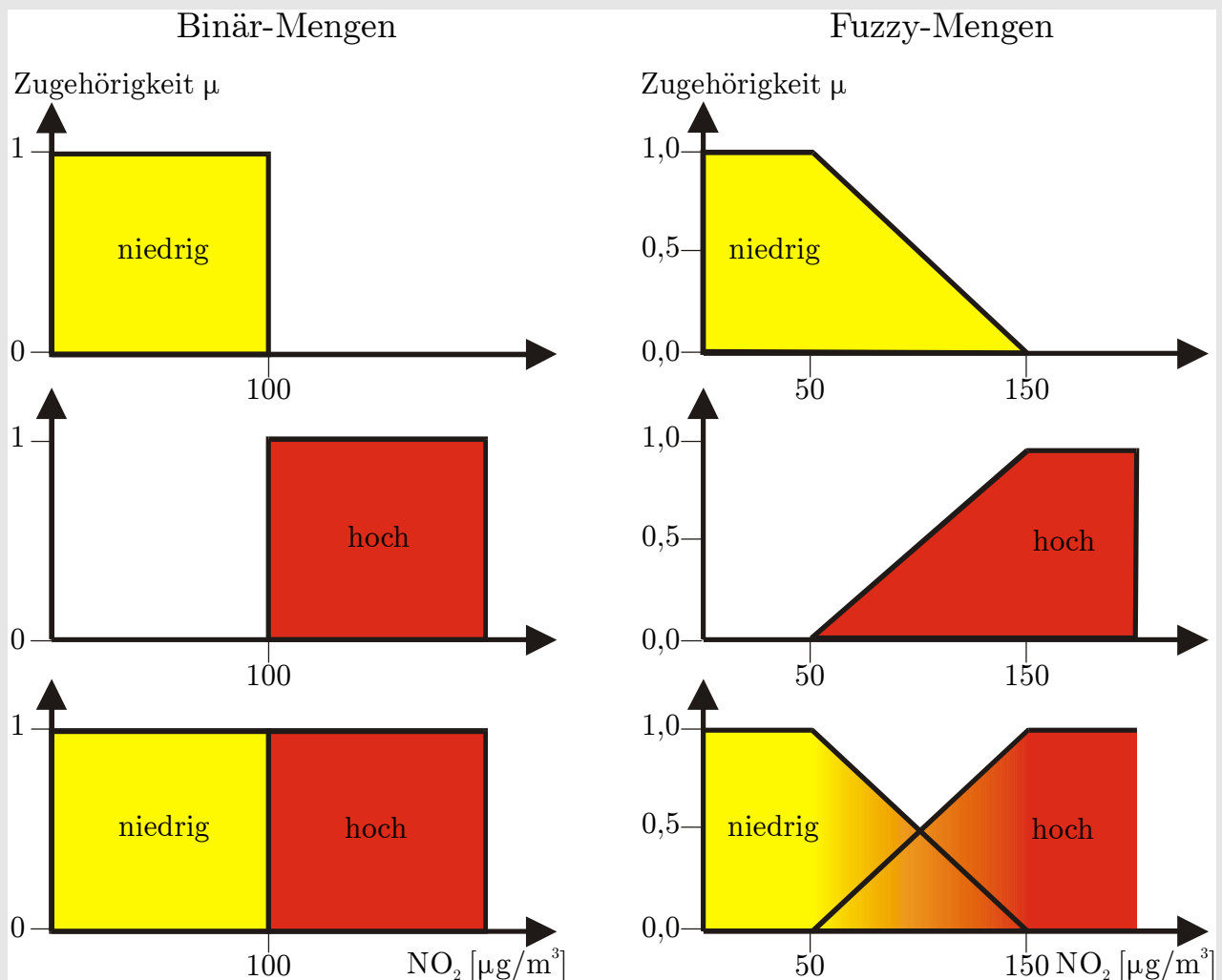
	NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g/m}^3$ ]	CO [ $\text{mg/m}^3$ ]
Messort A:	70	2,1
Messort B:	102	2,1
Messort C:	98	4,5



## Fallbeispiel - Fuzzifizierung I 2.2

### Die Zugehörigkeitsfunktion

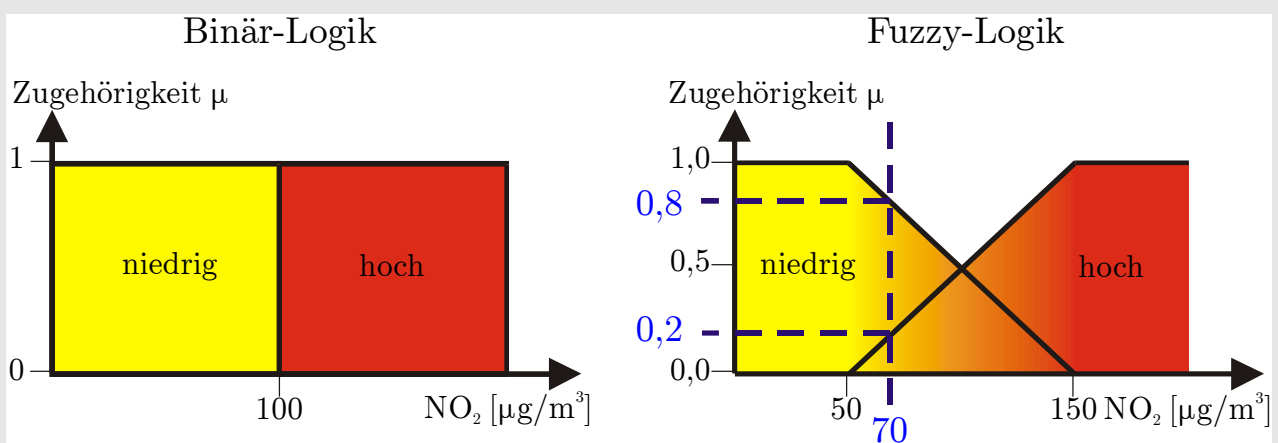
- Abbildung der Messwerte auf dem Einheitsintervall  $[0,1]$
- Binär-Logik: Grenzwert  $\text{NO}_2$ :  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Fuzzy-Logik: zwei eindeutige Eckwerte ( $\pm 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Grenzwert)



## Fallbeispiel - Fuzzifizierung II 2.3

### Die Zugehörigkeitswerte für NO<sub>2</sub>

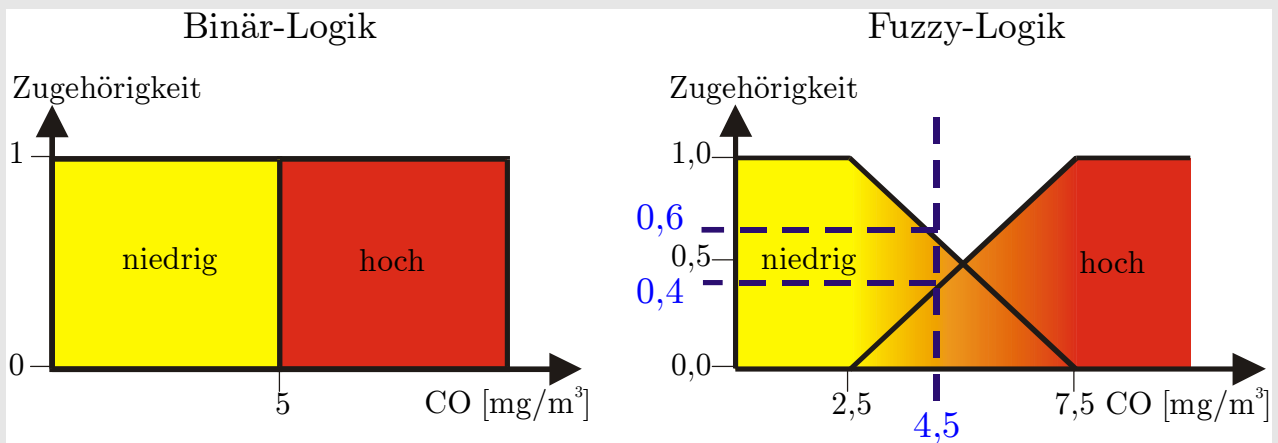
- Binär-Logik: Eindeutige Zuordnung
- Fuzzy-Logik: Graduelle Zuordnung  
Möglichkeit der Zugehörigkeit zu mehr als einer Menge



Messort	NO <sub>2</sub>	Binär	Fuzzy	
			$\mu(\text{NO}_2, \text{niedrig})$	$\mu(\text{NO}_2, \text{hoch})$
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 NO<sub>2</sub> 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  $\beta$  zu der Schlussfolgerung,  $[0,1]$

Messort	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [mg/m <sup>3</sup> ]	Binär-Logik			
A	70	2,1		$\wedge$		$\Rightarrow$  wahr
B	102	2,1		$\wedge$		$\Rightarrow$  falsch
C	98	4,5		$\wedge$		$\Rightarrow$  wahr

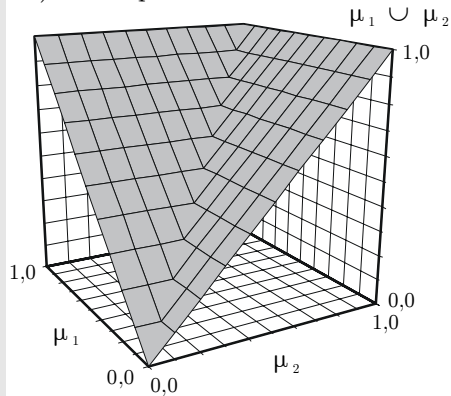
  

Messort	Fuzzy-Logik		Produkt-Operator		
	$\mu(\text{NO}_2, \text{niedrig})$	$\mu(\text{CO}, \text{niedrig})$	$\beta(\mu(\text{NO}_2, \text{niedrig}) * \mu(\text{CO}, \text{niedrig}), \text{wahr})$		
A		$\wedge$		$\Rightarrow$	
B		$\wedge$		$\Rightarrow$	
C		$\wedge$		$\Rightarrow$	

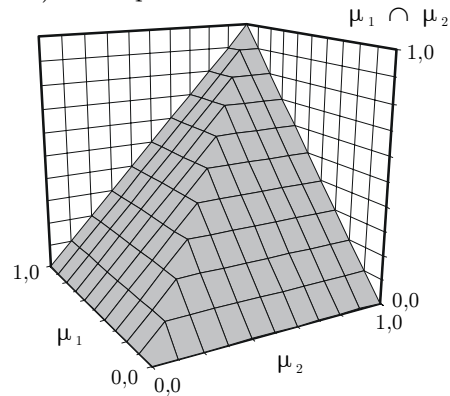


## Graphische Umsetzung

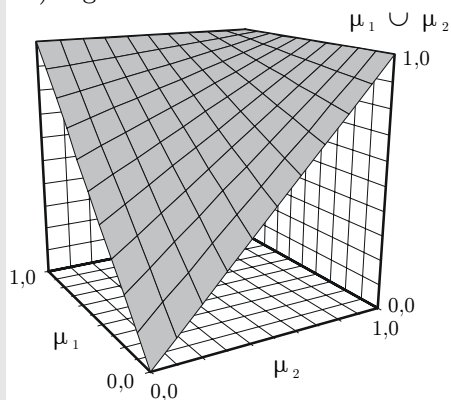
a) Max-Operator



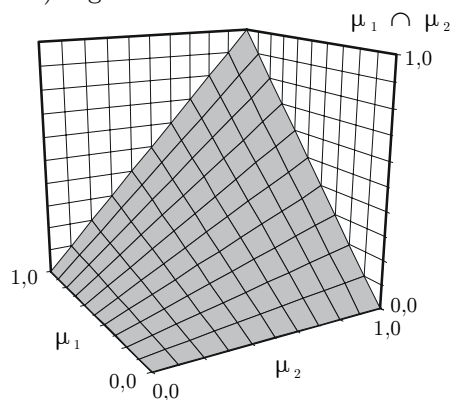
b) Min-Operator



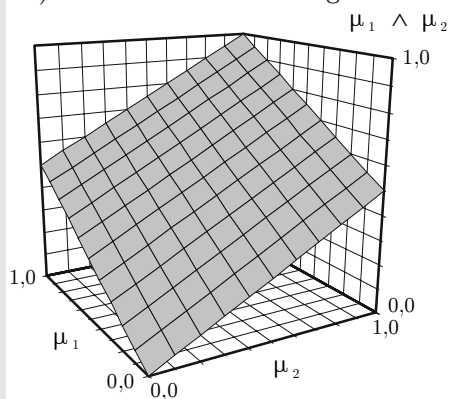
c) Algebraische Summe



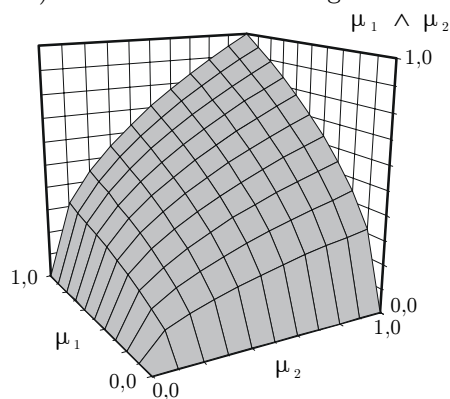
d) Algebraisches Produkt



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 <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [mg/m <sup>3</sup> ]	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

- 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

### 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 ...