

Entropie eines Wirtschaftssystems

Modellierung

Daniel Meiborg | März 2023

Agenda

- Anforderungen
- Modelle
 - Agentenbasierter Markov-Prozess
 - Diffusionsbasierter Markov-Prozess
 - Entropiebasiertes Wirtschaftssystem
 - Markup Sprache
 - Atomare Operationen
- Fazit
- Ausblick

Anforderungen

- Ungefähre Modellierung eines Wirtschaftssystems
- Berechnung von (Shannon-) Entropie
- Wenn möglich: 2. Hauptsatz der Thermodynamik

Agentenbasierter Markov- Prozess

Beschreibung

- Annäherung an Idealtypus
- Zustände werden mithilfe eines Markov-Prozesses modelliert
- Modellierung von einzelnen Institutionen als Agenten

Ablauf Konstruktion

- Agentenbasiertes Modell aufstellen
- Modell zu Markov-Prozess umwandeln
- $H(X_n)$ berechnen
- Ausgleichsterme einbauen

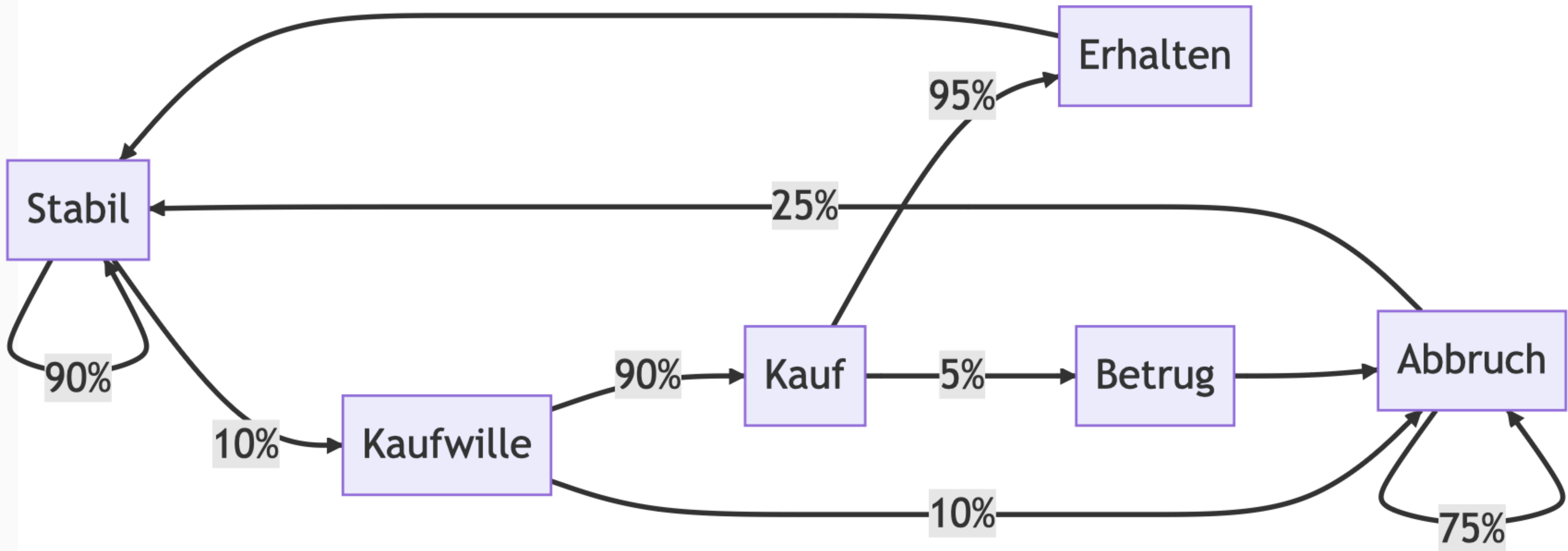
Entropie

- Wahrscheinlichkeitsverteilung X_n mit gegebenen X_0

Beispiel

graph LR

Stabil -->|10%| Kaufwille
Stabil -->|90%| Stabil
Kaufwille -->|90%| Kauf
Kaufwille -->|10%| Abbruch
Kauf -->|95%| Erhalten
Kauf -->|5%| Betrug
Erhalten --> Stabil
Betrug --> Abbruch
Abbruch -->|25%| Stabil
Abbruch -->|75%| Abbruch



Vorteile

- Relativ nah an tatsächlichem Wirtschaftssystem *bei guter Umsetzung*

Probleme

- Agenten sind extrem schwierig oder gar nicht zu modellieren
- Der Markov-Prozess ist in der Regel nicht doppelt statistisch
- Die meisten Parameter sind willkürlich
- => Ergebnisse sind kaum aussagekräftig

Diffusionsbasierter Markov- Prozess

Beschreibung

- Vergleichbar mit agentenbasierten Markov-Prozessen
- Statt Agenten werden diskrete Differentialgleichungen verwendet

Ablauf Konstruktion

- Diffusionsgleichungen aufstellen
- Zu Markov-Prozess umwandeln
- $H(X_n)$ berechnen
- Ausgleichsterme einbauen

Entropie

- Gleich wie bei agentenbasierten Markov-Prozessen
- Wahrscheinlichkeitsverteilung X_n mit gegebenen X_0

Beispiel

graph LR

Staat-->|Soziale Dienstleistungen|Arbeiter

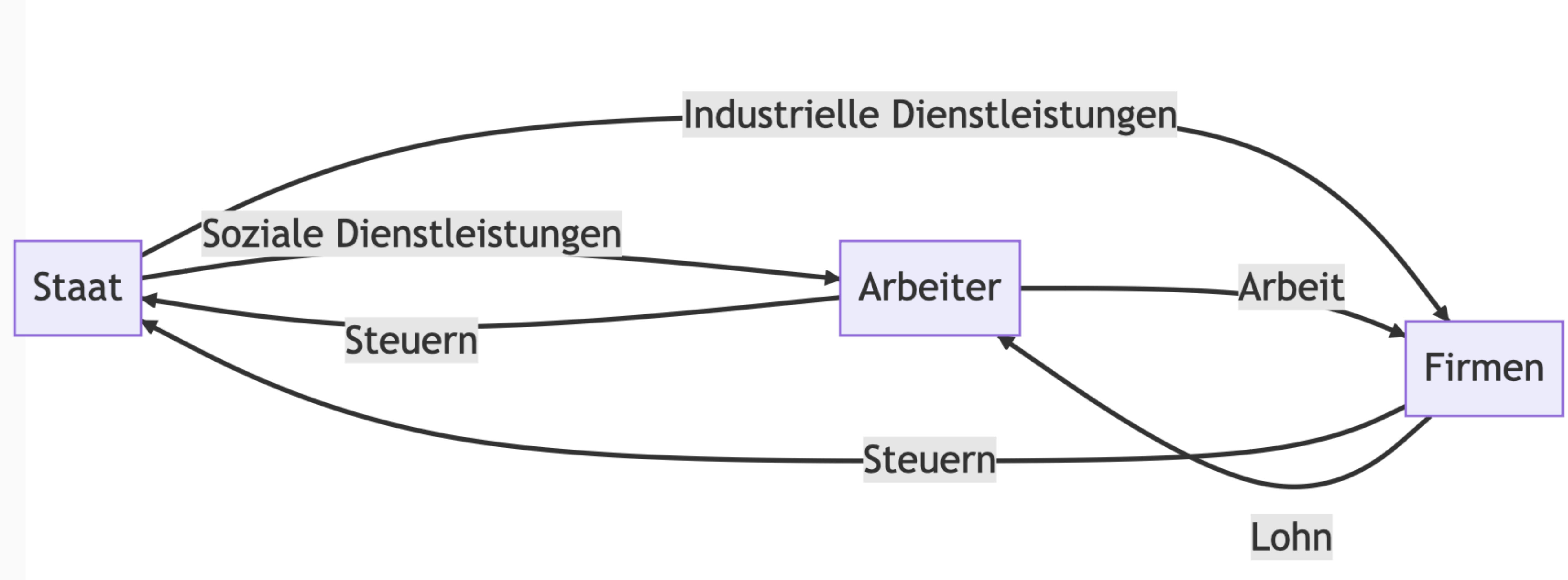
Staat-->|Industrielle Dienstleistungen|Firmen

Arbeiter-->|Steuern|Staat

Arbeiter-->|Arbeit|Firmen

Firmen-->|Steuern|Staat

Firmen-->|Lohn|Arbeiter



Vorteile

- Erste Modellierung kann einfacher sein

Probleme

- (Systeme lassen sich schlechter auf niedriger Ebene modellieren)
- Kann zu komplizierterer Version der agentenbasierten Version werden
- Sehr indeterminierte Systeme (was eine Voraussetzung ist) sind schwieriger

Entropiebasiertes Wirtschaftssystem

Beschreibung

- Ausschließlich Spekulation wird betrachtet

Entropie

- Sowohl Entropie des Spekulationsobjekts und des Gesamtsystems werden beachtet

Beispiel

- Virtuelles Pferderennen mit 8 Pferden
- 3 Bit Information
- Nach Ergebnis 0 bit Information
- Nach Landauer-Prinzip* müssen dabei ca. 0,0525 eV verwendet werden

Vorteile

- Branche direkt an Wahrscheinlichkeiten orientiert
- => Entropie hat etwas mehr Aussagekraft

Probleme

- Pferderennen sind nicht virtuell

Markup Sprache

Beschreibung

- Markup Sprache (z.B. XML) wird zum ungefähren Beschreiben von Wirtschaftssystemen verwendet

Informationsgehalt

- Wahrscheinlichkeit für zufälliges Auftreten des Dokuments
- Entropie kann für Syntax der Sprache bestimmt werden

Beispiel

```
<economy>
  <agents>
    <agent id="A1" type="producer" capacity="100" />
    <agent id="A2" type="consumer" />
    <agent id="A3" type="producer" capacity="50" />
  </agents>
  <products>
    <product id="P1" producer="A1" />
    <product id="P2" producer="A3" />
  </products>
  <connections>
    <connection type="market" producer="A1" consumer="A2" product="P1" quantity="50" price="10" />
    <connection type="market" producer="A3" consumer="A2" product="P2" quantity="25" price="5" />
    <connection type="gift" producer="A1" consumer="A2" product="P1" quantity="10" />
    <connection type="loan" lender="A2" borrower="A3" amount="100" interest_rate="0.05" />
  </connections>
</economy>
```

Vorteile

- Weniger willkürlich

Probleme

- 2. Hauptsatz der Thermodynamik kann nicht angewendet werden
- Es gibt unendlich viele Zustände

Atomare Operationen

Beschreibung

- Modellierung einfachster ökonomischer Prozesse mit Markov-Prozessen

Ablauf Konstruktion

- Aufstellung Basis Modell als Markov-Prozess
- Einführung Ausgleichsterm

Entropie

- Wahrscheinlichkeitsverteilung X_n mit gegebenen X_0

Beispiel Basis

```
graph LR
  subgraph Rohstoff [Rohstoff H = 1d 3]
    R1
    R2
    R3
  end
  subgraph Produkt [Produkt H = 1d 2]
    P1
    P2
  end
  Rohstoff --> Produkt
```

Rohstoff H = ld 3

R1

R2

R3



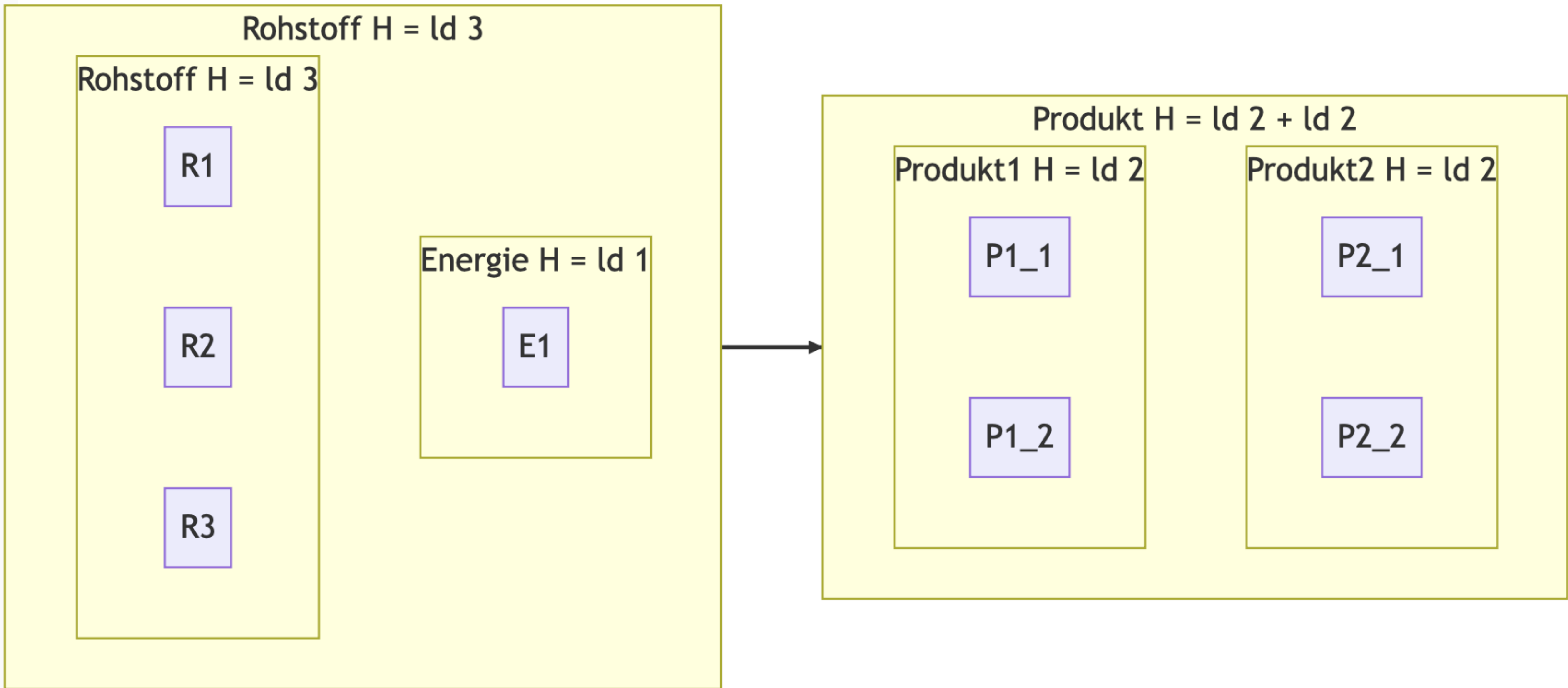
Produkt H = ld 2

P1

P2

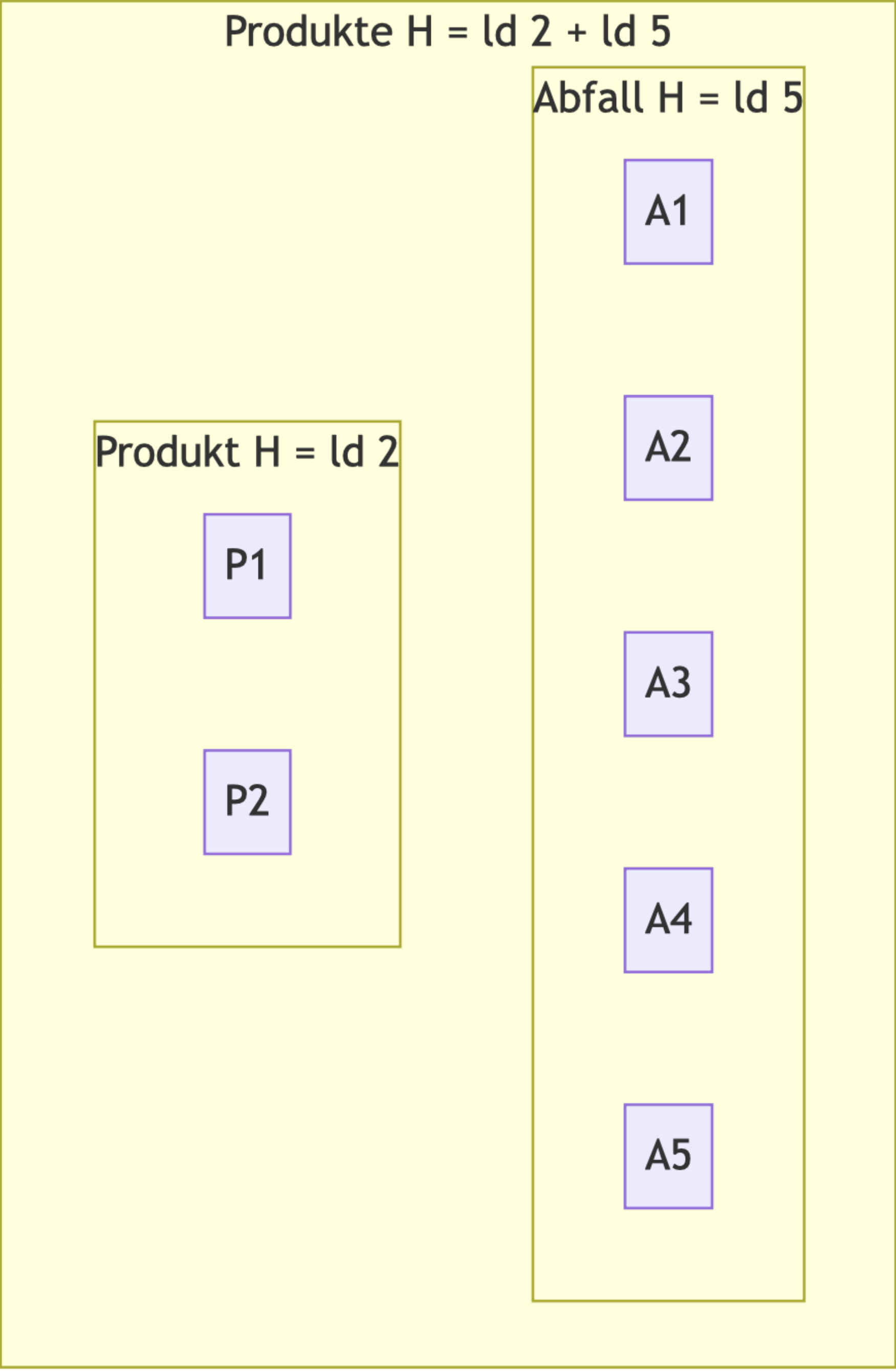
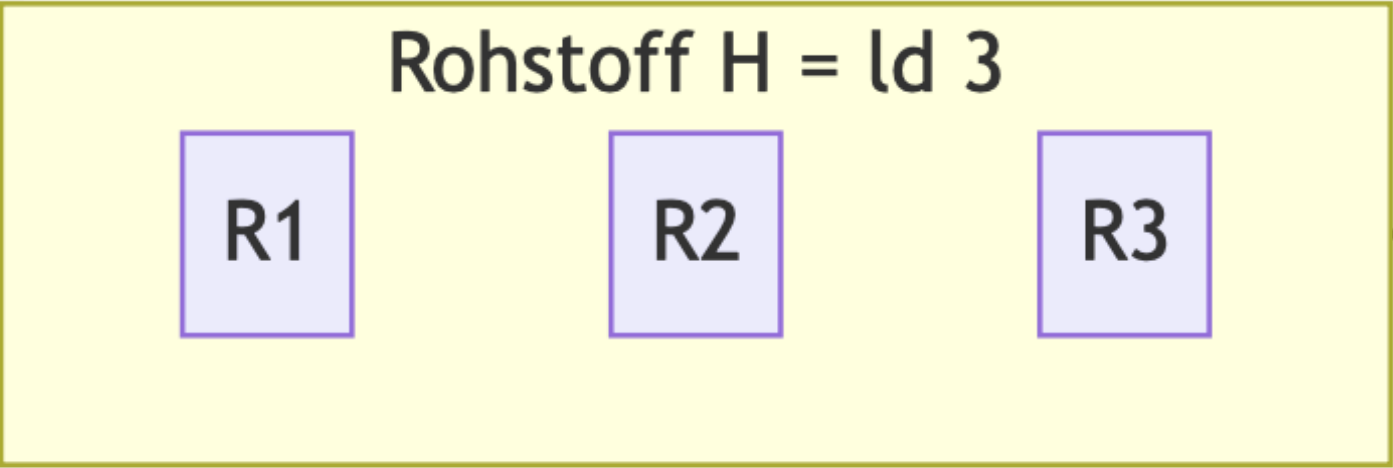
Beispiel Energie

```
graph LR
  subgraph Edukte [Rohstoff H = 1d 3]
    subgraph Rohstoff [Rohstoff H = 1d 3]
      R1
      R2
      R3
    end
    subgraph Energie [Energie H = 1d 1]
      E1
    end
  end
  end
  subgraph Produkt [Produkt H = 1d 2 + 1d 2]
    subgraph Produkt1 [Produkt1 H = 1d 2]
      P1_1
      P1_2
    end
    subgraph Produkt2 [Produkt2 H = 1d 2]
      P2_1
      P2_2
    end
  end
  end
  Edukte --> Produkt
```



Beispiel Abfall

```
graph LR
  subgraph Rohstoff [Rohstoff H = 1d 3]
    R1
    R2
    R3
  end
  subgraph Produkte [Produkte H = 1d 2 + 1d 5]
    subgraph Produkt [Produkt H = 1d 2]
      P1
      P2
    end
    subgraph Abfall [Abfall H = 1d 5]
      A1
      A2
      A3
      A4
      A5
    end
  end
  Rohstoff --> Produkte
```

Vorteile

- Modellierung machbar
- Anschaulicher

Probleme

- Keine makroökonomische Phänomene

Fazit

- Agenten- / Diffusionsbasierte Modelle für Simulation von makroökonomischen Systemen
- Markup Sprache für direkte Analyse von Struktur
- Atomare Operationen scheinen am vielversprechendsten

Ausblick

- Teilumsetzung von atomaren Operationen
- Markup Sprache in Kombination mit evolutionären Algorithmen