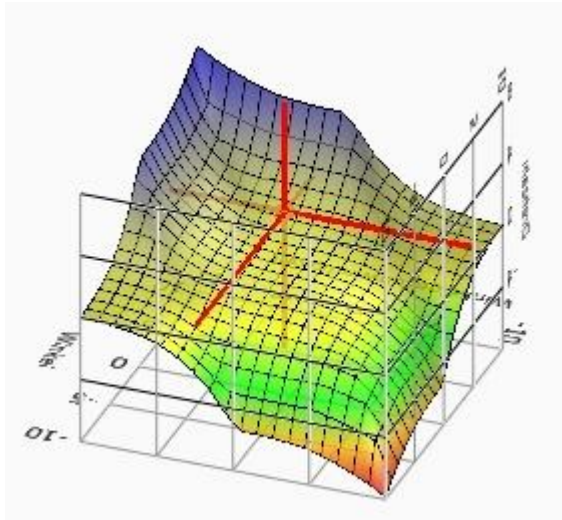




Fuzzy-Regelung am invertierten Pendel



**Regelungstechnik
im Bereich der
biomedizinischen Technik**

Dozent:

S. Schrammel

Fach:

Biomedizinische Technik (BMT)
Fakultät Maschinenbau



Allgemeines

Regler

Klassische Regler

„Moderne“ Regler

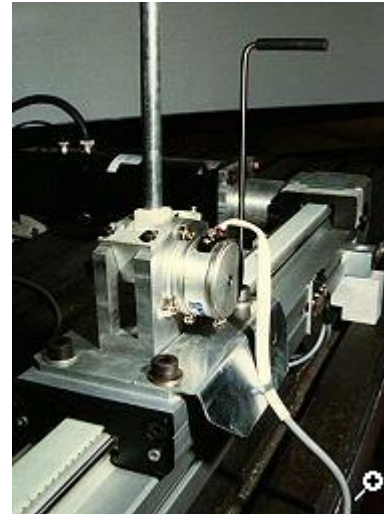
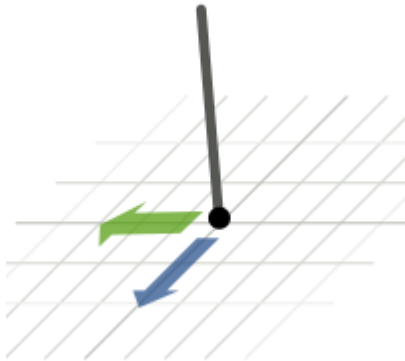
Fuzzy Regler

Fuzzifizierung

Inferenz

Defuzzifizierung

Zusammenfassung



Invertiertes Pendel

Doppelpendel



Mensch <-> Technik

Aufgabe, Eingänge, Ausgänge, Beschreibung

Balance 1989

<http://www.youtube.com/watch?v=3vpmuMHor6Q>



- PI-Regler
- PID-Regler



- Chien, Hrones und Reswick
- Ziegler-Nichols
- Nyquist

- Adaptive Regler
- Neuronale Regler
- Fuzzy Regler
- Adaptive Neuro-Fuzzy-Regler



Fuzzy – englisches Wort für vage oder unscharf

Anwendung:

Anfang 1990 findet man Fuzzy-Controller in tech. Geräten

Vorteile:

Robustes Regelverhalten

Variable Stecken

„menschliche Beschreibung“

Nachteile:

Fachwissen

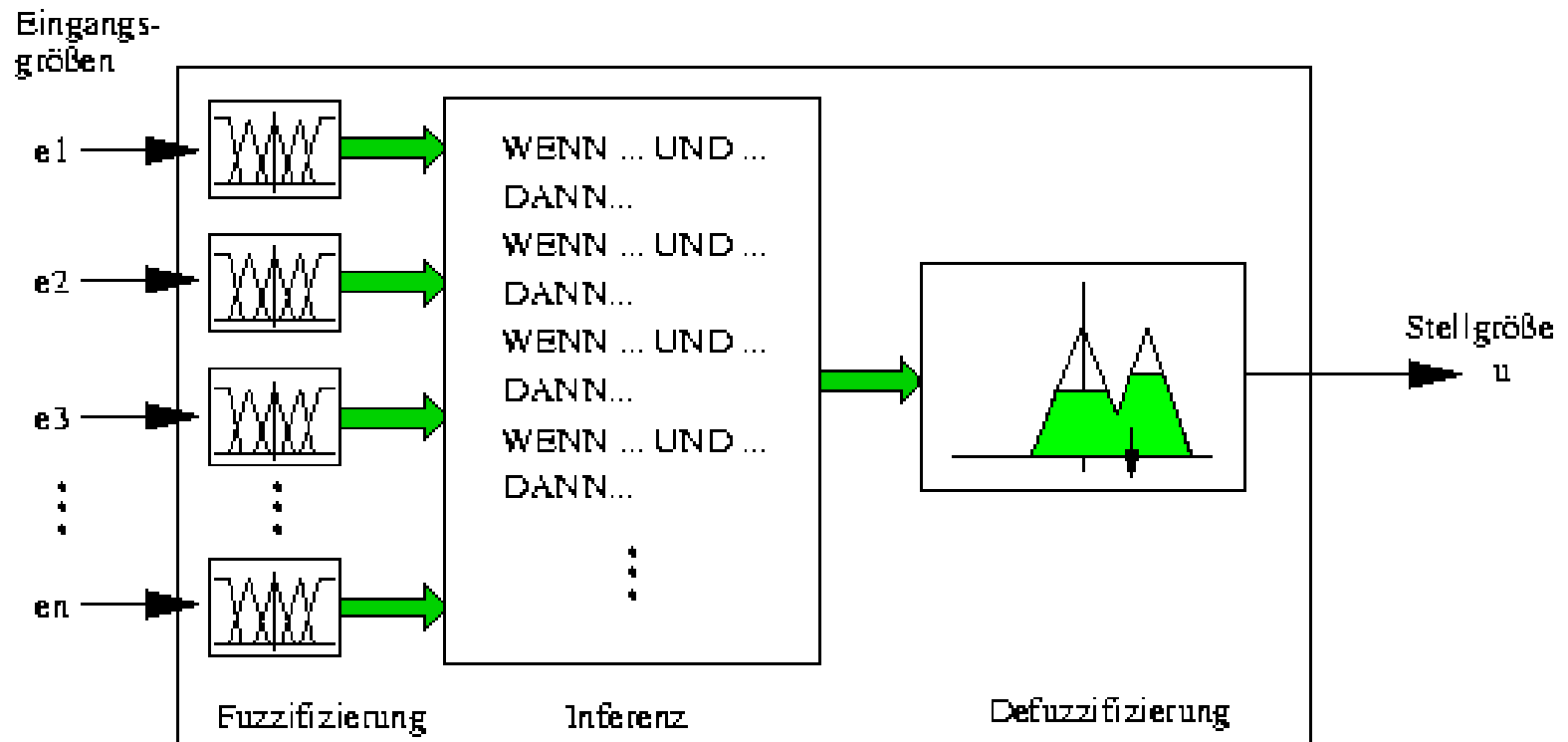
Mikrocontroller

Geschwindigkeit und Genauigkeit

große Parameterauswahl

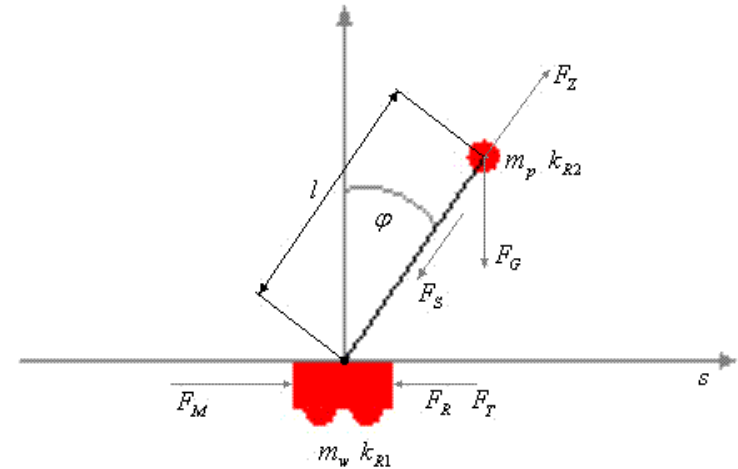
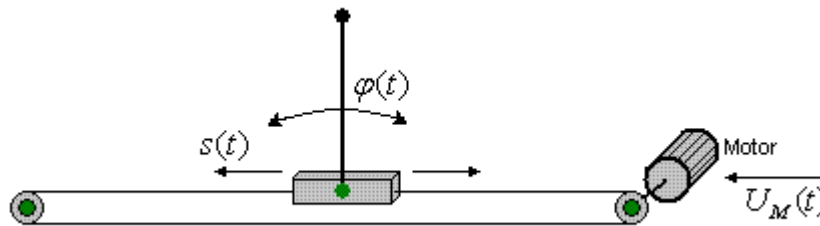


Aufbau:





Beispiel: Balance am invertierten Pendel (vereinfacht)



$$\dot{F}_M(t) = f_1 [F(t), U_M(t)] = \frac{1}{T_M} \cdot (U_M(t) \cdot K_M - F_M(t))$$

$$v(t) = \dot{s}(t) = f_2 [\dot{s}(t)] = \frac{ds(t)}{dt}$$

$$a(t) = \ddot{s}(t) = f_3 [F_M(t), \dot{s}(t), \varphi(t), \dot{\varphi}(t)] = \frac{F_M - k_{R1} \cdot \dot{s}(t) - \sin \varphi(t) \cdot m_p \cdot l \cdot \dot{\varphi}^2(t) + \sin \varphi(t) \cdot \cos \varphi(t) \cdot m_p \cdot \ddot{\varphi}(t)}{m_w + m_p \cdot \sin^2 \varphi(t)}$$

$$\omega(t) = \dot{\varphi}(t) = f_4 [\dot{\varphi}(t)] = \frac{d\varphi(t)}{dt}$$

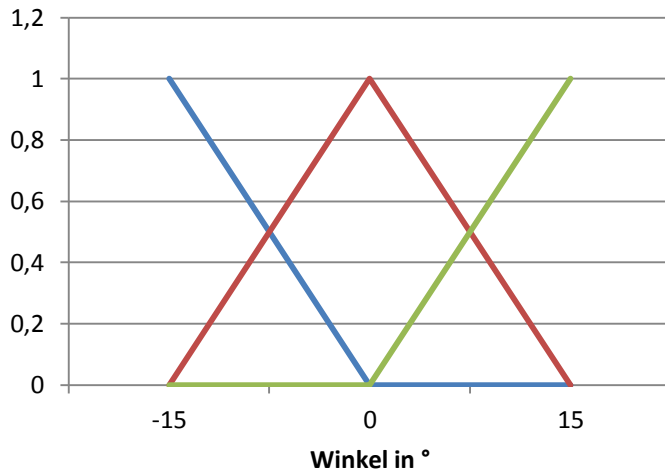
$$\alpha(t) = \ddot{\varphi}(t) = f_5 [F_M(t), \dot{s}(t), \varphi(t), \dot{\varphi}(t)] = \frac{1}{m_p \cdot l^2} \cdot (m_p \cdot g \cdot \sin \varphi(t) \cdot l - k_{R2} \cdot \dot{\varphi}(t) + m_p \cdot \ddot{s}(t) \cdot l \cdot \cos \varphi(t))$$



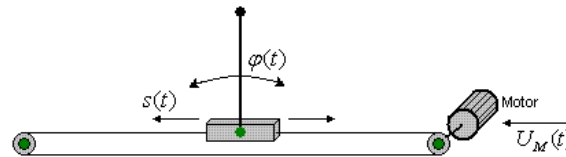
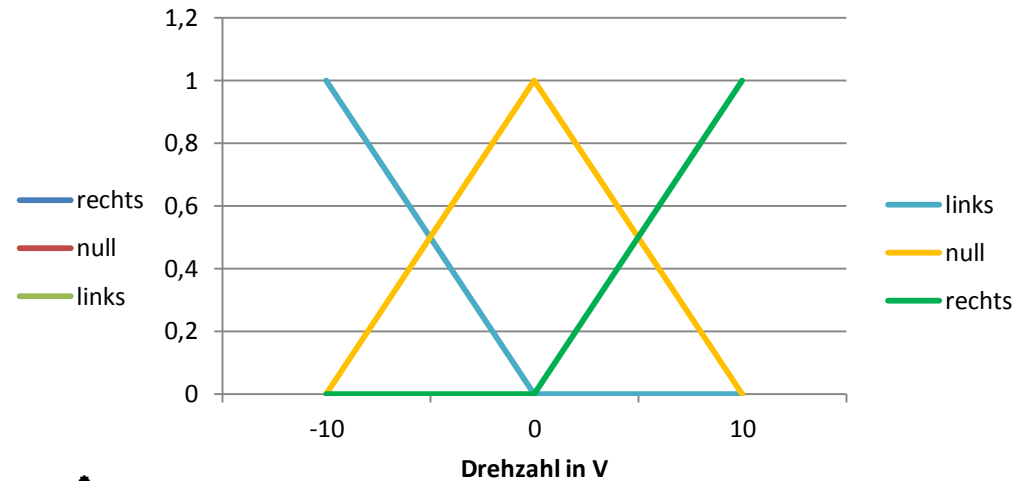
Beispiel: Balance am invertierten Pendel (vereinfacht)

Fuzzifizieren

Eingang: Winkel



Ausgang: Drehzahl





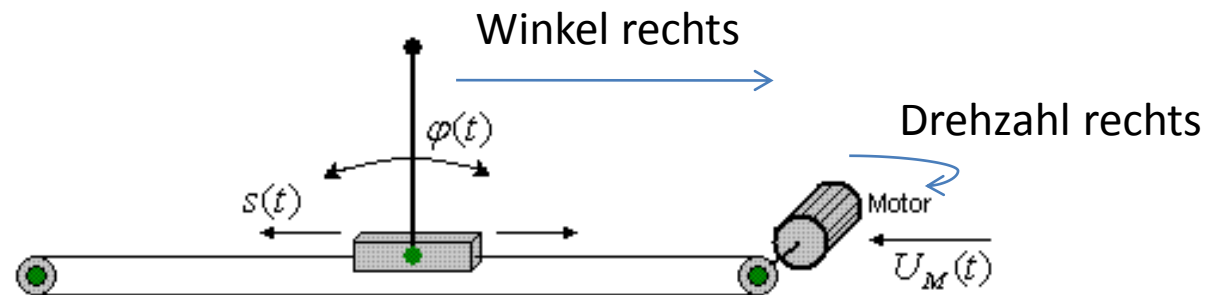
Beispiel: Balance am invertierten Pendel (vereinfacht)

Inferenz

Wenn Winkel ist rechts, dann Drehzahl ist rechts

Wenn Winkel ist null, dann Drehzahl ist null

Wenn Winkel ist links, dann Drehzahl ist links

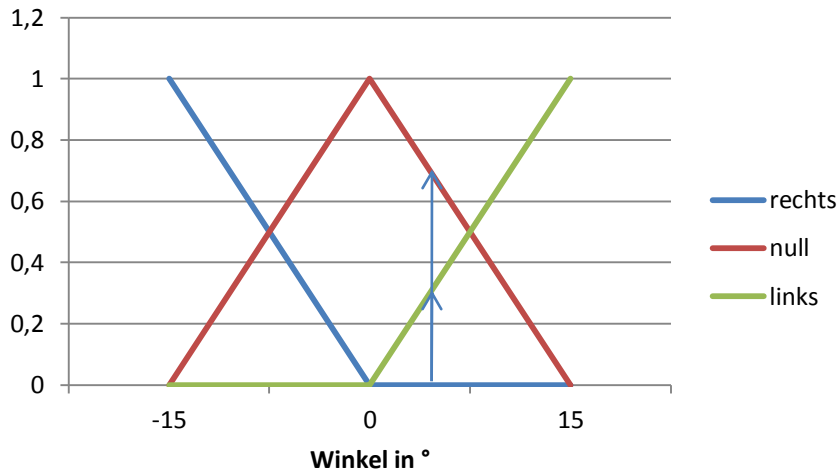




Beispiel: Balance am invertierten Pendel (vereinfacht)

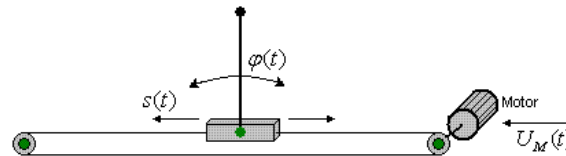
Defuzzifizieren (Winkel etwa 5°)

Eingang: Winkel



Wenn Winkel ist null,
dann Drehzahl ist null

Wenn Winkel ist links,
dann Drehzahl ist links

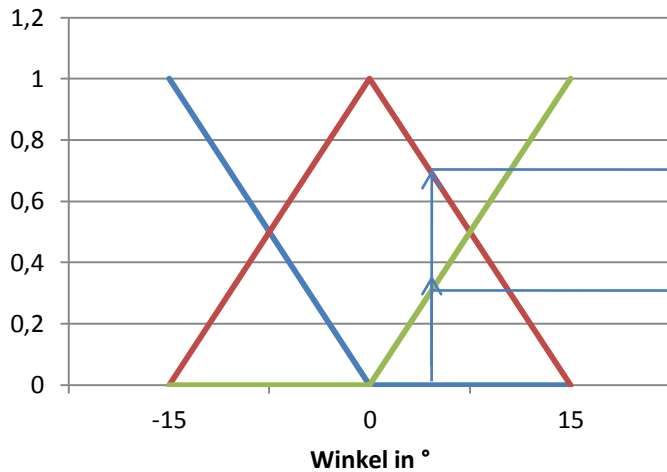




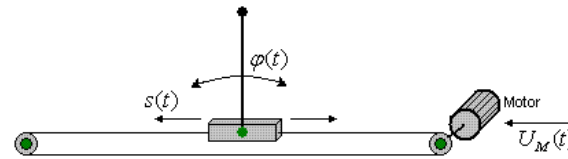
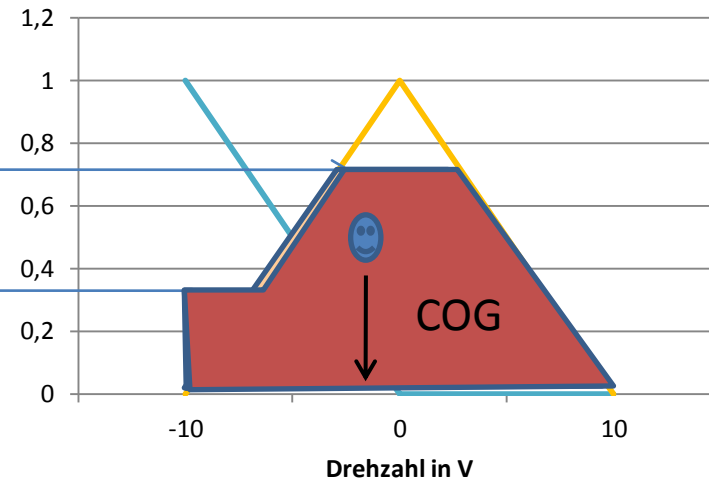
Beispiel: Balance am invertierten Pendel (vereinfacht)

Defuzzifizieren (Winkel etwa 5°)

Eingang: Winkel



Ausgang: Drehzahl



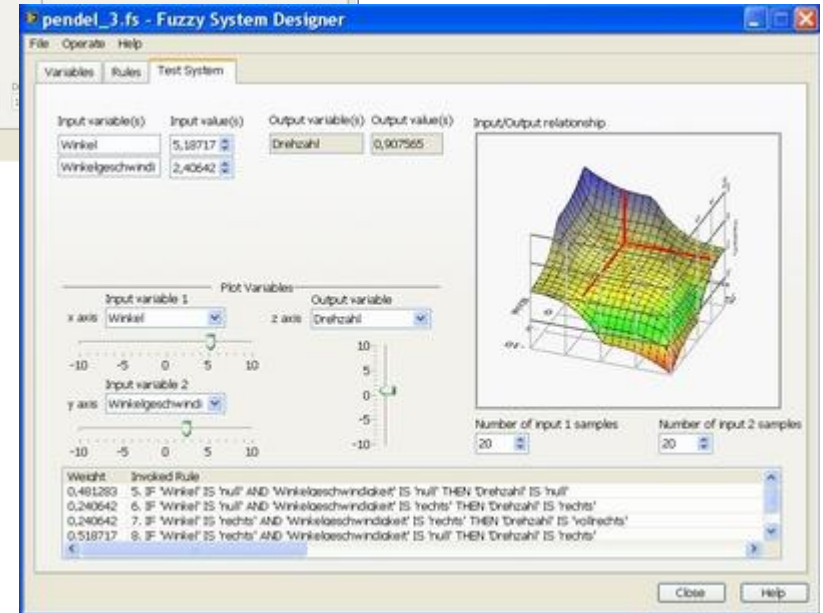
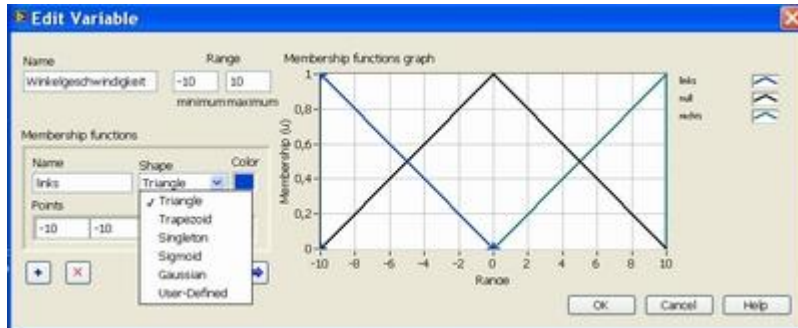
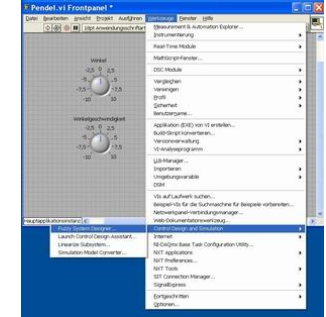
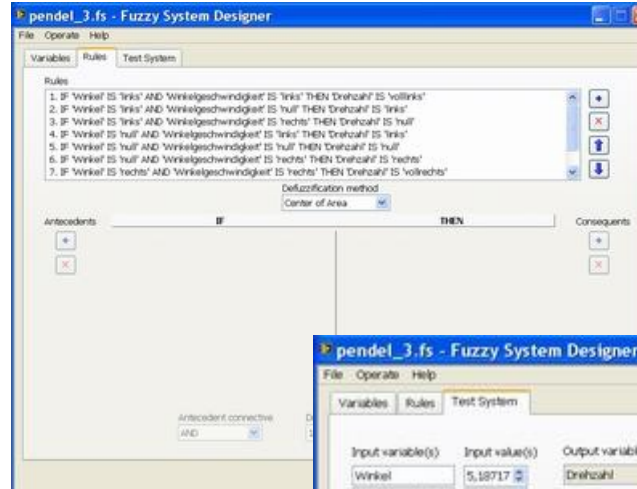
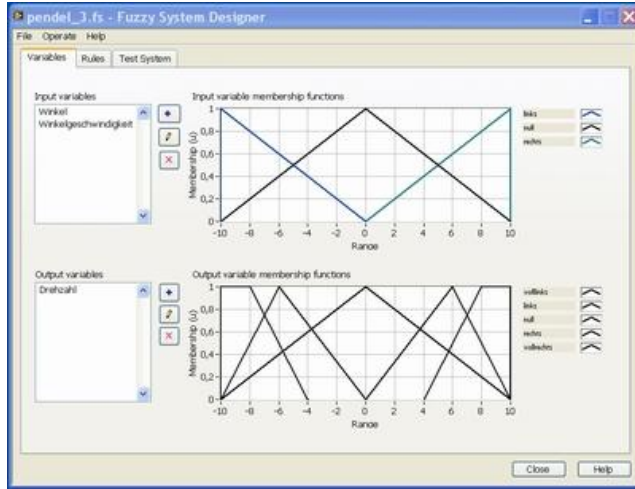
COG

(Center of Gravity)

Ausgang: -2V

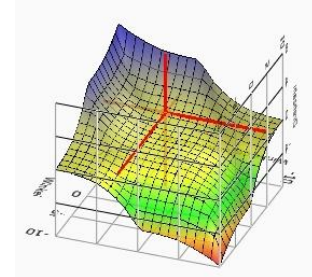
The image displays the MATLAB 7.7.0 (R2008b) environment with several windows open for designing a fuzzy inference system (FIS) for a pendulum control.

- Command Window:** Shows the startup sequence for the Simulation Interface ToolKit (SIT) Version 2010, including adding patches and starting the SIT Server on port 6011.
- FIS Editor: Pendel_3:** Shows a block diagram with two input membership functions (Winkel and Winkelgeschwindigkeit) feeding into a central FIS block (Pendel_3), which outputs a defuzzified value (Drehzahl).
- Membership Function Editor: Pendel_3 (Winkel):** Shows a graph with three fuzzy membership functions: 'rechts' (right), 'null' (zero), and 'links' (left). The x-axis ranges from -10 to 10.
- Membership Function Editor: Pendel_3 (Winkelgeschwindigkeit):** Shows a graph with three fuzzy membership functions: 'vorne' (front), 'null' (zero), and 'hinten' (back). The x-axis ranges from -10 to 10.
- Rule Editor: Pendel_3:** Lists nine fuzzy rules. For example, Rule 1: "If (Winkel is rechts) and (Winkelgeschwindigkeit is links) then (Drehzahl is null) (1)".
- Surface Viewer: Pendel_3:** Displays a 3D surface plot of the fuzzy inference system's output, showing the relationship between the two inputs and the output Drehzahl.





Aufgrund der Komplexität ist die Programmierung und Einarbeitung aufwendig.



Empfehlung:

Falls die Strecke gleich bleibt und mathematisch beschreibbar ist, sind die klassischen Regler zu bevorzugen.

Programmierwerkzeuge:

LabView, Matlab und Amira

Spez. Literatur:

Diplomarbeit (1996): Max Heckner

Fuzzy-Control, Regelung eines invertierten Pendels mit Fuzzy-Logik