

# Einleitung

© Nils Wackenhut

## ► Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

# KI Seminar 2005

## Vortrag Nr. 9

# Unsicheres Wissen



# Motivation

© Nils Wackenhut

## ► Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

# Vögel können fliegen!



# Wissen

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

## Wissen:

## Zuordnung von

Wahrheitswerten,  
Wahrscheinlichkeitsgraden,....

ZU

Aussagen, Ereignissen, Zuständen,...



# Wissen

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

## 3 Eigenschaften von Wissen

- **Impräzision**
- **Unsicherheit**
- **Vagheit**



# Wissen: Impräzision

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

**Das Auto ist blau oder grün**

**Der Eimer wiegt zwischen 15  
und 20 Kilogramm.**

Zuordnung einer Menge zu einer  
Eigenschaft



# Wissen: Unsicherheit

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

**Das Auto ist nicht etwa rot**

**Der Eimer wiegt keine 25 kg**

Nicht alle Alternativen sind in einer  
Aussage enthalten

Sowohl präzise als auch impräzise  
Aussagen können unsicher sein!



# Wissen: Vagheit

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

**Draußen ist es heiß**

**Peter ist groß**

Zuordnung von Werten nur in  
Extrembereichen möglich

Werte nicht exakt bestimmbar

# Ansätze: Sicherheitsfaktoren

© Nils Wackenhut



## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

- Regelbasierterer Ansatz
- Auch nicht wahre Aussagen sind zugelassen
- Jeder Regel ist ein Zahlenwert zugeordnet der die Sicherheit angibt
- Probleme bei der praktischen Anwendung

# Ansätze: Schlussfolgerungsnetze

© Nils Wackenhut



## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

- Abbildung des Wissens als Raum
- Aufteilung in Unterräume
- Schließen von Unterräumen auf Gesamttraum möglich

# Ansätze: Fuzzy Logik

© Nils Wackenhut



## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

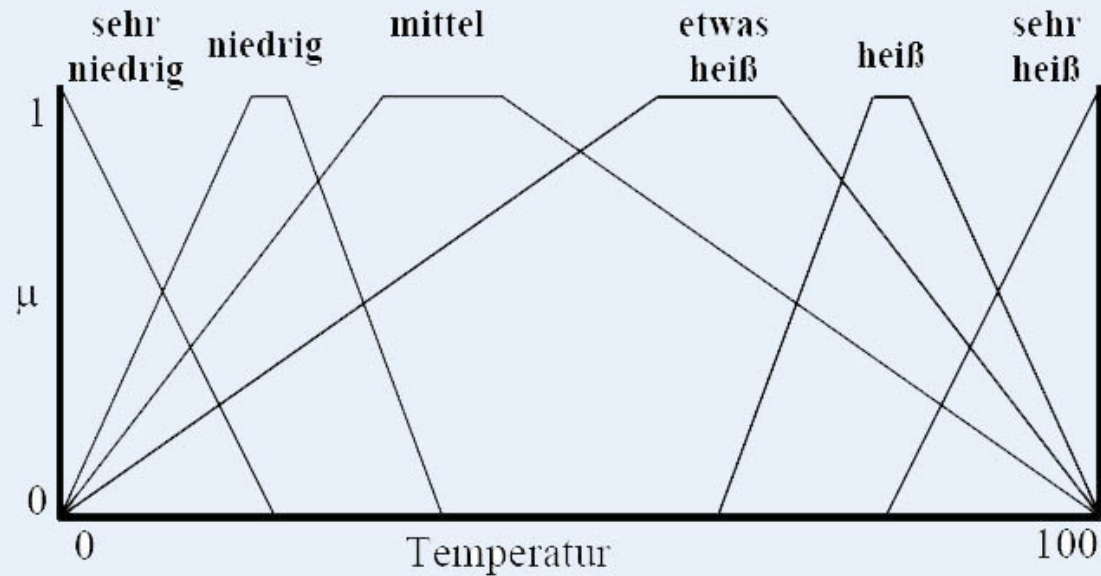
## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

Zuordnung von Mengen zu linguistischen Variablen:



# Sicherheitsfaktoren

© Nils Wackenhut



## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## ► Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

- Ansatz zum Umgang mit Unsicherheit in WBS
- Regeln in Form von Implikationen
- Regeln zugelassen die keine verlässlichen Schlüsse zulassen
- MYCIN: Medizinisches Expertensystem



# Sicherheitsfaktoren

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

Falls  $S_1$ : Die Färbung des Organismus ist grampositiv  
und  $S_2$ : Das Erscheinungsbild ist kokkenförmig  
und  $S_3$ : Die Wachstumsform ist Kettenförmig  
dann gibt es Anzeichen dafür (0,7)  
dass  $H$ : Der Typ des Organismus ist Streptokokke

## MYCIN Regel:

$$S_1 \wedge S_2 \wedge S_3 \xrightarrow{0.7} H$$



## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

Interpretation als Wahrscheinlichkeit:

$$P(H|S_1 \cap S_2 \cap S_3) = 0.7$$

$$P(\overline{H}|S_1 \cap S_2 \cap S_3) = 0.3$$

Daraus folgt aber auch:

$$S_1 \wedge S_2 \wedge S_3 \xrightarrow{0.3} \overline{H}$$



# Sicherheitsfaktoren

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

## Interpretation als Vertrauensänderung:

- $P(H)$  → A-Priori Wahrscheinlichkeit
- $P(H|E)$  → A-Posteriori Wahrscheinlichkeit

$P(H|E) > P(H)$  → Vertrauen in H nimmt zu.

$P(H|E) < P(H)$  → Vertrauen in H nimmt ab.



# Sicherheitsfaktoren

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

## Maß des Vertrauens

$$MB(H|E) = \begin{cases} \frac{P(H|E) - P(H)}{1 - P(H)}, & \text{falls } P(H|E) > P(H) \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

## Maß des Misstrauens

$$MD(H|E) = \begin{cases} \frac{P(H) - P(H|E)}{P(H)}, & \text{falls } P(H|E) < P(H) \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$



# Sicherheitsfaktoren

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

## Definition Sicherheitsfaktor

$$CF(H|E) = MB(H|E) - MD(H|E)$$

Wenn E eintritt steigt die Überzeugung dass H gilt um MB.

Wenn E eintritt sinkt die Überzeugung dass H gilt um MD.



# Sicherheitsfaktoren

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

- Es müssen harte Bedingungen für die Wissensbasis gelten:
  - Die Wertebereiche der Variablen enthalten genau zwei Werte
  - Netz der Wissensbasis weist Baumstruktur auf
  - Bedingte Unabhängigkeit von Evidenzen bezüglich Hypothesen
- Bedingte Unabhängigkeit üblicherweise nicht realisierbar!



## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## ► Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

- Wissen lässt sich in einem Raum darstellen
- Räume lassen sich in Unterräume zerlegen
- Aus der Verteilungen in den Unterräumen lassen sich alle Schlussfolgerungen ziehen



## Eine Menge von Objekten

### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

### Sicherheitsfaktoren

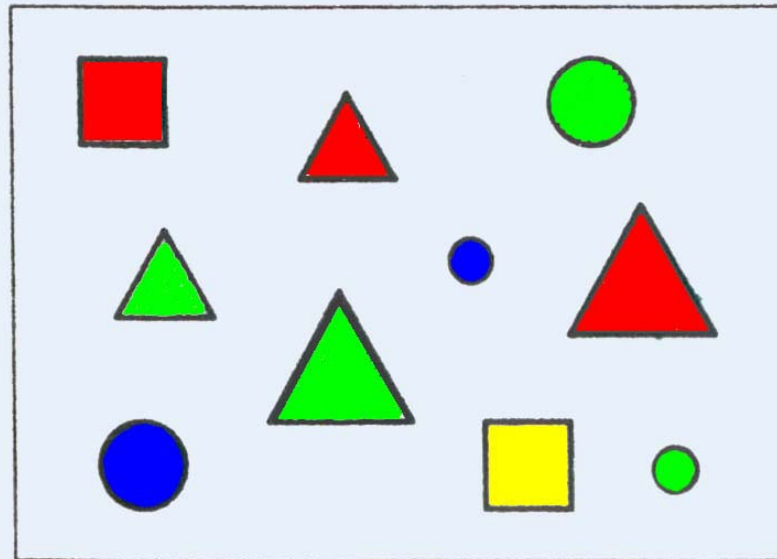
Ansatz  
Probleme

### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel



# Probabilistische Schlussfolgerungsnetze

© Nils Wackenhut



## Darstellung als Relation

### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

### Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

Farbe	Form	Größe
■	○	klein
■	○	mittel
■	○	klein
■	○	mittel
■	△	mittel
■	△	groß
■	□	mittel
■	□	mittel
■	△	mittel
■	△	groß



# Probabilistische Schlussfolgerungsnetze

© Nils Wackenhut

## Darstellung des Schlussfolgerungsraumes

### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

### Sicherheitsfaktoren

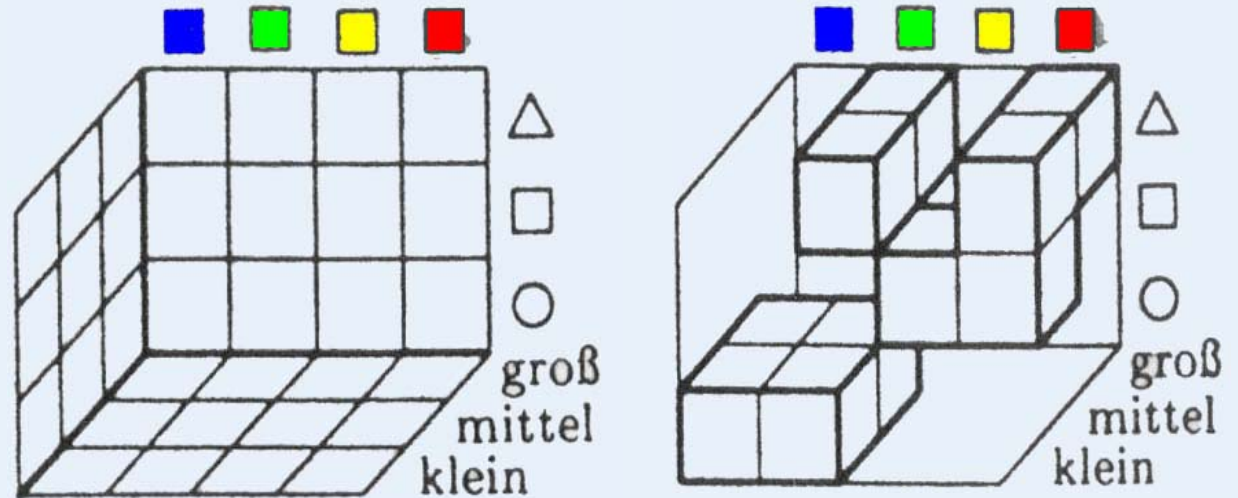
Ansatz  
Probleme

### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

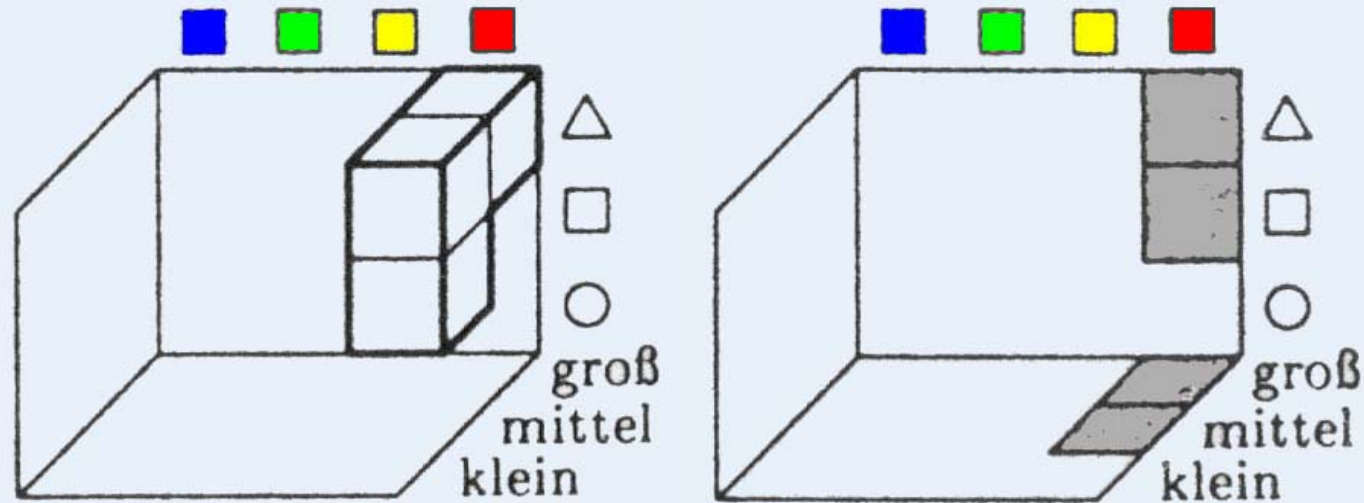


# Probabilistische Schlussfolgerungsnetze

© Nils Wackenhut

## Direktes Schlussfolgern

Bekannt: Objekt ist rot



### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

### Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel



# Probabilistische Schlussfolgerungsnetze

© Nils Wackenhut

## Evidenzpropagation

### Projektionen auf Unterräume

#### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

#### Sicherheitsfaktoren

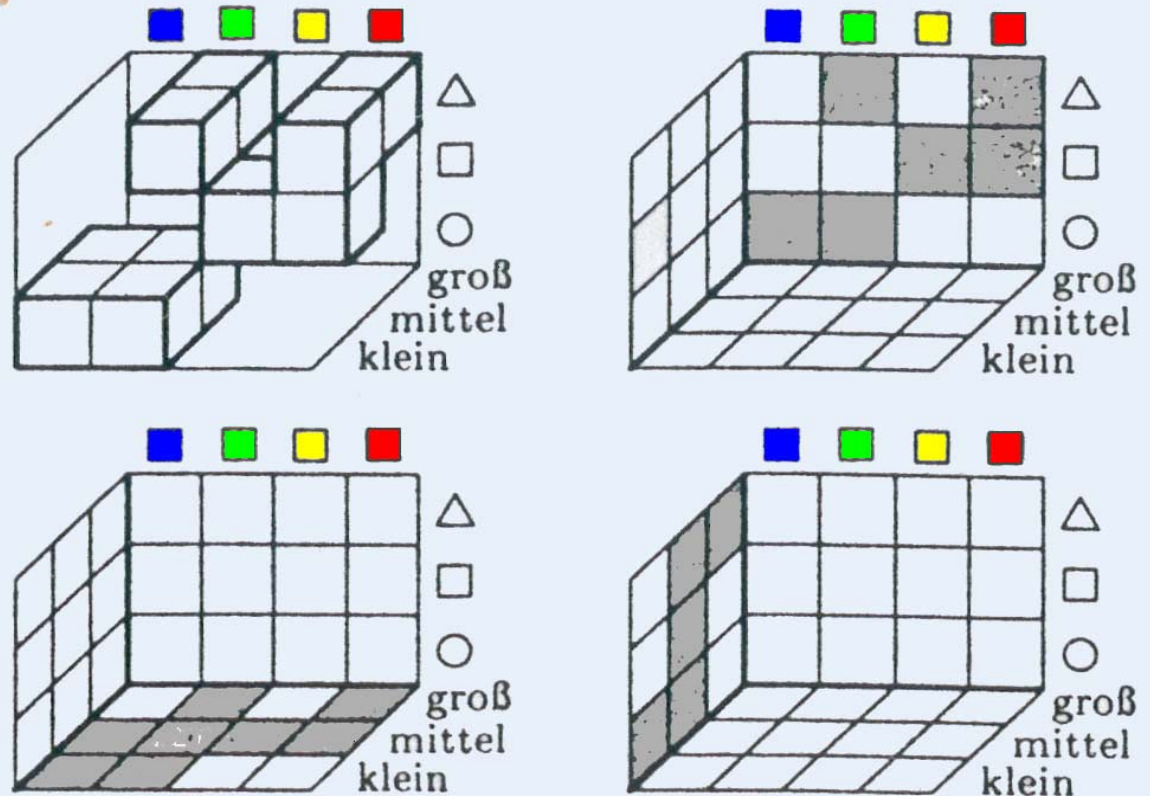
Ansatz  
Probleme

#### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

#### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel





# Probabilistische Schlussfolgerungsnetze

© Nils Wackenhut

## Evidenzpropagation

### Zylindrische Erweiterung und Schnitt

#### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

#### Sicherheitsfaktoren

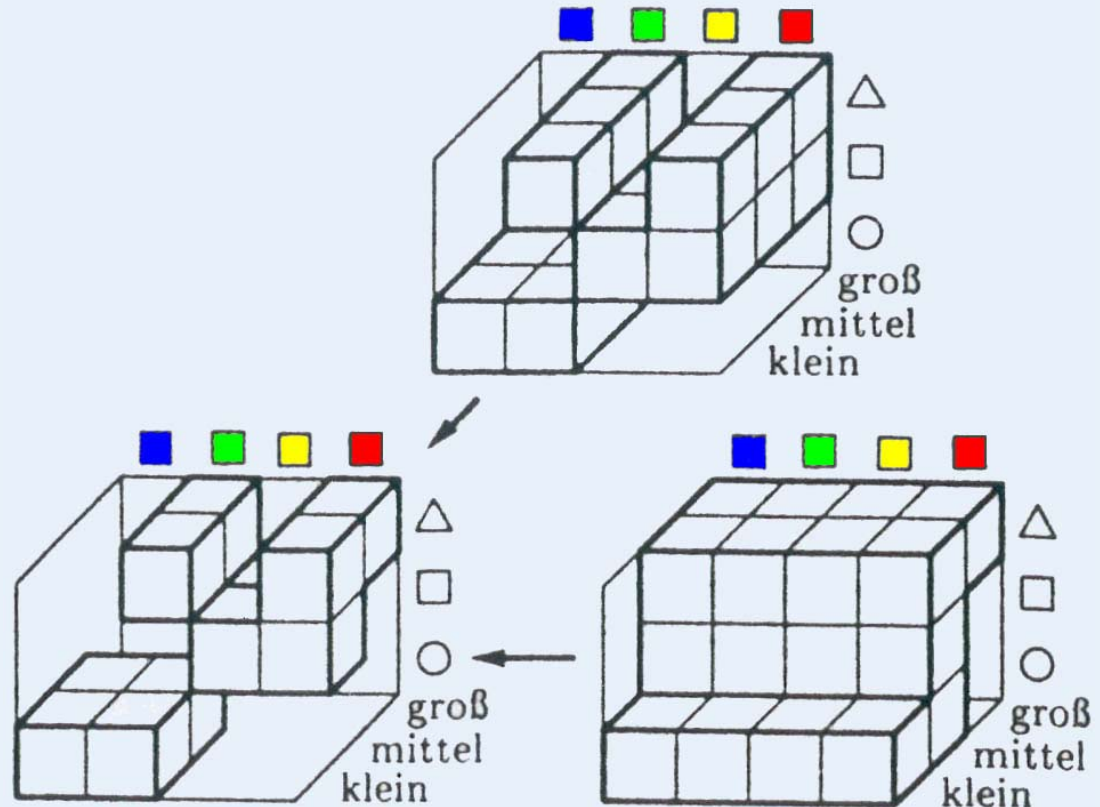
Ansatz  
Probleme

#### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

#### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel



# Probabilistische Schlussfolgerungsnetze

© Nils Wackenhut

## Evidenzpropagation

### Schließen in den Unterräumen



#### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

#### Sicherheitsfaktoren

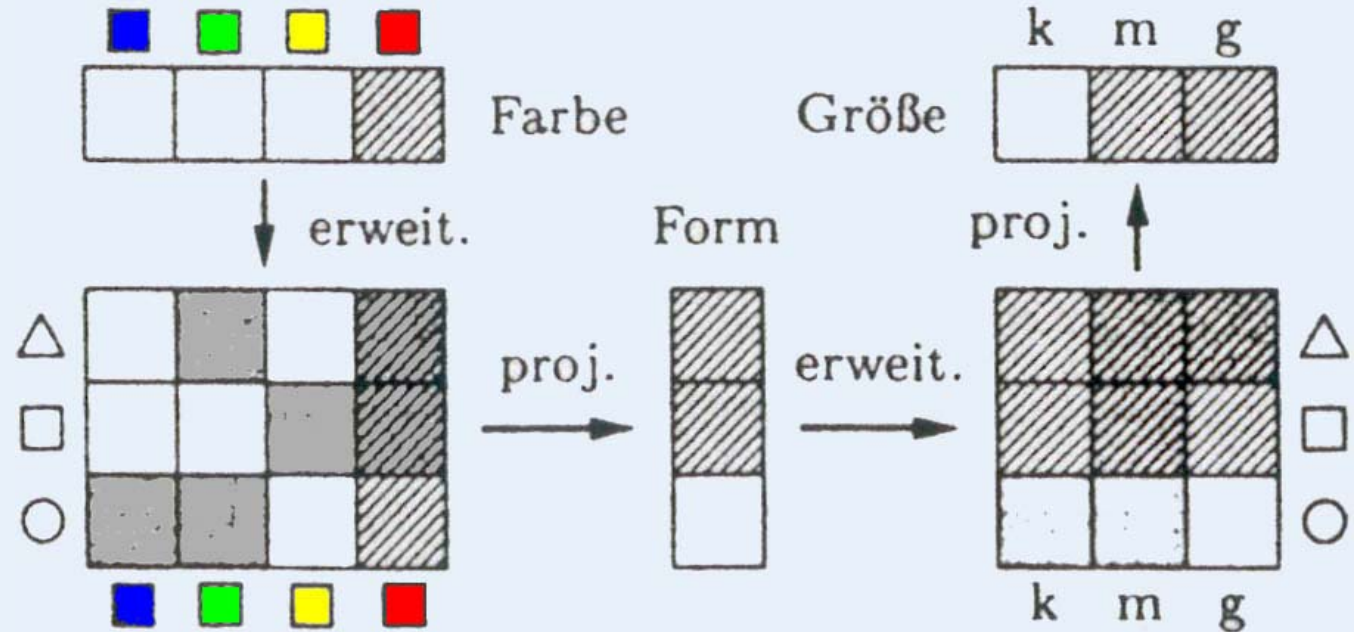
Ansatz  
Probleme

#### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

#### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel



# Probabilistische Schlussfolgerungsnetze

© Nils Wackenhut

Evidenzpropagation  
Darstellung als Netz



Bei höherdimensionalen Unterräumen  
entstehen mehr Kanten zwischen den  
Knoten

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

# Probabilistische Schlussfolgerungsnetze

© Nils Wackenhut

## Evidenzpropagation

### Wahl anderer Projektionen



#### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

#### Sicherheitsfaktoren

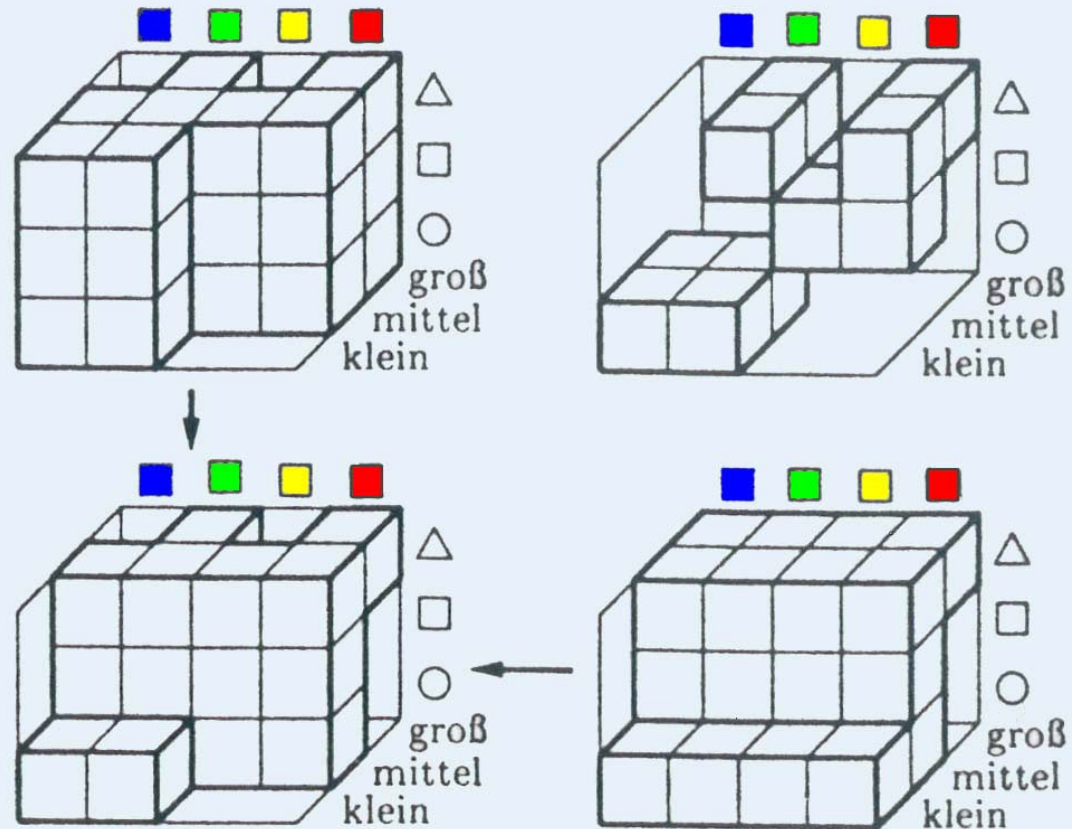
Ansatz  
Probleme

#### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

#### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel



## Evidenzpropagation

### Probleme bei der Zerlegbarkeit



#### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

#### Sicherheitsfaktoren

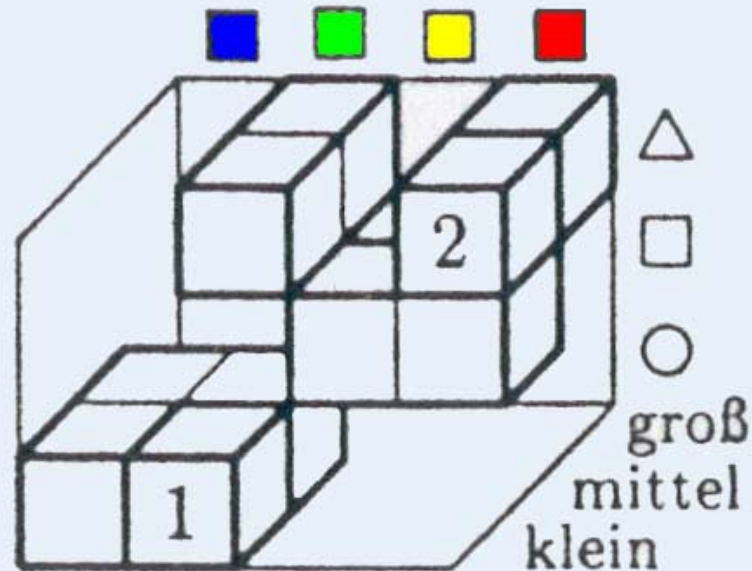
Ansatz  
Probleme

#### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

#### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel





# Probabilistische Schlussfolgerungsnetze

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

- Schlussfolgern im Gesamtraum in realen Anwendungen zu komplex
- Schwierigkeit: Finden „guter“ Zerlegungen
  - Suchen einer Lösung mit möglichst wenig Zusatzinformation
  - Zerlegung algorithmisch möglich



# Fuzzy Regelung

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## ► Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

- Verarbeitung von unscharfen Regeln

*„Wenn die Nachfrage steigt kann der Preis erhöht werden“*

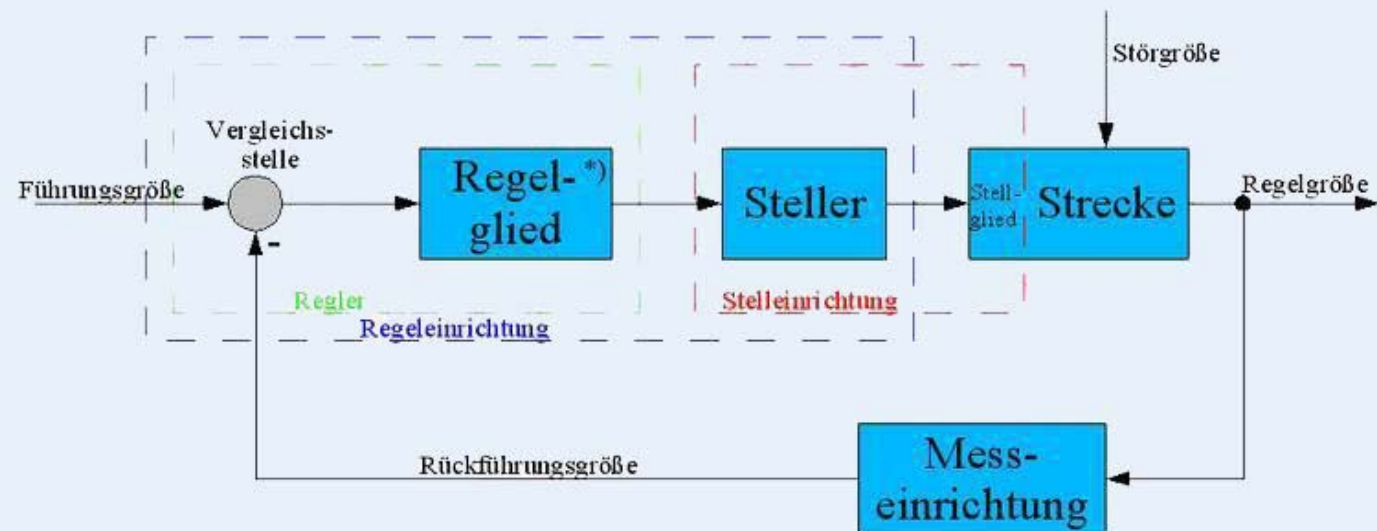
- Einsatz in der Regelungstechnik



# Fuzzy Regelung

© Nils Wackenhut

## Ein Regelkreis



### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

### Sicherheitsfaktoren

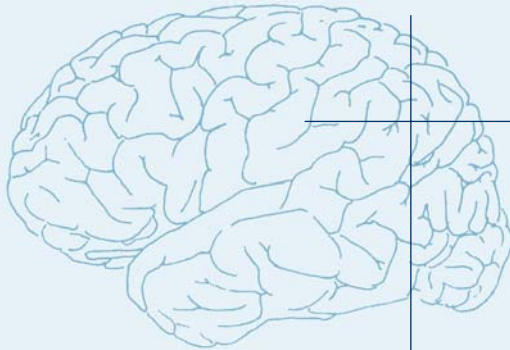
Ansatz  
Probleme

### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel



# Fuzzy Regelung

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

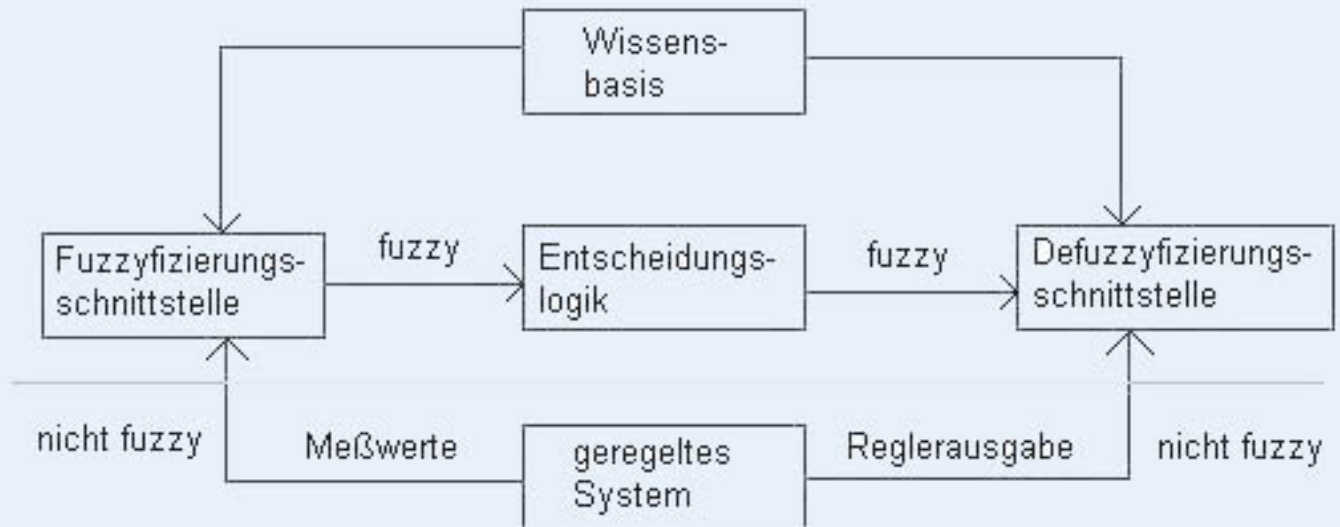
## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

## Ein Fuzzy Regler





# Fuzzy Regelung

© Nils Wackenhut

## Eine Klimaanlageregelung

### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

### Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

## Temperatur      Geschwindigkeit

kalt      aus

kühl      langsam

lau      mittel

warm      schnell

heiß      turbo



# Fuzzy Regelung

© Nils Wackenhut

## Die Fuzzy Mengen

### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

### Sicherheitsfaktoren

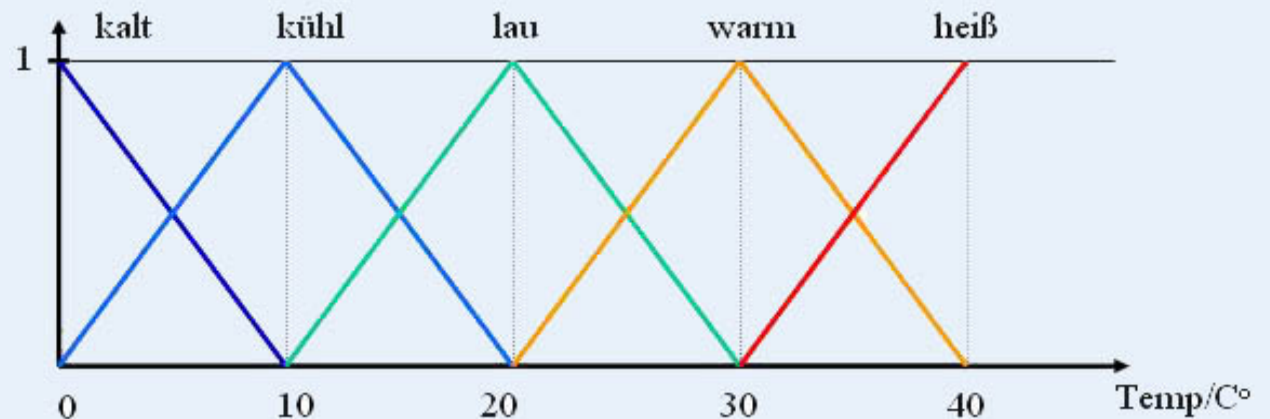
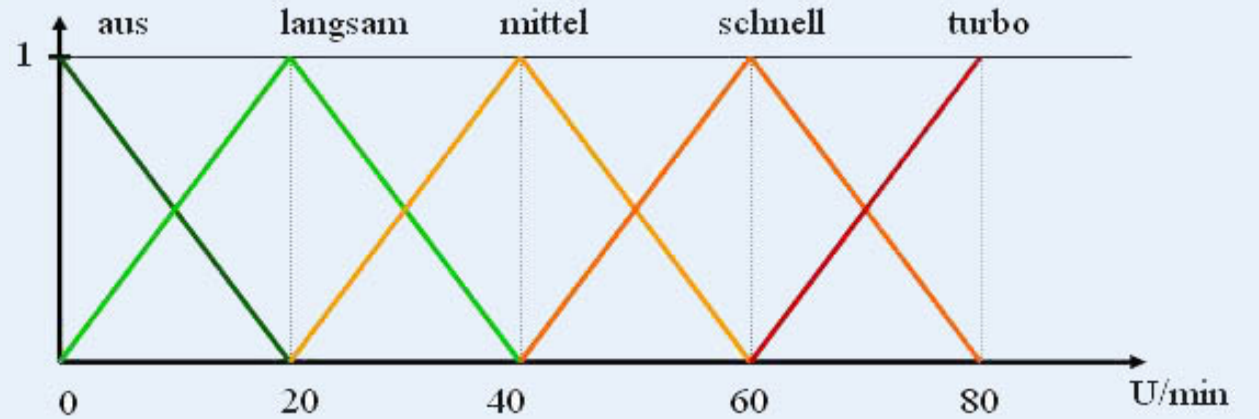
Ansatz  
Probleme

### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel





# Fuzzy Regelung

© Nils Wackenhut

## Eine Beispielmessung: $T=12^{\circ}\text{C}$

### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

### Sicherheitsfaktoren

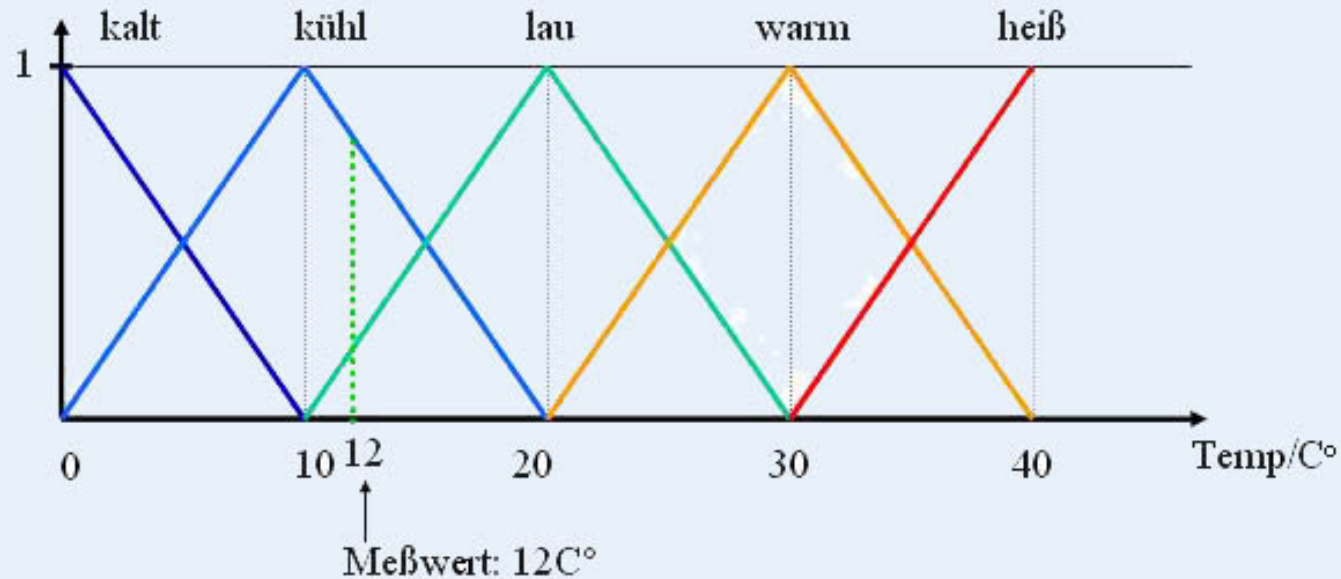
Ansatz  
Probleme

### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel





# Fuzzy Regelung

© Nils Wackenhut

## Eine Beispielmessung: $T=12^{\circ}\text{C}$

### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

### Sicherheitsfaktoren

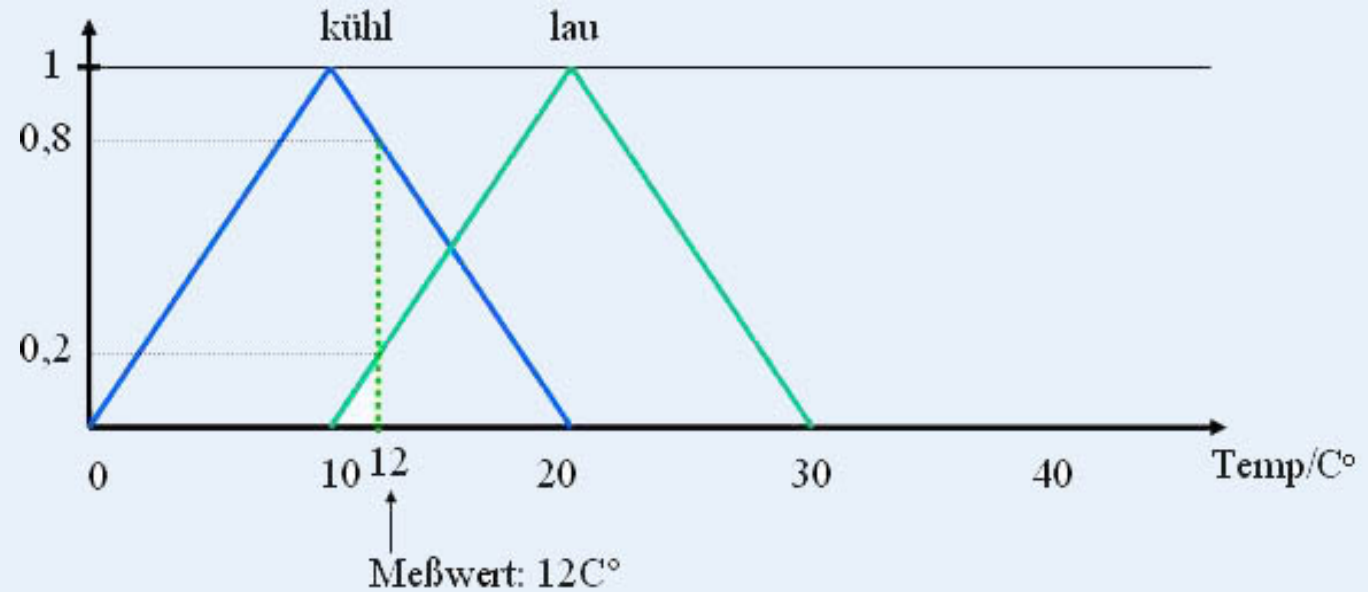
Ansatz  
Probleme

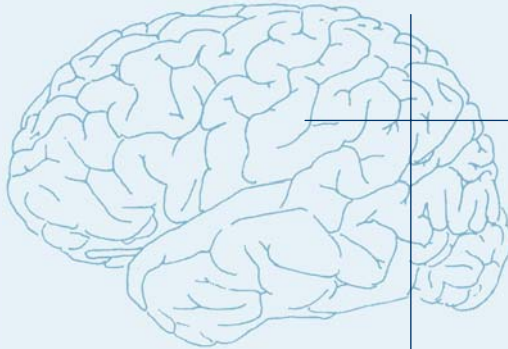
### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel





# Fuzzy Regelung

© Nils Wackenhut

## Anwendung der Regeln

$$\mu_{kühl}(12^\circ C) = 0,8 \quad \mu_{lau}(12^\circ C) = 0,2$$

### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

### Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

kalt	0	0	aus
kühl	0,8	0,8	langsam
lau	0,2	0,2	mittel
warm	0	0	schnell
heiß	0	0	turbo



# Fuzzy Regelung

© Nils Wackenhut

## Skalierung der Werte

### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

### Sicherheitsfaktoren

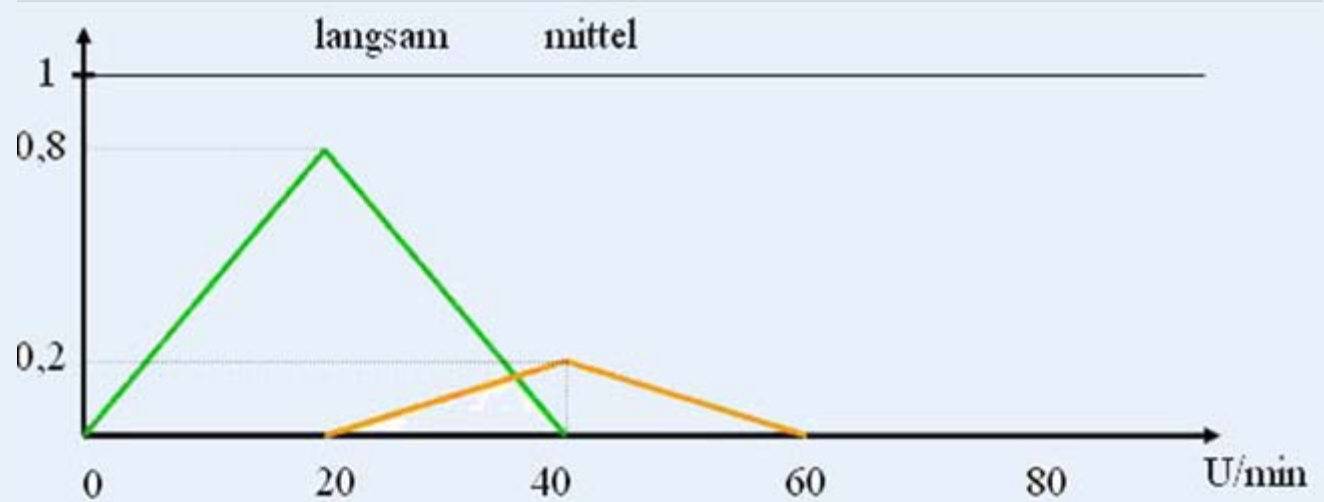
Ansatz  
Probleme

### Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel





# Fuzzy Regelung

© Nils Wackenhut

## Defuzzifizierung: Schwerpunktmethode

### Grundlagen

Wissen  
Ansätze

### Sicherheitsfaktoren

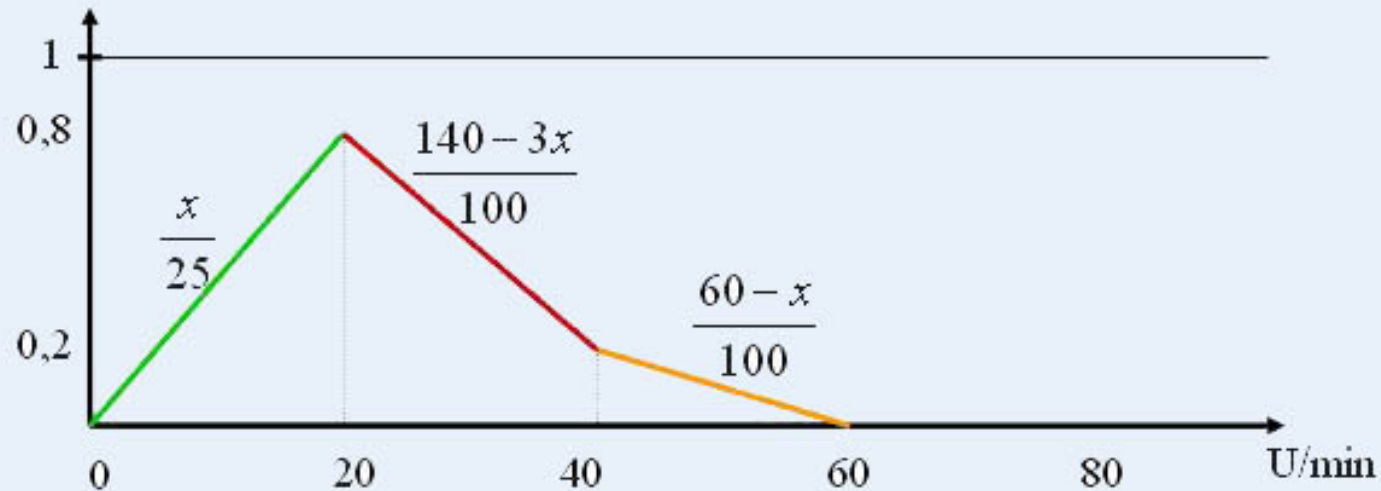
Ansatz  
Probleme

### Schlussfolgerungsnetze

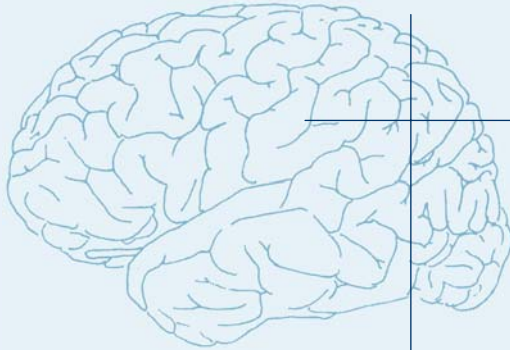
Idee  
Beispiel

### Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel



$$y = \frac{\int y \cdot \mu(x_1, \dots, x_n)(y) dy}{\int \mu(x_1, \dots, x_n)(y) dy} = 24$$



# Fuzzy Regelung

© Nils Wackenhut

## Grundlagen

Wissen  
Ansätze

## Sicherheitsfaktoren

Ansatz  
Probleme

## Schlussfolgerungsnetze

Idee  
Beispiel

## Fuzzy-Regelung

Grundlagen  
Beispiel

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit**