

System Dynamics: Theoretische Grundlagen

1. Zur Relevanz systemischen Denkens - Schlechte Entscheidungen in komplexen Situationen

Sowohl kognitionspsychologische Studien als auch alltägliche Beobachtungen zeigen, dass Menschen in komplexen Situationen überwiegend schlechte Entscheidungen treffen, was teilweise gravierende negative Konsequenzen hat. Beispiele hierfür finden sich unter anderem in

- ökologischen Systemen: Überfischung, Treibhauseffekt,
- politischen Systemen: Wettrüsten, Konsequenzen des demographischen Wandels, Fiskalpolitik und in
- wirtschaftlichen Systemen: Investitionsentscheidungen, Beschaffungsstrategien.

Gemeinsam ist diesen Situationen, dass beispielsweise sowohl Zeitverzögerungen und Vernetzungen als auch Ziele und Handlungen anderer Akteure nicht adäquat berücksichtigt werden.

Ein besonders bekanntes und anschauliches Beispiel für schlecht funktionierende komplexe Systeme ist der Schweinezyklus. Wie aus dem Diagramm hervorgeht, oszillieren die Schweinefleischpreise sehr regelmäßig, wobei ca. alle drei bis vier Jahre ein neuer Zyklus beginnt:

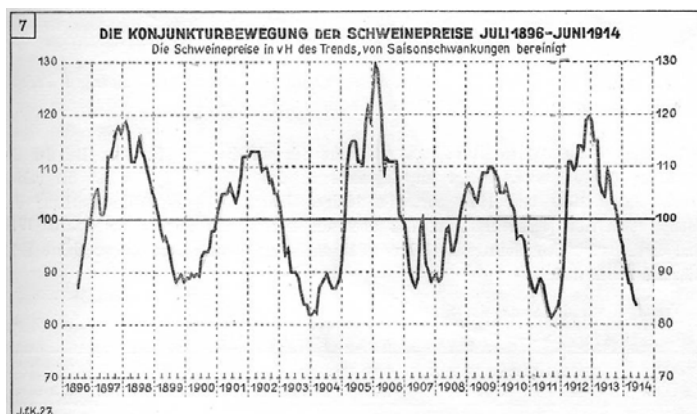


Abbildung: Der Schweinezyklus

Quelle: Hanau, A. (1927): Grundlagen einer Schweinepreisvorhersage für Deutschland. Berlin, S. 15

Denkanregung: Wie kommt dieses Phänomen zustande?

Erklärung:

Das Phänomen kann leicht mithilfe des elementaren Modells von Angebot und Nachfrage erklärt werden. So führt beispielsweise ein Nachfrageüberhang zu steigenden Preisen, was die Landwirte zu verstärkter Zucht veranlasst. Bis diese Schweine auf dem Markt sind, bleiben die Preise hoch. Dann kommen verstärkt die neu gezüchteten Schweine auf den Markt, woraus sich ein relativ plötzlich auftretendes Überangebot und damit fallende Preise ergeben. Diese niedrigeren Preise führen jedoch zu geringeren Schweinezuchtzahlen, so dass es wieder zu einer Phase des Nachfrageüberhangs kommt und der Zyklus erneut beginnt

Bemerkenswert ist hierbei insbesondere die Stabilität des Musters, das über Jahrzehnte hinweg beobachtbar war.

Denkanregung: Welches Verhalten der bzw. einzelner Landwirte wäre eigentlich zu erwarten? Welche Konsequenzen hätte dies für die Entwicklung der Schweinepreise?

Erklärung:

Eigentlich wären Lerneffekte der Akteure zu erwarten gewesen. Sie hätten zu antizyklischem Verhalten geführt, denn für einzelne Akteure besteht die erfolgreichere Strategie darin, in Hochpreisphasen nur wenige Schweine zu züchten und die Zucht in Zeiten niedriger Preise zu erhöhen. Dies hätte dann zu einer Abschwächung des Phänomens geführt, was abnehmende Preisschwankungen zur Folge gehabt hätte:

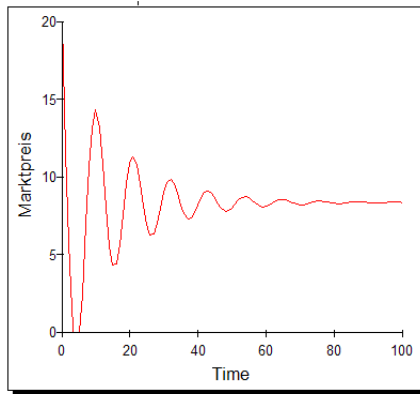


Abbildung.: Oszillierende Preise mit abnehmender Amplitude

2. Lernen in komplexen Systemen: Double-loop-learning: Lernen als Feedbackprozess

In komplexen Situationen werden – wie ausgeführt – oft falsche Entscheidungen getroffen und aus den Konsequenzen wird nur wenig gelernt. Zum Verständnis dieses überraschenden Phänomens hilft ein Lernbegriff, der Lernen als Feedbackprozess versteht. Die Abbildung veranschaulicht das so genannte Double-loop-learning:

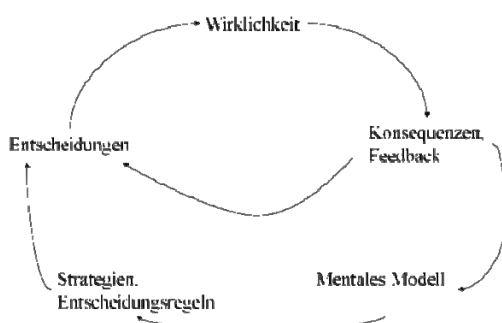


Abbildung.: Double-loop-learning

Modifizierte Abbildung nach: Sterman, J. (2000): Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston, S. 19

Die obere Schleife beschreibt, dass getroffene Entscheidungen zu Konsequenzen in der Welt führen. Diese werden (möglicherweise verzerrt) als Informationsfeedback wieder beim Entscheider wahrgenommen. Abhängig von diesem Feedback werden ggf. neue oder andere Entscheidungen getroffen, um bestimmte Ziele zu erreichen.

Entscheidungen sind jedoch nicht nur abhängig von den wahrgenommenen Konsequenzen vorangegangener Entscheidungen und angestrebten Zielen, sondern auch von Strategien und Entscheidungsregeln (untere

Schleife). Diese wiederum werden auf Basis des jeweiligen mentalen Modells¹ entwickelt. Double-loop-learning findet statt, wenn auf Basis des Feedbacks der Konsequenzen früherer Entscheidungen die mentalen Modelle und damit die Entscheidungsregeln angepasst werden.

Denkanregung: Erklären Sie den Schweinezyklus anhand obiger Grafik. Findet double-loop-learning statt?

Erklärung:

Konkretisiert am Beispiel des Schweinezyklus⁴ ist klar erkennbar, dass bei den Akteuren kein Double-loop-learning stattfindet. Auf der Basis von statischen und isolierten mentalen Modellen, die weder Zeitverzögerungen noch die Aktionen anderer Marktteilnehmer berücksichtigen, leiten sich Entscheidungsregeln ab wie: „Züchte viele Schweine, wenn die Schweinefleischpreise hoch sind!“ und „Züchte wenige Schweine in Zeiten niedriger Schweinepreise!“. Abhängig von der jeweiligen Marktsituation wird dann die entsprechende Entscheidung getroffen. Diese wird zeitverzögert auf dem Markt in Form einer steigenden oder fallenden Angebotsmenge wirksam und bildet daraufhin als Feedback durch den Schweinefleischpreis die Basis erneuter Zuchtentscheidungen.

Von Double-loop-learning könnte erst gesprochen werden, wenn – aufgrund der ungewünschten Konsequenzen früherer Entscheidungen – die mentalen Modelle verändert und daraus abgeleitet die Entscheidungsregeln verbessert würden.

3. Lernbarrieren in komplexen Systemen

Interessant ist die Frage, warum in komplexen Systemen häufig keine entsprechenden Lernprozesse zu beobachten sind und stattdessen die gleichen Fehler immer wieder gemacht werden. Die Ursachen hierfür sind einerseits in den Eigenschaften der mentalen Modelle zu sehen: Sie sind im Allgemeinen stabil, unvollständig und unwissenschaftlich. Andererseits liegen die Ursachen in Eigenschaften der realen Welt:

- Die Struktur des Systems ist den Akteuren unbekannt.
- Die Komplexität des Systems ist hoch, beispielsweise aufgrund von nichtlinearem Verhalten, Irreversibilität, Vernetzungen, Konstraintuitivität und Rückkopplungsschleifen.
- Zeitverzögerungen zwischen der Aktion und den Konsequenzen behindern Lernen, da...
 - nur relativ wenige Durchläufe erlebt werden und somit typische Muster schwer erkennbar sind;
 - nach längerer Zeit ein Phänomen oft nicht mehr auf eigene, frühere Handlungen zurückgeführt, sondern als gegeben angesehen wird;
 - die Rahmenbedingungen, die zu einer Entscheidung führten, nicht mehr klar erinnert werden.
- Experimente sind nicht durchführbar, beispielsweise aufgrund hoher Kosten, möglicher negativer Konsequenzen für die Betroffenen oder der Nichtwiederholbarkeit eines Experiments wegen einmaliger Rahmenbedingungen.

¹ Unter einem mentalen Modell wird das domänenspezifische Wissen eines Individuums inklusive Strukturzusammenhängen und dynamischen Verhaltensweisen eines Gegenstandsbereichs verstanden.

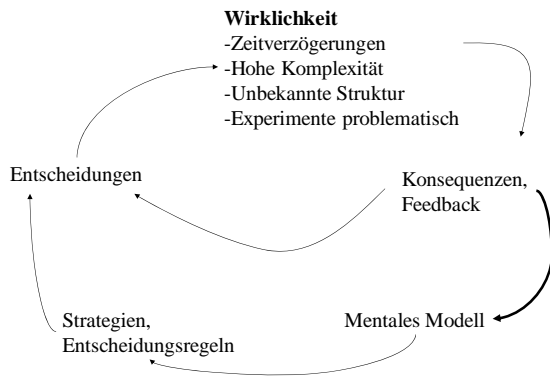


Abbildung: Lernbarrieren in komplexen Systemen

Modifizierte Abbildung nach: Sterman, J. (2000): Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston

4. Verbessertes Lernen mit System-Dynamics - Modelle als Lernhilfe bei komplexen Problemen

Mithilfe quantitativer Modelle lassen sich komplexe Systeme nicht nur anschaulich darstellen sondern auch Simulationen durchführen, so dass diesen Lernbarrieren erfolgreich begegnet werden kann. Vorteile sind:

- Die Struktur kann anschaulich dargestellt werden: Das Erfassen der relevanten Größen und Zusammenhänge wird verbessert.
- Die Komplexität wird auf die für den Sachverhalt wesentliche Aspekte reduziert: Dies erlaubt eine stärkere Fokussierung. Ferner lässt sich die Komplexität in Computermodellen an die Bedürfnisse bzw. den Kenntnisstand der Lernenden adaptieren.
- Computersimulationen können beliebig schnell – ohne Zeitverzögerungen – durchgeführt werden.
- Experimente sind möglich: Es kann beobachtet werden, wie ein System auf unterschiedliche Parameter reagiert. ‚Negative‘ Simulationsergebnisse haben keine problematischen Auswirkungen in der Wirklichkeit.

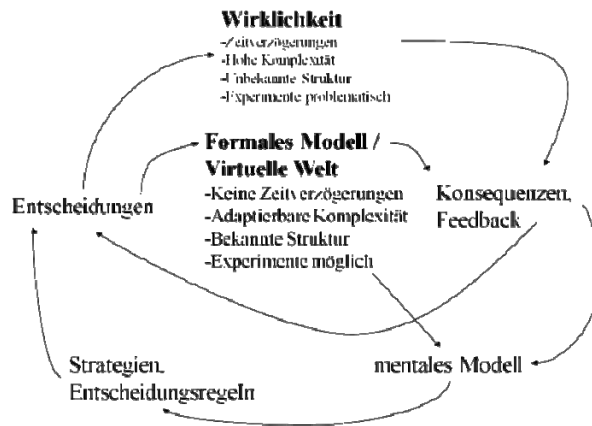


Abbildung: Überwindung von Lernbarrieren durch Modellierung und Simulation

Modifizierte Abbildung nach: Serman, J. (2000): Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston, S. 34

Eine dafür besonders geeignete Methode ist System-Dynamics. Mit Hilfe von Modellbildungs- und Simulationssoftware lassen sich quantitative Modelle mathematisch und grafisch erstellen, was intuitiv und anschaulich ist.