



Lehrstuhl für Informations- und Automatisierungssysteme
für die Prozess- und Werkstofftechnik



FG Materialwissenschaften und Werkstofftechnik



Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik

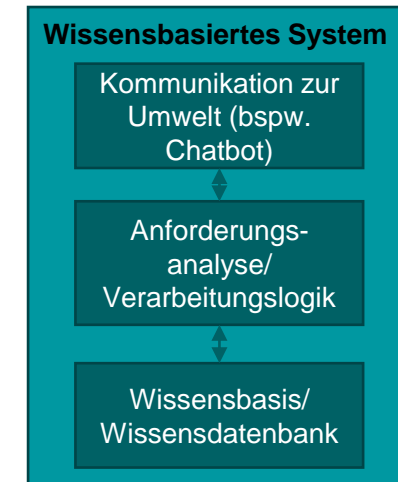


Wissensbasierte Systeme in der Prozessautomatisierung

Sommerkolloquium 2022

Automatisiertes lösen von Steuerungsaufgaben im Produktionsumfeld auf Basis von wissensbasierten Systemen

- Ziel:
 - Automatisiertes lösen von Steuerungsaufgaben im Produktionsumfeld auf Basis von wissensbasierten Systemen (wS)
- Herausforderung:
 - Interpretation der Problemstellung
 - Geeignete Methodenauswahl zum lösen von Steuerungsaufgaben im Produktionsumfeld
- Lösungsansatz:
 - Kommunikationsmöglichkeit zur Umwelt ermöglichen
 - Verarbeiten der Problemstellung auf Basis eines wissensbasierten Systems
 - Nutzen von Problemlösungsmethoden, die in der Wissensbasis hinterlegt sind



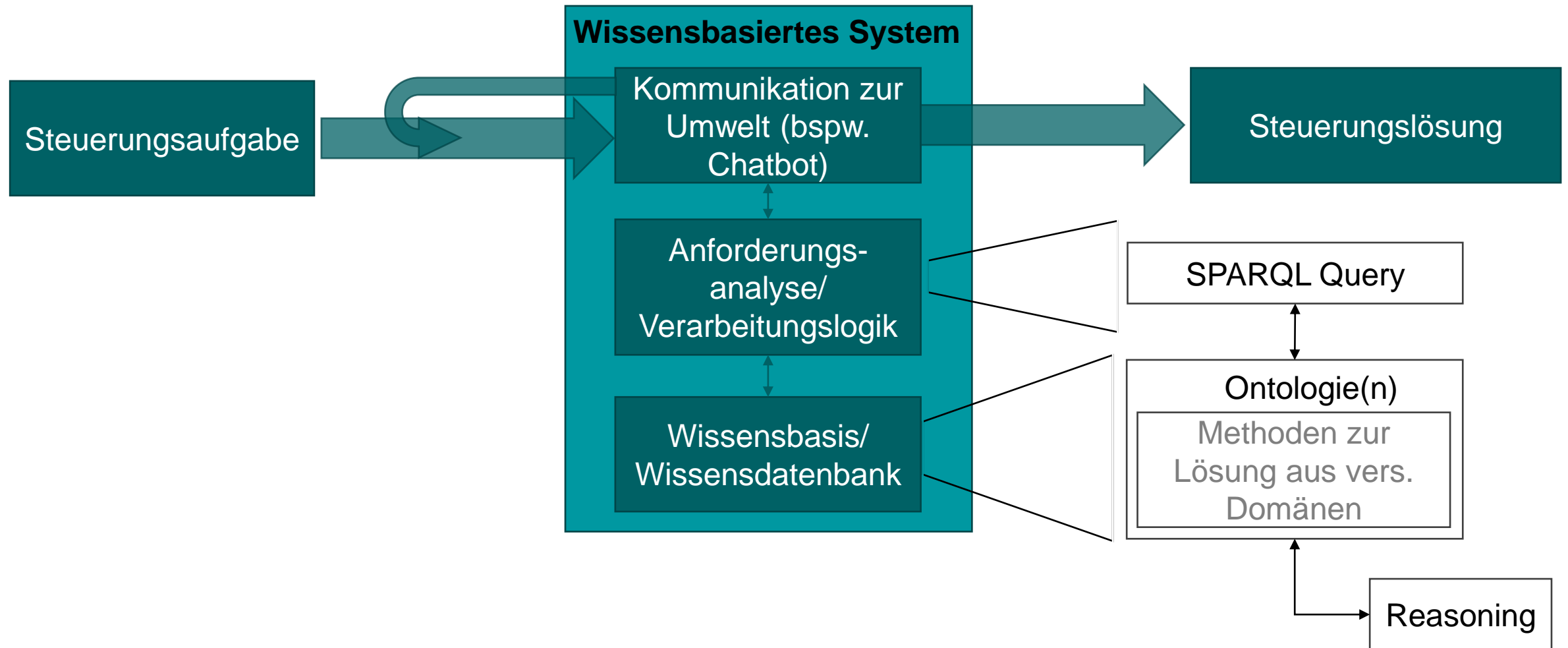
Motivation: Problemstellungen/Steuerungsaufgaben im Produktionsumfeld

Schwerpunkt der Problemstellungen in der industriellen Produktion bzw. im Anlagenbetrieb:

- Wie ist ein bestimmtes Produkt in einer Batch-Anlage herzustellen?
- Wie kann die Kapazität im Pumpwerk ausgenutzt werden?
- Kann die Qualität eines Produktes verbessert werden?
- ...



Architektur eines wissensbasierten Systems



- Wissensquellen:
 - Dokumente (Text, Word)
 - Diagramme (Visio)
 - Datenbanken (Excel, SQL)
 - Semantisches Netz

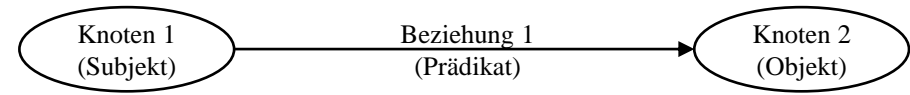


Ontologie

- Repräsentiert (Domänen-) Wissen sowie deren Beziehungen innerhalb der Menge von Begriffen
- Ontologie-Editor: Protégé
 - Editor für OWL Ontologien
 - Inferenz (Schlussfolgern) mit Hilfe von Reasonern
 - SPARQL Queries

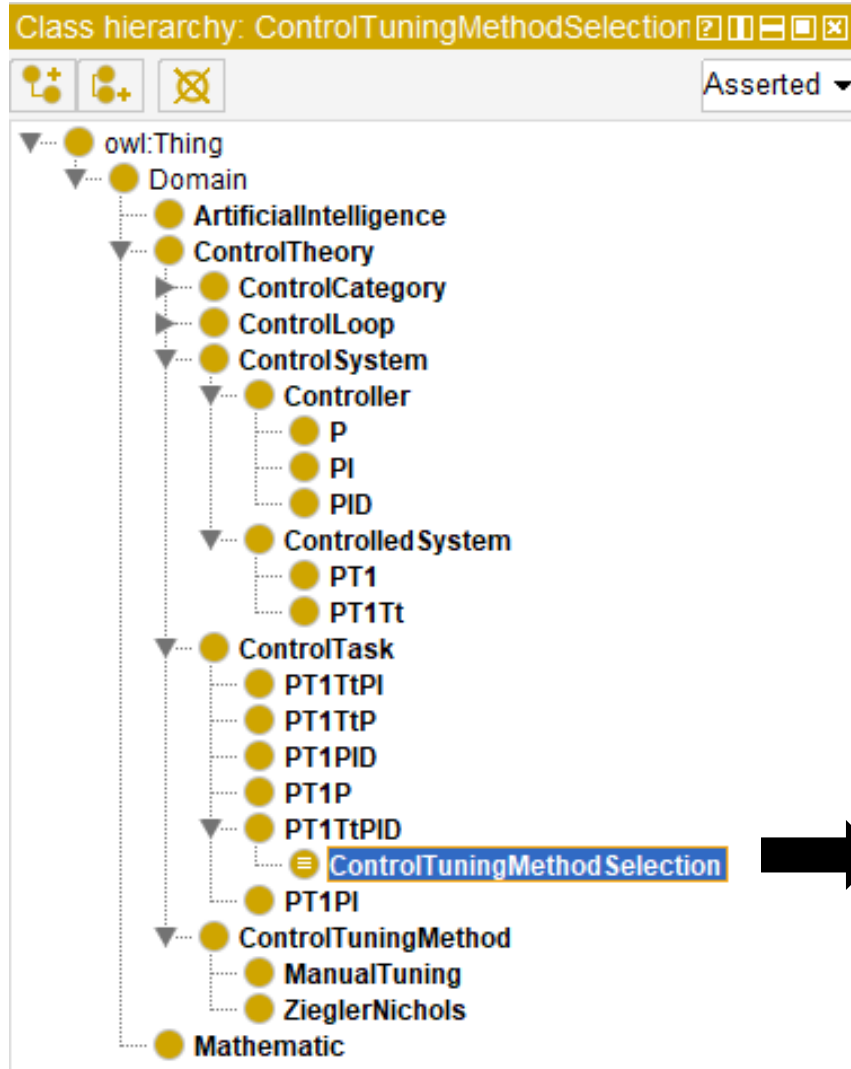
Darstellung von Repräsentationssystemen

- Resource Description Framework (RDF)
 - Standardisiertes universal Modell zur Repräsentation von Daten und ihren Bedeutungen
 - Dargestellt als: Subjekt, Prädikat und Objekt → bilden einen RDF-Graphen



- Klassen sind Kategorien (Typen eines Dinges „Things“)
- Eine Klasse besteht aus einer Menge von Individuen (Instanzen)
 - Subjekt oder Objekt können Klassen oder Instanzen sein (RDF triple)
 - Prädikat beschreibt
 - Beziehung zwischen Klassen/Instanzen und Klassen/Instanzen (object property – relationship between two things)
 - Beziehung zwischen Klassen/Instanzen und Daten (data property – attributes of one thing)

Klassenhierarchie einer Wissensbasis zur Prozesssteuerung in Protégé



- Vorteile:

- Strukturiertes und vereinfachtes erstellen von Wissen durch Ontologien
- Ermöglicht Wiederverwendung von Domänenwissen
- Explizite Darstellung von Domänenannahmen
- Gemeinsames Verständnis der Struktur von Informationen zwischen Menschen und Maschinen

- Durch Inferenz (Schlussfolgerung) mit Hilfe des Reasonings kann eine Methodenauswahl ermöglicht werden

SPARQL – Protokoll und Query Language

- Triple pattern mit Variablen
 - Triple patterns „matchen“ die triple in der Wissensbasis
 - Ergebnis des Triple-Abgleichs erzeugt eine Tabelle

Liste der abzugleichenden Variablen

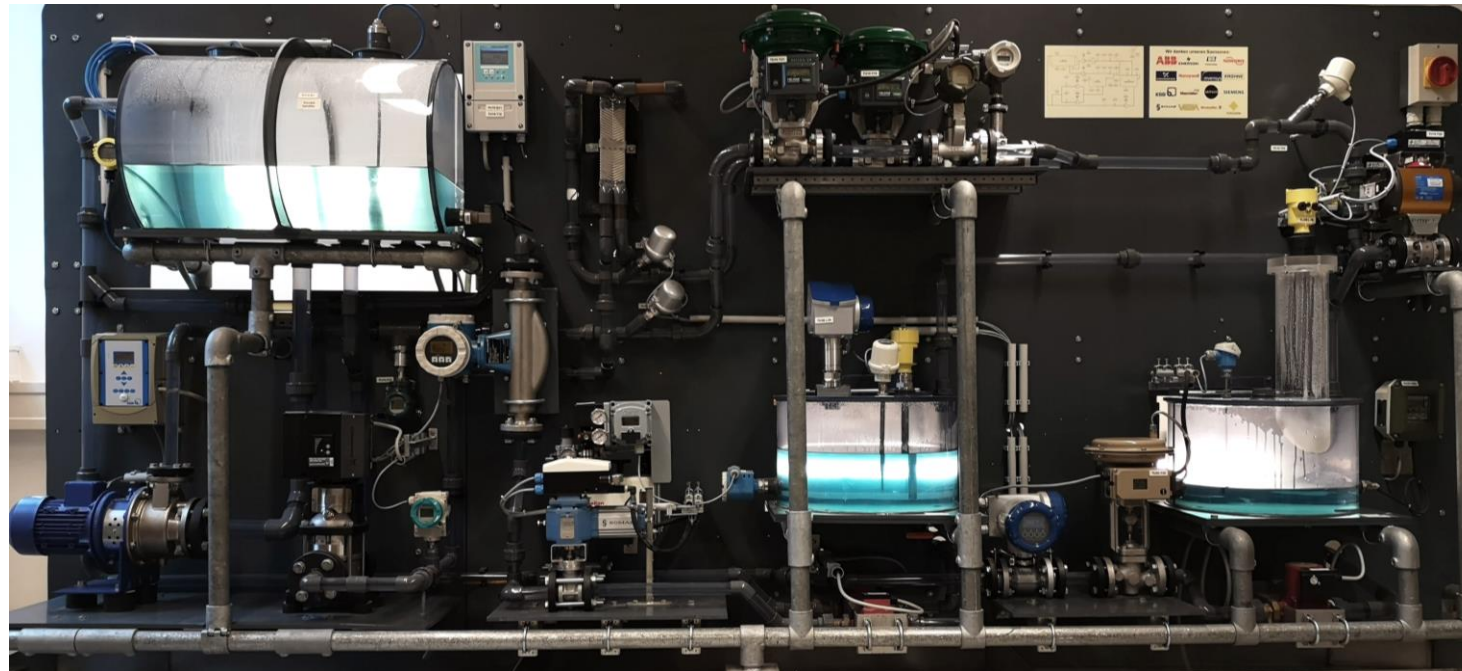
```
SELECT ?object
WHERE {
  ControlTuningMethodSelection rdfs:subClassOf ?object
}
```

Abzugleichendes triple pattern

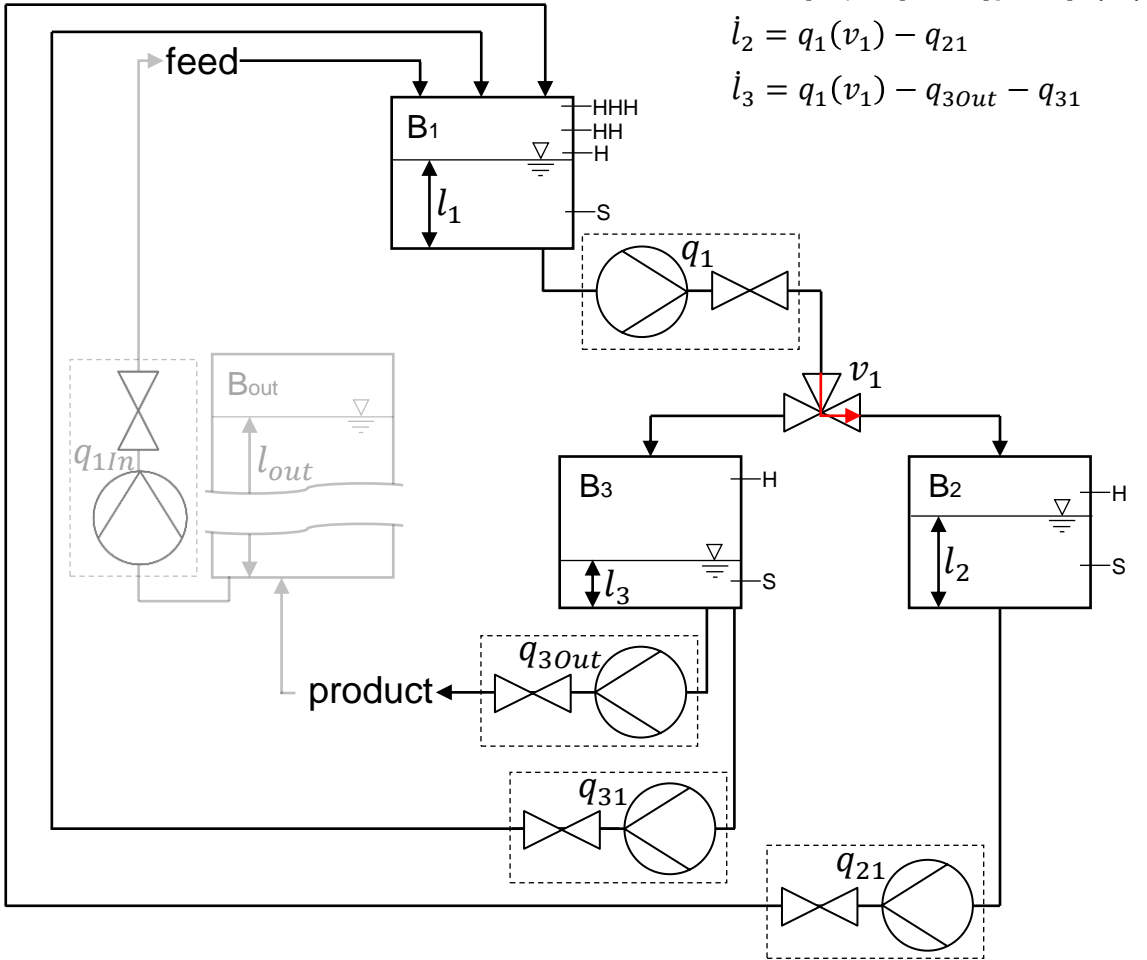
- Ändern der Wissensbasis möglich (DELETE, INSERT)

Running-Example (Versuchsbeispiel): „Kläranlage“

- Nachbilden einer realen Anlage als Ansatz zur Weiterentwicklung
- Prozess-/ Produktionsaufgabe: Zustandswechsel der Anlage (Überlastverhalten)
- Methodenauswahl zum Lösen der Steuerungsaufgabe anhand des wissensbasierten Systems



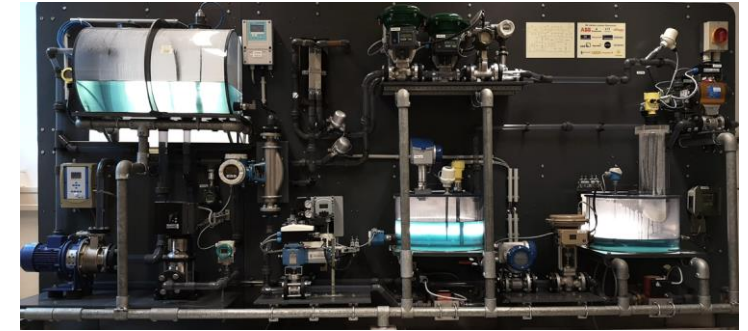
Versuchsbeispiel: P&ID „Kläranlage“



$$\dot{l}_1 = q_{1In} + q_{21} + q_{31} - q_1(v_1)$$

$$\dot{l}_2 = q_1(v_1) - q_{21}$$

$$\dot{l}_3 = q_1(v_1) - q_{3Out} - q_{31}$$



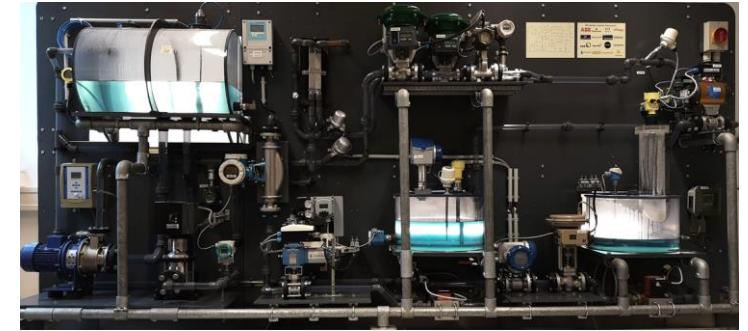
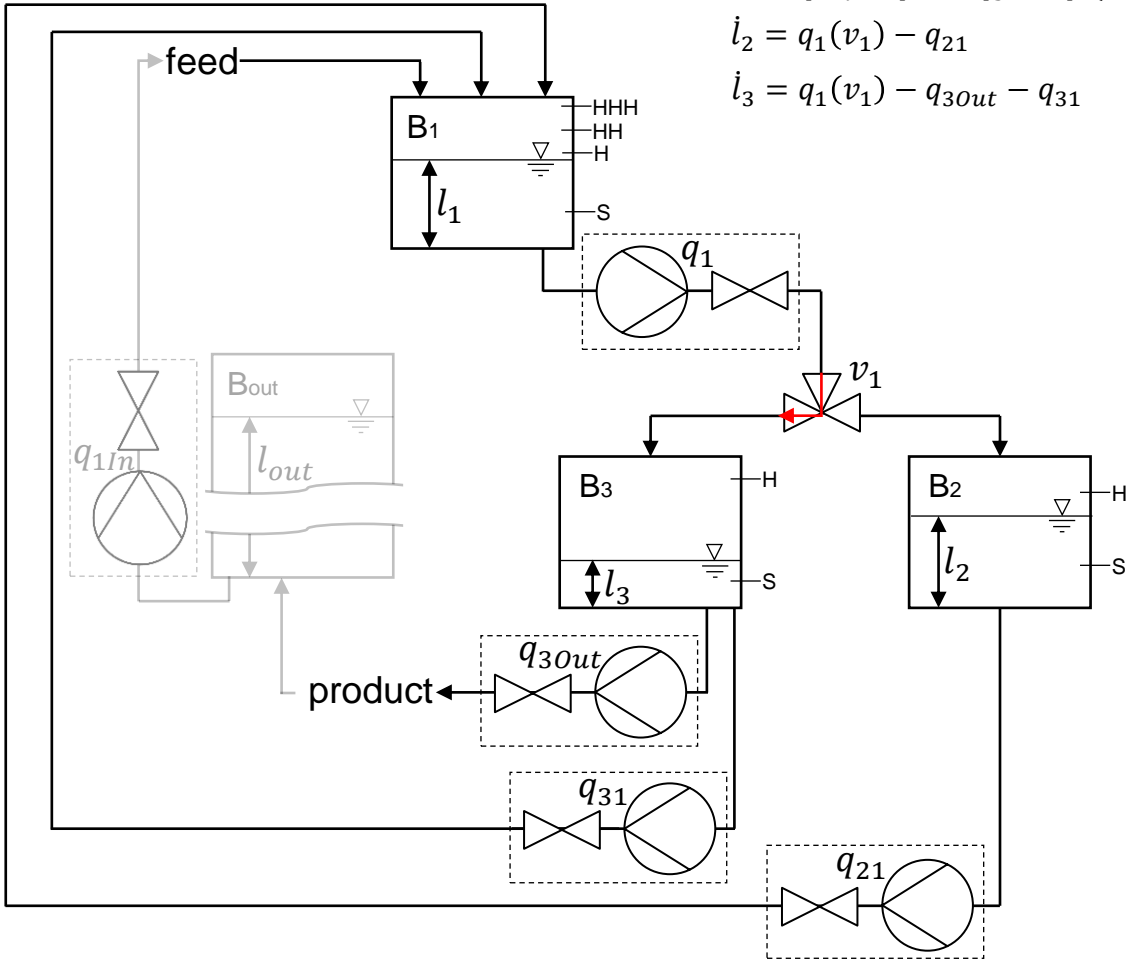
Determinismus:

- $v_1 = 0 \rightarrow q_{12} = 0$
- $v_1 = 1 \rightarrow q_{13} = 0$
 - Eine Leitung immer geöffnet und andere immer geschlossen ($q_1 = 0 \rightarrow$ alle Leitungen geschlossen)

Randbedingungen:

- Verweilzeit in B_3 : $T_{B3} = \frac{l_3 A_3}{q_{3Out}} \geq T_{min}$
- $l_3 > H \rightarrow v_1 = 0$
- $l_3 < S \rightarrow q_{31}, q_{3Out} = 0$
- $l_2 \geq H \rightarrow v_1 = 1$
- $q_{1In} \leq q_{1In, max}$

Versuchsbeispiel: P&ID „Kläranlage“



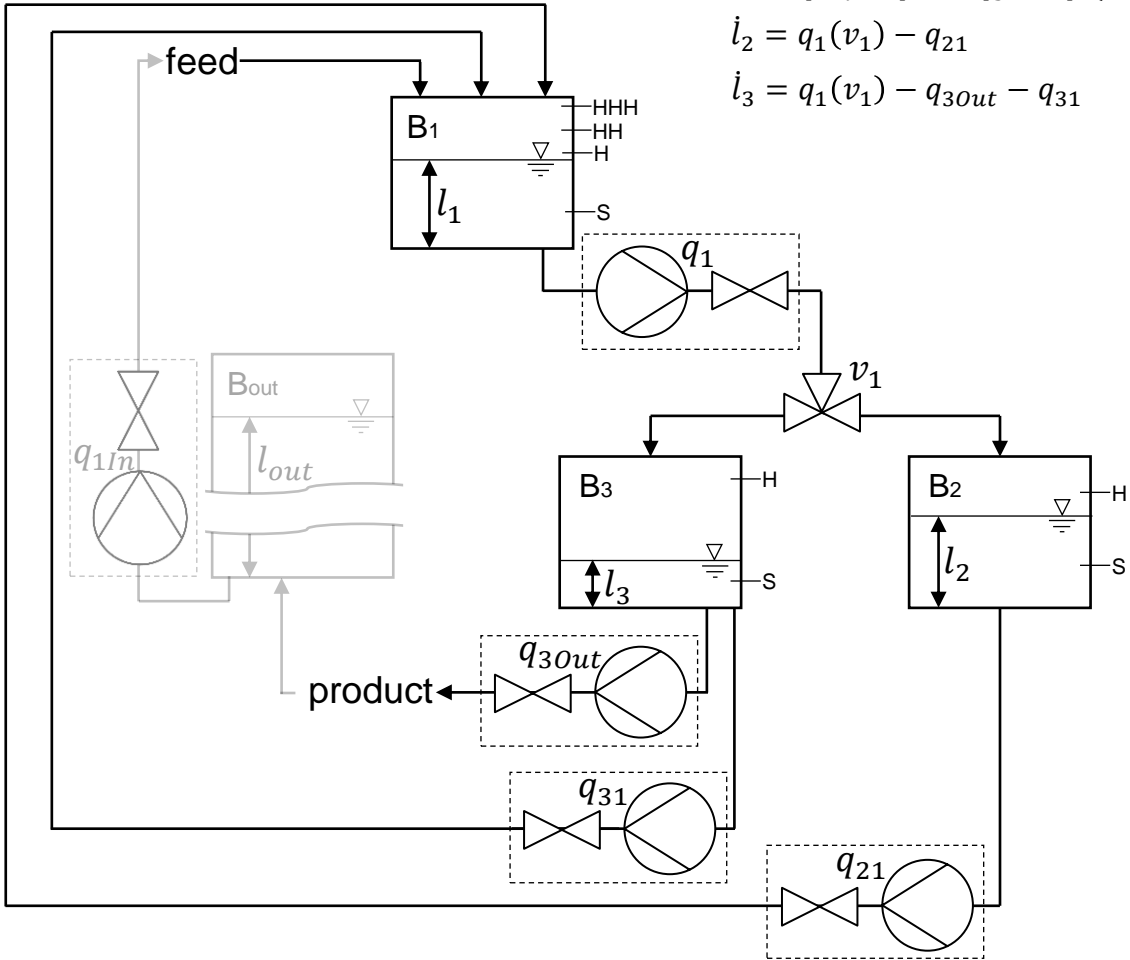
Determinismus:

- $v_1 = 0 \rightarrow q_{12} = 0$
- $v_1 = 1 \rightarrow q_{13} = 0$
 - Eine Leitung immer geöffnet und andere immer geschlossen ($q_1 = 0 \rightarrow$ alle Leitungen geschlossen)

Randbedingungen:

- Verweilzeit in B_3 : $T_{B3} = \frac{l_3 A_3}{q_{3Out}} \geq T_{min}$
- $l_3 > H \rightarrow v_1 = 0$
- $l_3 < S \rightarrow q_{31}, q_{3Out} = 0$
- $l_2 \geq H \rightarrow v_1 = 1$
- $q_{1In} \leq q_{1In, max}$

Versuchsbeispiel: P&ID „Kläranlage“



$$\dot{l}_1 = q_{1In} + q_{21} + q_{31} - q_1(v_1)$$

$$\dot{l}_2 = q_1(v_1) - q_{21}$$

$$\dot{l}_3 = q_1(v_1) - q_{3Out} - q_{31}$$

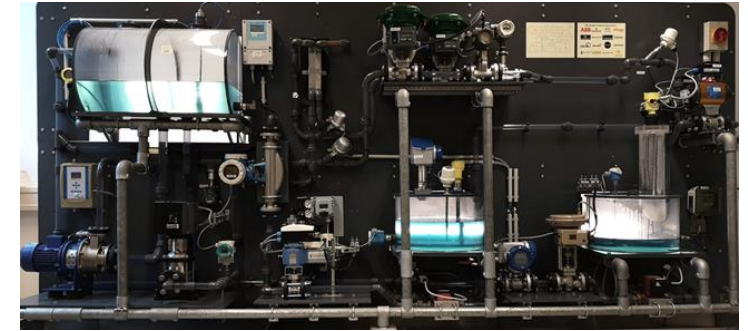
Szenarien: (Trajektorien)

- **Normalbetrieb (1):**

$$l_3 = Const. = l_{3B}$$

$$l_1 \rightarrow l_{1min} = l_{1B}$$

$$l_2 \rightarrow l_{2min} = l_{2B}$$



- **Belastungsspitze (2):** (B3 & B1 abpuffern)

$$q_{1In} \rightarrow q_{1In,max}$$

$$l_1 \geq H \Rightarrow l_3 \rightarrow H$$

$$l_1 \geq HH \wedge l_3 \geq H \Rightarrow B_1 \rightarrow B_2: (v_1 = 1)$$

$$l_2 \geq H \Rightarrow q_1 = 0$$

- **Zurück in Normalbetrieb (3):** von (2) \rightarrow (1)

- **Anfahren (4):** $l_1, l_2, l_3 = 0 \rightarrow$ (1)

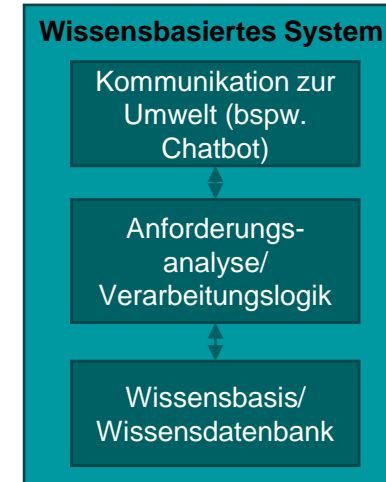
- **Dürre (5):** $q_{1In} \leq q_{1,min}, 0$

- **Zurück zu Normalbetrieb (6):** von (5) \rightarrow (1)

- **Abfahren (7):** $l_1, l_2, l_3 \rightarrow 0$

Anforderungen an die Kommunikationsmöglichkeit mit Hilfe eines Chatbots

- Ein-/Ausgabe von Wissen
- Inspektion der Wissensbasis
- Abfrage zur Wissensverifikation
- Eingabe der Steuerungsaufgabe
- Anpassen der Steuerungsaufgabe
- Ausgabe des Lösungsansatzes zur Steuerungsaufgabe



Ziel des wissensbasierten Systems im Produktionsumfeld

- Automatisches lösen von Steuerungsaufgaben
 - Wissen wächst stetig!
 - Ist vorhandenes Wissen ausreichend?
 - Wie viel Wissen wird benötigt?
 - Wie ist die Steuerungsaufgabe zu formulieren?
 - Sind geeignete Methoden vorhanden?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Michael Winter

Telefon: +49 241 80-97709

E-Mail: m.winter@plt.rwth-aachen.de

Lehrstuhl für Informations- und Automatisierungssysteme
für die Prozess- und Werkstofftechnik
RWTH Aachen University