

# Fuzzy Control – Teil I

## Seminar Fuzzy Systemtheorie

Marcus Obst

Professur für Systemtheorie  
Prof. Bocklisch  
TU Chemnitz

29. Mai. 2007

# Inhalt

- 1 Einleitung
  - Geschichtlicher Rückblick
  - Offensichtliche Vorteile
- 2 Grundgedanke von Fuzzy Logic Control
  - Grundlagen
  - Schema
- 3 Entwurf einer Fuzzy Logic Control (FLC)
  - Datenbasis
  - Regelbasis
  - Inferenzmechanismus
- 4 Ausblick

# Geschichtlicher Rückblick

Erste praktische Anwendung ca. 1975.

- automatische Zugsteuerung
- Regelung in Atomkraftwerken
- Einparken eines Autos
- auch heute im täglichen Leben (Waschmaschine, Fahrstuhl,...)

Zuerst starke Ausbreitung im asiatischen Raum (vor allem Japan), später dann auch in Europa.

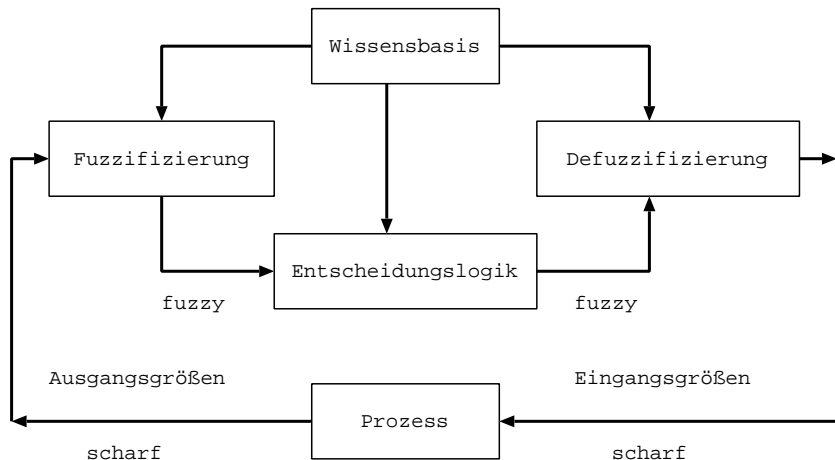
# Offensichtliche Vorteile

- näher am menschlichen Denken/Entscheiden
- Handhabung von komplexen Prozessen (ohne Analyse!)
- wenig Informationen durchaus ausreichend
- viele Freiheitsgrade, hohe Flexibilität

Sind bereits aus vorangegangenen Vorlesungen bzw. Vorträgen bekannt:

- Fuzzy-Set, Support, Singleton
- Zugehörigkeitsfunktion
- Linguistische Variablen z.B.  $T(\text{Geschwindigkeit}) = \{\text{langsam, mittel, schnell, ...}\}$
- Vereinigung – MAX
- Schnittmenge – MIN
- Kartesisches Produkt

# Prinzipieller Aufbau FLC



# Aufgaben der einzelnen Teile

Fuzzifizierung:

- Eingangswerte skalieren
- scharfen Wert in linguistischen Term überführen

Wissensbasis:

- Datenbasis
- Regelbasis

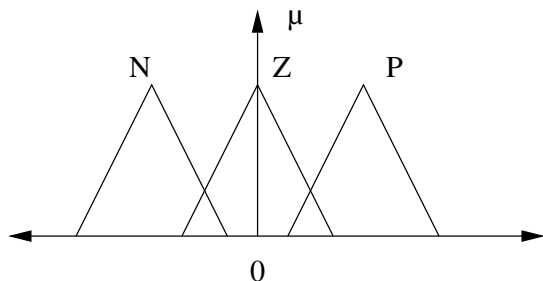
Entscheidungslogik: Kern der FLC.

- fuzzy Eingangswert  $\rightarrow$  Regelbasis  $\rightarrow$  fuzzy Ausgangswert

Defuzzifizierung:

- Skalierung der Ausgangswerte
- Erzeugen von scharfen Stellgrößen

# Entwurf der Datenbasis



- Diskretisierung, Normalisierung der Eingangswerte (Empfindlichkeit vs. Speicherbedarf!)
- Einteilung der Fuzzy-Sets für Eingang und Ausgang (typisch NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB). Empfohlen 3 - 9!
- Wahl Zugehörigkeitsfunktion (numerisch, funktional)
- **Vollständigkeit beachten!**
- Einteilung beruht auf Erfahrung, Intuition → keine eindeutige Lösung!

# Entwurf der Regelbasis

Linguistische Regel auf Basis von Expertenwissen bilden den Kern der FLC.

## Aufbau der Regelbasis

$R_1$  : if  $x$  is  $A_1$  then  $y$  is  $B_1$

$R_2$  : if  $x$  is  $A_2$  then  $y$  is  $B_2$

... ..

$R_n$  : if  $x$  is  $A_n$  then  $y$  is  $B_n$

- $x$  fuzzifizierte Eingangsgröße
- $A_n$  linguistischer Term für Eingang
- $y$  fuzzifizierte Stellgröße
- $B_n$  linguistischer Term für Ausgang

→ diese Form der FLC nennt man rationale FLC!

# Wie gelangt man zu den Regeln

- ① Erfahrung von Experten
  - ▶ natürliche Möglichkeit um das menschliche Verhalten nachzubilden
  - ▶ Fragebögen
  - ▶ anschließend Optimierung durch Versuche!
- ② Beobachtung/Befragung der Bediener
  - ▶ Zusammenhänge zw. Ein-/Ausgang sind oft unbekannt
  - ▶ Bediener wird beobachtet → Eingangs- und Ausgangswerte werden notiert
- ③ aus der Analyse eines Fuzzy-Modells des Prozesses
  - ▶ aus Modell können direkt Regeln abgeleitet werden
  - ▶ relativ komplizierter Ansatz
  - ▶ erzielt bessere Ergebnisse
- ④ durch Lernen
  - ▶ menschliches Entscheiden wird simuliert
  - ▶ Erfahrung führt zu Erzeugung/Modifikation von Regeln

# Inferenzbildung

Aus fuzzifizierten Eingangswerten, der Daten- und Regelbasis muss nun ein fuzzifizierter Ausgangswert gebildet werden, diesen Schritt nennt man Inferenzbildung.

Er wird in folgende drei Teilschritte zerlegt:

- 1 Auswertung der Regelprämisse
- 2 Berechnung der Zugehörigkeitsfunktionen
- 3 Überlagerung der Zugehörigkeitsfunktionen bei mehreren Regeln

# Auswertung der Regelprämisse

## Auswertung

Es wird für jedes definierte Fuzzy-Set der Eingangsvariable die Zugehörigkeit ermittelt. Es entsteht ein Vektor der Zugehörigkeitsgrade.

$$x \rightarrow \underline{x}^* = (\mu_{negativ}(x), \mu_{null}(x), \mu_{positiv}(x))$$

→ siehe Beispiel

# Berechnung der Zugehörigkeitsfunktionen

Die Berechnung der Zugehörigkeitsfunktionen erfolgt durch die Auswertung der einzelnen Regeln.

## MIN-Methode nach MAMDANI

Hierbei wird die Zugehörigkeitsfunktion mit dem Erfüllungsgrad der Prämisse abgeschnitten:

$$\mu_{y_i'}(y) = \min(\alpha_i, \mu_{y_i}(y))$$

## Beispiel

$R_1$ : if t = kalt then l = langsam

$R_2$ : if t = warm then l = mittel

$R_3$ : if t = heiß then l = schnell

# Überlagerung der Zugehörigkeitsfunktionen

Die Auswertung jeder Regel erzeugt eine eigene Zugehörigkeitsfunktion. Um am Ende eine Defuzzifizierung durchführen zu können, ist eine Überlagerung der einzelnen Regeln notwendig.

## Aggregation mittels MAX-Operator

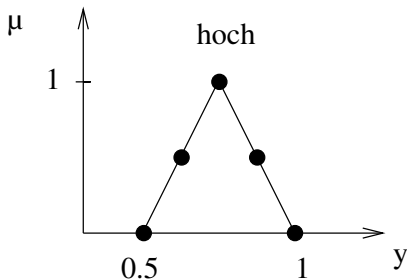
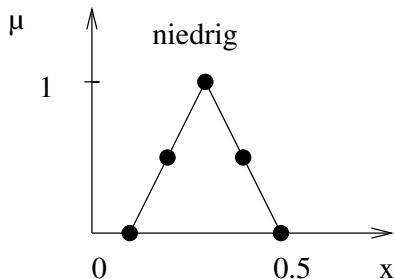
Die einzelnen Zugehörigkeitsfunktionen  $\mu_{y_i'}$  werden wie folgt zusammengefasst:

$$m(y) = \max(\mu_{y_1'}(y), \mu_{y_2'}(y), \dots, \mu_{y_n'}(y))$$

→ diese Kombination von Regelaktivierung und Überlagerung nennt man **MAX-MIN-Inferenz**

Schlußendlich ist noch eine Defuzzifizierung notwendig (siehe zweiten Teil des Vortrages).

# Inferenzbildung mittels Relationsmatrix



Diskretisierung der  
beiden Mengen:

$$X = \{0,1 \ 0,2 \ 0,3 \ 0,4 \ 0,5\}$$

$$Y = \{0,5 \ 0,6 \ 0,7 \ 0,8 \ 0,9\}$$

$R$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	0	0	0	0	0
0,2	0	0,5	0,5	0,5	0
0,3	0	0,5	1	0,5	0
0,4	0	0,5	0,5	0,5	0
0,5	0	0	0	0	0

# Fuzzy Controller vs. PID

- Fuzzy-Controller arbeitet ausschließlich statisch (dynamikfrei), d.h. er hat z.B. kein Erinnerungsvermögen.
- Um mit Hilfe eines Fuzzy-Controllers einen klassischen PID nachzubilden ist eine externe Messwertaufbereitung (d.h. Integration, Differenzierung) notwendig.
- Fuzzy-PID ist dann ein MISO-System.

# Ausblick – was noch fehlt

- alternative Methoden der Inferenzbildung (Max-Prod, ...)
- Methoden der Defuzzifizierung (Singleton, Schwerpunktmethod, ...)
- Fuzzy Controller + Neuronale Netze → Neurofuzzy
- funktionales Reglerkonzept
- ...

# Literatur



Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller – Part I

CHUEN CHIEN LEE

IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Vol. 20, No. 2,  
March/April 1990



Taschenbuch der Regelungstechnik

LUTZ, WENDT

Verlag Harri Deutsch 2005



Fuzzy Control für Ingenieure

KAHLERT

vieweg 1995