

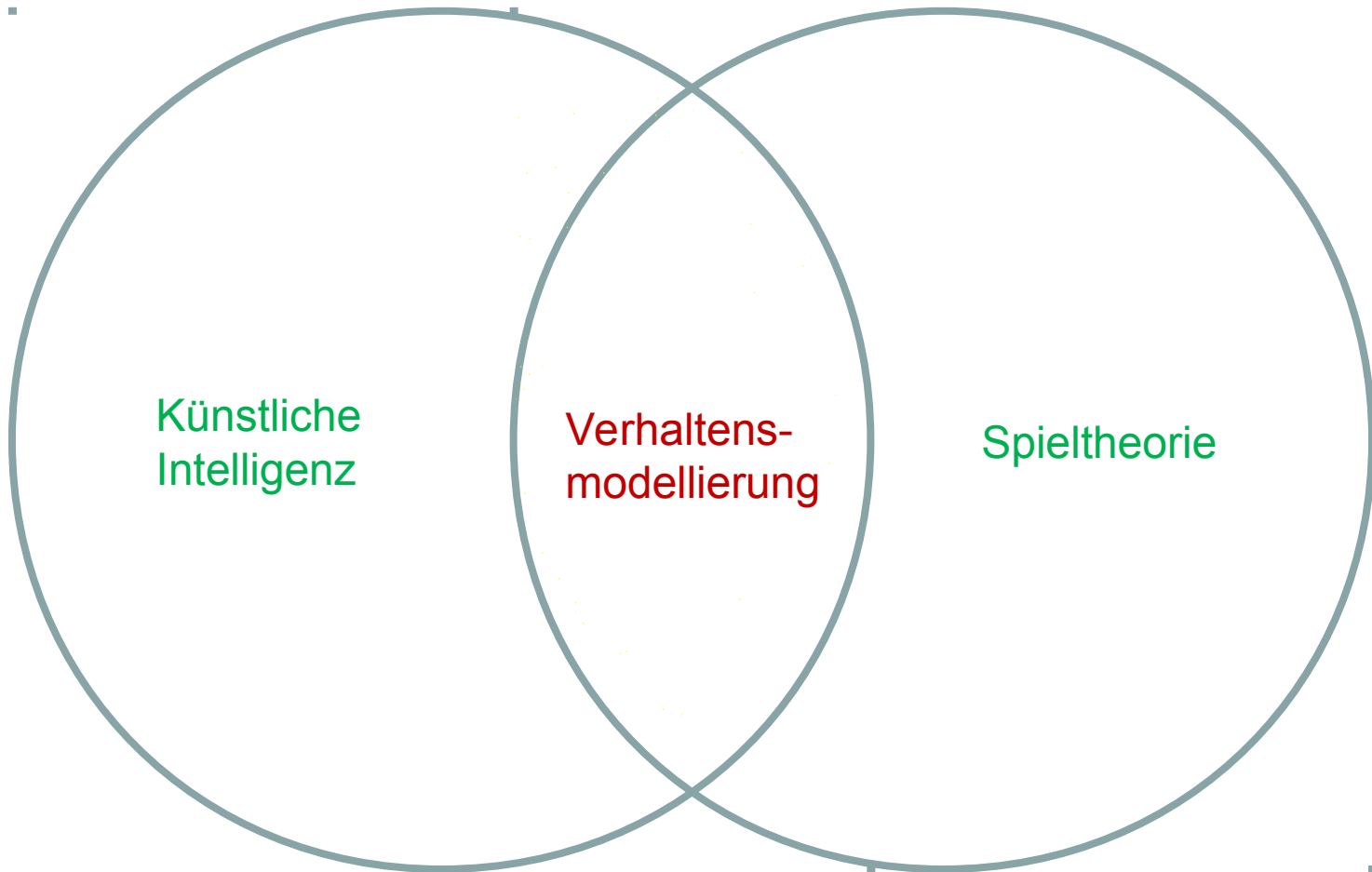
Künstliche Intelligenz und Spieltheorie

Dietrich Balzer, Frieder Sieber

Leibniz-Institut für interdisziplinäre Studien

Inhalt des Vortrags

- Zusammenwirken von Künstlicher Intelligenz und Spieltheorie
- Spieltheorie in der schöngeistigen Literatur
- Optimierung von emergenten Systemen unter Anwendung von Künstlicher Intelligenz und Spieltheorie



Künstliche
Intelligenz

Verhaltens-
modellierung

Spieltheorie

Definitionen

Künstliche Intelligenz

- Nachbildung des menschlichen Denkprozesses
- Phänomenologische Modelle (Lernfähige regelbasierte Systeme)
- biologische Modelle (Künstliche neuronale Netze)

Spieltheorie

- Fällen von Entscheidungen zur Verwirklichung der eigenen Ziele
- Wechselwirkungen zwischen den Zielen und den Entscheidungen der verschiedenen Spieler
- Strategische Spiele, Glücksspiele

Emergente Systeme

- hohe Komplexität und Dimension
- komplizierte Kopplung von Material-, Energie- und Kommunikationsströmen
- begrenzte Vorhersagbarkeit und Modellierbarkeit

Künstliche Intelligenz und Spieltheorie als wissensbasierte Methoden

	Wissensform	Wissens- gewinnung	Wissens- verarbeitung
Künstliche Intelligenz	Quantitatives Oberflächen- und Tiefenwissen	Mathematische Modellierung, Erfahrungswissen	Simulation, Logik Echtzeitfähigkeit notwendig
Spieltheorie	Assoziatives Oberflächenwissen, Faktenwissen, Regeln	Spielregeln, Kognitive Psychologie	Gedankenexperimente, Echtzeitfähigkeit wünschenswert

Die Spieltheorie in der schönggeistigen Literatur

Motivation und Algorithmus des Spielprozesses:

F. Dostojewski: Der Spieler

S. Zweig: Schachnovelle

V. Nabokov: Lushins Verteidigung

Motivation

- Erzielung von Erträgen bzw. Gewinnen
- Lust am Spielen
- Freude an der Schönheit des Spielverlaufes
- Spieltrieb des Menschen
- Gefühl der Überlegenheit
- Lösung strategischer Konflikte

Mögliche Vorgehensweise der Spieler

- Spielen als Schuft oder als Gentleman
- Spielen für andere
- Spielen mit Verzögerung
- Den Spielvorgang nicht sehr beachten
- Vom Spiel nicht viel erwarten
- Anwendung der kognitiven Psychologie
- Gefahr der „Spielerkrankheit“
- Koordinierung und Berücksichtigung der Interessen aller Spieler

**Optimierung von emergenten Systemen
unter Anwendung von Künstlicher Intelligenz
und Spieltheorie**

Polyoptimierung als Brücke zwischen Künstlicher Intelligenz und Spieltheorie

$$I(x, u) = \{f_{01}(x, u), f_{02}(x, u), \dots, f_{0m}(x, u)\}$$

$$f_{0i}(x, u) \rightarrow \max_u$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$u_{i \text{ opt}} = \arg \max_u f_{0i}(x, u)$$

$$u_{1 \text{ opt}} \neq u_{2 \text{ opt}} \neq \dots \neq u_{m \text{ opt}}$$

$f_{0i}(x, u)$ – Teilziel Funktion

$I(x, u)$ – Gesamtziel Funktion

$f_{0i}(x, u)$ – Teilziel Funktion

x – Prozessparameter

u – Steuergröße

Lösung von Polyoptimierungsaufgaben

- Aufgabenstellung im Sinne der klassischen Optimierungstheorie nicht korrekt
- Überführung in eine klassische Optimierungsaufgabe mit skalarer Zielfunktion
- Bestimmung einer Kompromissmenge (Paretomenge): Wenn mit keiner Variation von der Wert einer beliebigen Zielfunktion erhöht werden kann, ohne gleichzeitig den Wert der anderen zu verringern

$$f_{0i}(x, u) \quad u^{opt}$$

**Überführung in eine
klassische Optimierungsaufgabe
mit skalarer Zielfunktion**

Auswahl des wichtigsten Kriteriums

$$I(x, u) = f_{0k}(x, u) \rightarrow \max_u$$

$$f_{0i}(x, u) = c_i$$

$$i = 1, 2, \dots, k-1, k+1, \dots, m$$

Einführung von Wichtungskoeffizienten

$$I(x, u) = \sum_{i=1}^m \alpha_i f_{0i}(x, u) \rightarrow \max_u$$

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$$

$$\alpha_i \geq 0$$

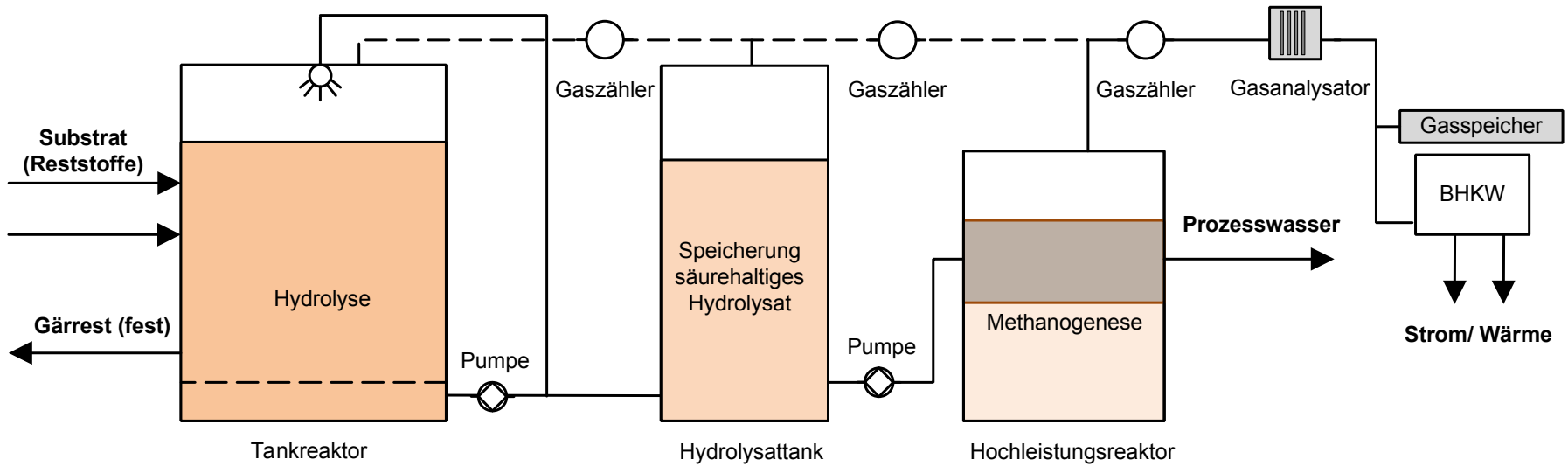
Bildung globaler Abstandsmasse

$$I(x, u) = \sum_{i=1}^m \left[f_{0i^{opt}}(x, u) - f_{0i}(x, u) \right]^{\eta} \rightarrow \min_u$$

$$\eta \geq 0$$

**Anwendungsbeispiel:
Optimale Projektierung und Steuerung
von verteilten mobilen Biogasanlagen**

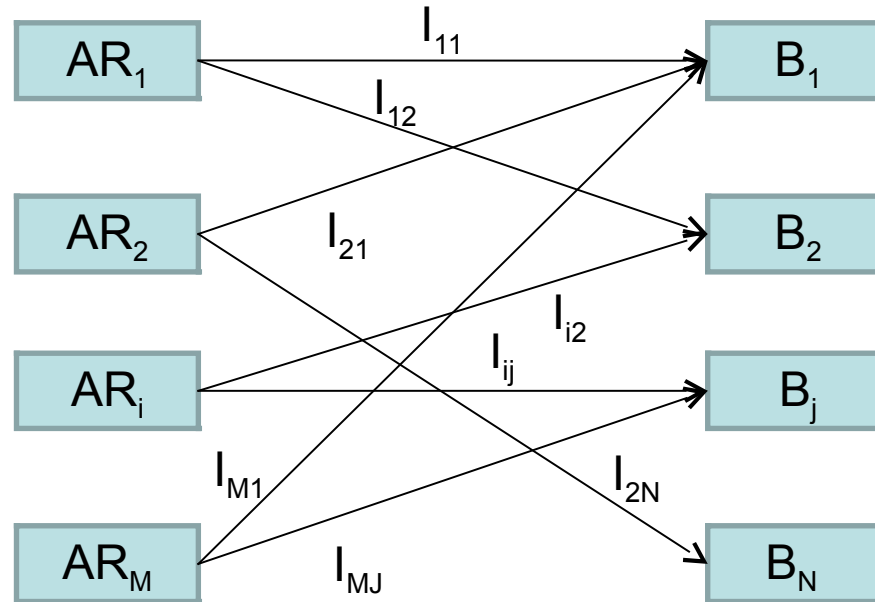
Struktur der mobilen Biogasanlage



Außenansicht der mobilen Biogasanlage



Allgemeine Transportstruktur



AR_j - Abfall- und Reststoffe, M – Anzahl der Sammelpunkte

B_j - Biogasanlagen, N – Anzahl der Anlagen

I_{ij} - Transportierte Menge an Abfall-und Reststoffen von i nach j

Optimierungsalgorithmus

$$G = \sum_{i=1}^m \alpha_i G_i \rightarrow \max_u$$

$$G_i = (E_i - A_i) \overrightarrow{K_i, Ort_i(t), I_{ij}(t), u_i(t)} \max$$

$$\sum_i I_{ij}(t) \leq I_j(t)$$

$$E_i = P_{Gas} \int_0^T V_i [K_i, I_{i1}(t), \dots, I_{ij}(t), \dots, I_{iM}(t)] dt$$

$$A_i = P_i \int_0^T \left[\sum_j I_{ij}(t) \right] dt + P_T \int_0^T \left[\sum_j \int_0^{L_j} I_{ij}(t, l) dl \right] dt + Montage_i + Demontage_i$$

$$A_i = P_i \int_0^T \left[\sum_j I_{ij}(t) \right] dt + P_T \int_0^T \left[\sum_j \int_0^{L_j} I_{ij}(t, l) dl \right] dt + Montage_i + Demontage_i$$

$$E_i = P_{Gas} \int_0^T V_i \left[K_i, I_{i1}(t), I_{i2}(t), \dots, I_{ij}(t), \dots, I_{iM}(t) \right] dt$$

P_{Gas} - Gaspreis

P_i - Preis des i-ten Substrats

$Montage_i, Demontage_i$ - Kosten für Montage, Demontage, Transport der i-ten Horizontalfermenter-Anlage

P_T - Transportkosten/km

L_j - Transportweg des j-ten Substrats

T - Optimierungszeitraum (z.B. 1Jahr)

V_i - Produzierte Gasmenge/Zeiteinheit

$V_i \left[K_i, I_{i1}(t), I_{i2}(t), \dots, I_{ij}(t), \dots, I_{iM}(t) \right]$ - Mathematisches Modell der i-ten Anlage

- Auswahl der Koeffizienten α_i durch Spieltheorie und Coaching
- Lösung der Optimierungsaufgabe

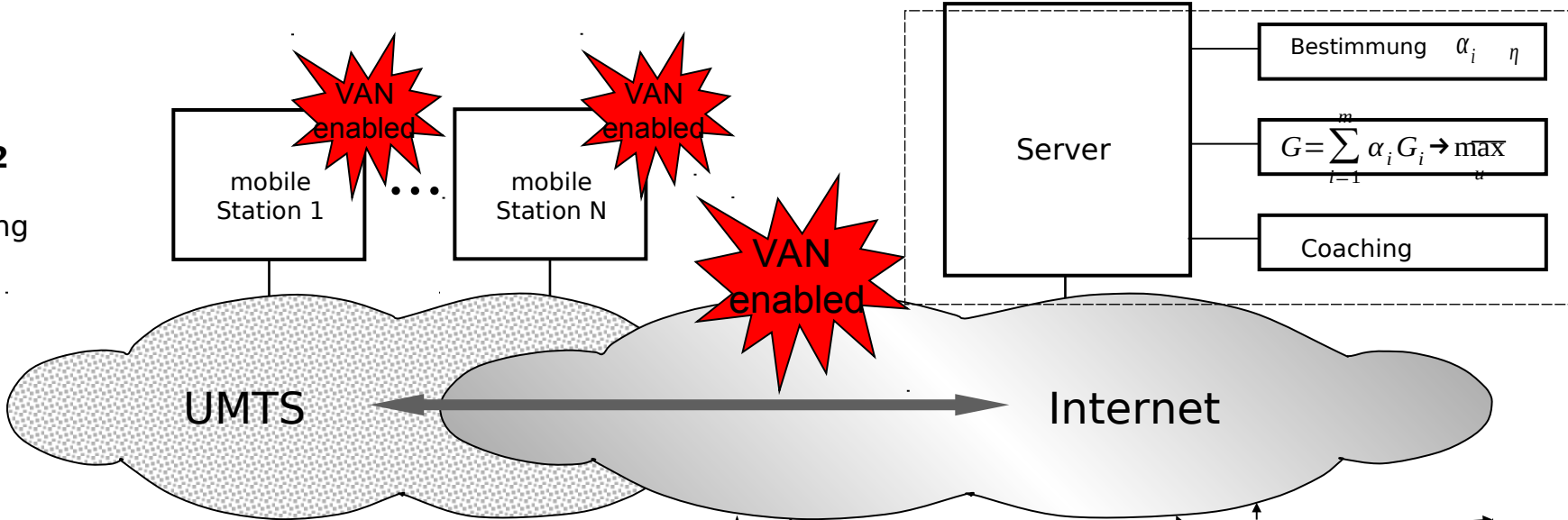
$$G = \sum_{i=1}^m \alpha_i G_i \rightarrow \max_u$$

durch Künstliche Intelligenz und algebraische Methoden

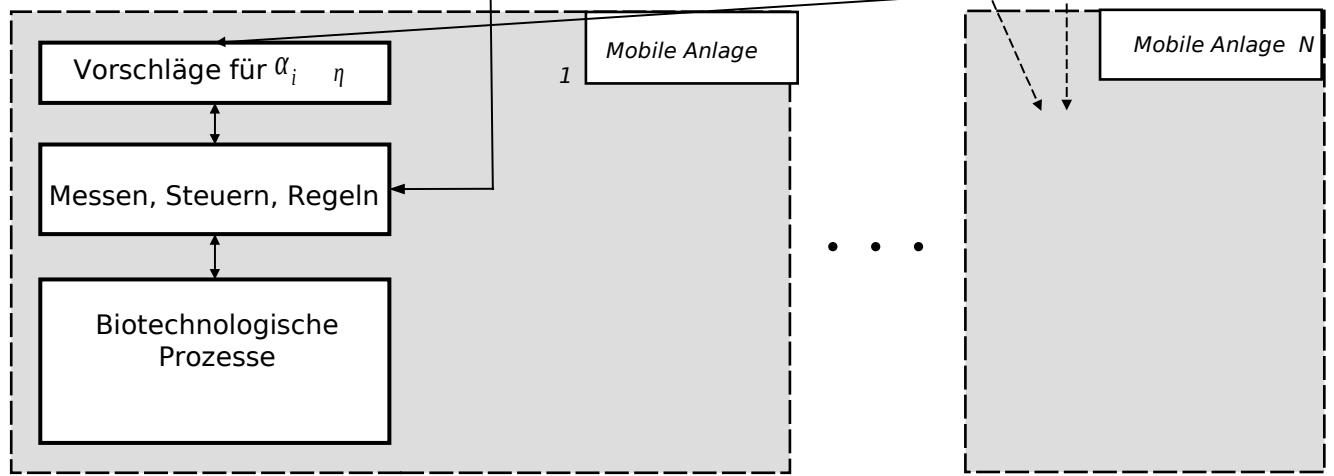
Struktur der zentralen Steuerung

Operatorzentrum

Ebene 2
Zentrale
Steuerung



Ebene 1
Dezentrale
Steuerung
geografisch verteilter
mobilen Anlagen



Coaching und Spieltheorie als Methoden für die Bestimmung von α_i

Lösung von Interessenkonflikten zwischen den Verantwortlichen für die einzelnen mobilen Biogasanlagen

Ursachen der Konflikte:

- angenommene oder tatsächliche Konkurrenz
- Verfahrensinteressen
- psychologischen Interessen
- Eigeninteressen, Eigennutz

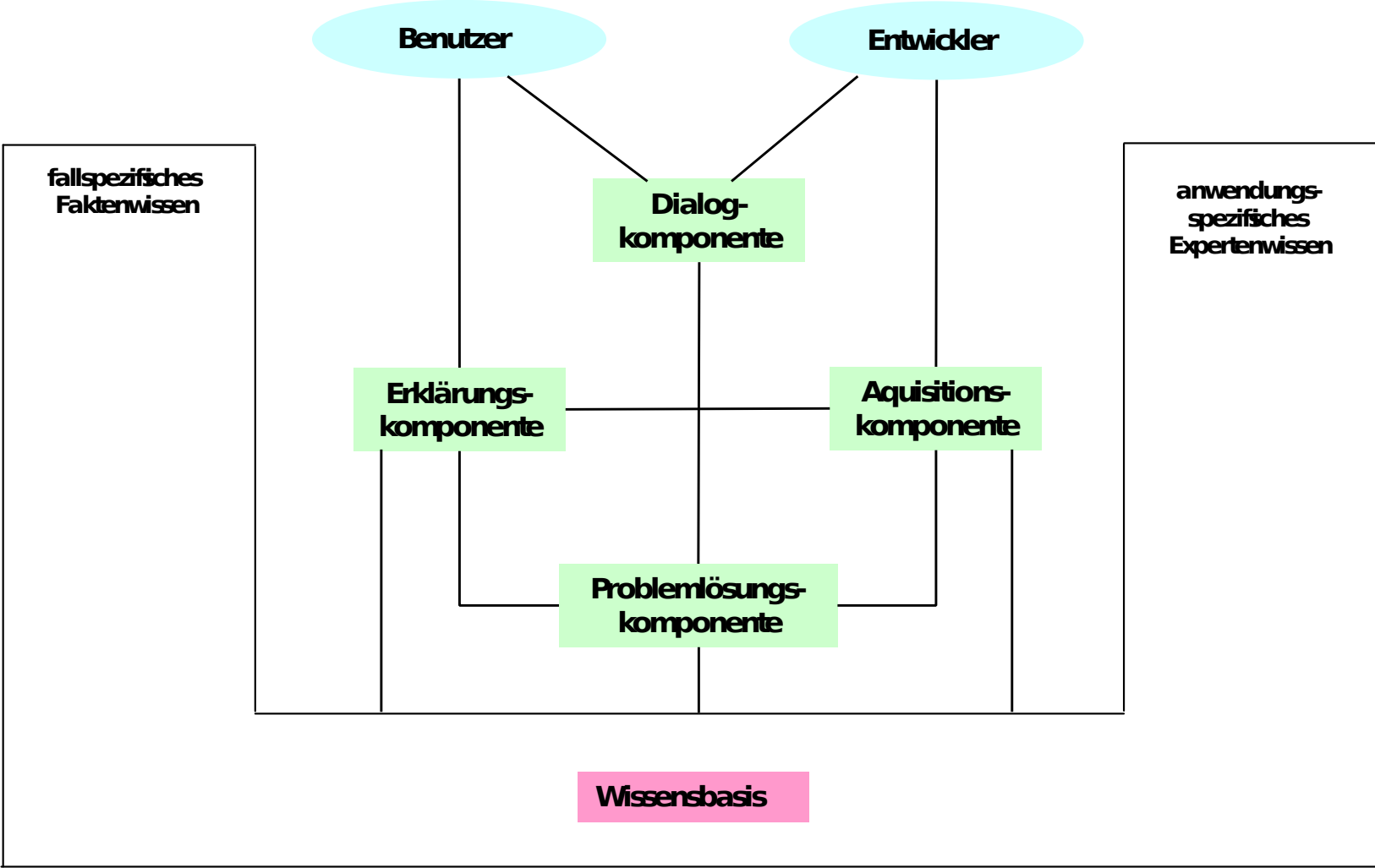
Mögliche Interventionen:

- Positionen stehen im Vordergrund, daher auf Interessen und Bedürfnisse eingehen
- Suche nach objektivierbaren Kriterien
- Suche nach Wegen, die Optionen und Ressourcen zu erweitern
- Suche nach umfassenden Lösungen, die den Interessen und Bedürfnissen besser entsprechen
- Aushandeln von globaleren Lösungen
- Gerechtigkeitsaspekte ansprechen

Künstliche Intelligenz für die Lösung der Optimierungsaufgabe

$$G = \sum_{i=1}^m \alpha_i G_i \rightarrow \max_u$$

Grundarchitektur von Expertensystemen



Regelbasierte Systeme

Wenn Temperatur im Bioreaktor unter 25 Grad Celsius
oder höher als 35 Grad Celsius
dann Durchführung einer Prozessoptimierung

Wenn Ortswechsel der Anlage
dann Neufestlegung der Struktur
und der Komponenten