

# Komplexe Adaptive Systeme

(Ashby 1958, Boisot/McKelvey 2011)

Philip Fritzsche

3. Dezember 2019

## Eigenschaften

- Für Menge von Elementen
- Anzahl verschiedene Elemente

## Beispiel

$\{1, 2, 1, 3\}$

⇒ 3 verschiedene Elemente

⇒ *variety* von 3

## Eigenschaften

- Für Menge von Elementen
- Anzahl verschiedene Elemente

## Beispiel

$\{1, 2, 1, 3\}$

⇒ 3 verschiedene Elemente

⇒ *variety* von 3

# Variety (2)

## Beobachtung

- Abhängig vom Betrachter

## Beispiel

$$\{a, A, b, c\}$$

⇒ 3 oder 4 verschiedene Elemente?

⇒ Häufig log betrachtet (Anzahl bits)

# Variety (2)

## Beobachtung

- Abhängig vom Betrachter

## Beispiel

$$\{a, A, b, c\}$$

⇒ 3 oder 4 verschiedene Elemente?

⇒ Häufig log betrachtet (Anzahl bits)

# Variety (2)

## Beobachtung

- Abhängig vom Betrachter

## Beispiel

$$\{a, A, b, c\}$$

⇒ 3 oder 4 verschiedene Elemente?

⇒ Häufig log betrachtet (Anzahl bits)

## Ziel

- Halten eines gewissen „Ziels“ (Zustand) im System
- Ausgleich von Ereignissen „Störungen“
- Störungen können negativ, neutral oder positiv sein

## Darstellung

- 1 Menge von Störungen  $D$  (*disturbances*)
- 2 Menge von Reaktionen  $R$  (*responses*)
- 3 Matrix mit  $D$  als Zeilenindex,  $R$  als Spaltenindex
- 4 Einträge sind Ergebnisse (*outcomes*)

## Ziel

- Halten eines gewissen „Ziels“ (Zustand) im System
- Ausgleich von Ereignissen „Störungen“
- Störungen können negativ, neutral oder positiv sein

## Darstellung

- 1 Menge von Störungen  $D$  (*disturbances*)
- 2 Menge von Reaktionen  $R$  (*responses*)
- 3 Matrix mit  $D$  als Zeilenindex,  $R$  als Spaltenindex
- 4 Einträge sind Ergebnisse (*outcomes*)



## Eigenschaften

- Ergebnisse können beliebige Objekte sein
- Zur Einfachheit: Numerische Werte oder Vektoren
- Bewertung von Ergebnissen  
⇒ meist nur  $\{gut, \dots, schlecht\}$

⇒ Aufteilung nach Bewertung

$$D \times R \rightarrow Z$$

⇒ „gute“ Ergebnisse  $E$  (Ziel/ *goal*)  $E \subseteq Z$

## Ziele

- Einschränkung der Ergebnisse
- Bewertung sollte in gewissem Rahmen liegen
- Entsprechend Minimierung negativer Einflüsse

## Sonderfall

- Störung hängt von Variable ab  
+ Variable ist Regler bekannt
- Ziel: Ausgleich des entsprechenden Wertes

- Regler kennt Störung  $d \implies$  bessere Chance auf gutes Ergebnis
- Auswahl entsprechender Reaktion so, dass Bewertung des Ergebnisses maximal ist

# Requisite variety (2)

## Einschränkung

- 1 „Wert“ aller Reaktionen verschieden
- 2 Reaktionen unabhängig voneinander

Nun Beobachtung:

- Wenn *variety* von Störung höher  
     $\implies$  *variety* von Reaktionen entsprechend höher  
    (Falls „gute“ Reaktion gefordert)

## Requisite variety (3)

Weitere Beobachtung:

- Mehr Reaktionen erhöhen Chance auf gutes Ergebnis

### Satz von requisite variety

$$\text{min variety } Z \geq \frac{|D|}{|R|}$$

### Folgen

- $D$  groß  $\implies$  Kontrolle über System
- $R$  groß  $\implies$  gute Chance auf gute Ergebnisse

# Natürliche Einschränkungen

- Regler erhält Informationen über Störungen
- Informationsfluss schränkt Regulierbarkeit ebenfalls ein

Shannon's Ansicht:

- Störungen als Einfluss auf Informationsfluss
- Störungen entsprechen dabei Rauschen
- Rauschen durch Korrekturkanal ausgeglichen
- Störungen und Rauschen sollen sich ausgleichen

Analog dazu:

- Minimierung der Entropie
- Ziel: 0 (unrealistisch)

- Ziel: 0-Zustand halten
- Also: Fehler ausgleichen

Probleme:

- Fehler muss eingeschätzt werden können
- Fehler = Differenz zwischen Zielzustand und Einfluss
- Differenz in der Praxis nie 0
- Ungenauigkeit bzw. Effektivität vom Regler



- Team als Menge von Systemen mit Wechselwirkung
- 1 Mitglied kann Team als System beschränken  
Beispiel: Team von Schachspielern

## Möglichkeiten

- 1 Mitglied bestimmt Handlung
- 2 Abstimmungen zwischen Mitgliedern

- Team als Menge von Systemen mit Wechselwirkung
- 1 Mitglied kann Team als System beschränken  
Beispiel: Team von Schachspielern

## Möglichkeiten

- 1 Mitglied bestimmt Handlung
- 2 Abstimmungen zwischen Mitgliedern

Optimierungen analog zu Regulation:

- Optimierungsstrategien hängen vom Anwendungsfall ab
- Optimierung nach bestimmten Parametern
- Parameter in den meisten Fällen nicht unabhängig  
⇒ Optimierung nicht für jeden Parameter einzeln möglich

## Charakterisierung

- ① Fokus auf Resultat, nicht auf Details
- ② Nur nötige Informationen sammeln und verarbeiten
- ③ System und Lösungen von Problemen sind dynamisch, Lösungen nur für begrenzten Zeitraum ‚optimal‘

Also:

- Weniger Modelle
- Fokus auf Beobachtungen



Bisher: Mengen von Störungen und Reaktion

Jetzt: Steigende *variety* dieser beiden Komponenten

Bisher: Mengen von Störungen und Reaktion

Jetzt: Steigende *variety* dieser beiden Komponenten

- Analog zur pay-off Matrix von Ashby
- Jetzt aber unterschiedliche variety

⇒ Verallgemeinerung von law of requisite variety



## Verallgemeinerung von law of requisite variety

Für „gute“ Ergebnisse:

variety der Reaktionen muss der variety der Störungen entsprechen (im Optimalen)

