

# Umgang mit Komplexität – Systemisches Lernen



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

# Modul 4

## Umgang mit Komplexität – Systemisches Lernen



**Modulautorin**  
Birgit Neugebauer

**Projektleitung und Projektkoordination**  
Achim Beule  
Prof. Dr. Hansjörg Seybold

## Umgang mit Komplexität – Systemisches Lernen

### Erwerbbarere Kompetenzen

Mit den nachfolgenden Kompetenzen soll umrissen werden, welche individuellen Lernprozesse beim Durcharbeiten dieses Moduls angeregt und unterstützt werden sollen.

- Zentrale Begriffe der Systemtheorie benennen, erklären und hinterfragen.
- Haltungen des Systemdenkens.
- Schwierigkeiten und Fehler des Handelns in Systemen benennen und reflektieren.
- Das Kompetenzmodell zum Systemlernen nach Frischknecht-Tobler et al erklären.
- Beispiele des Systemlernens im Unterricht kennen.
- Die Methode des Mystery anwenden können.

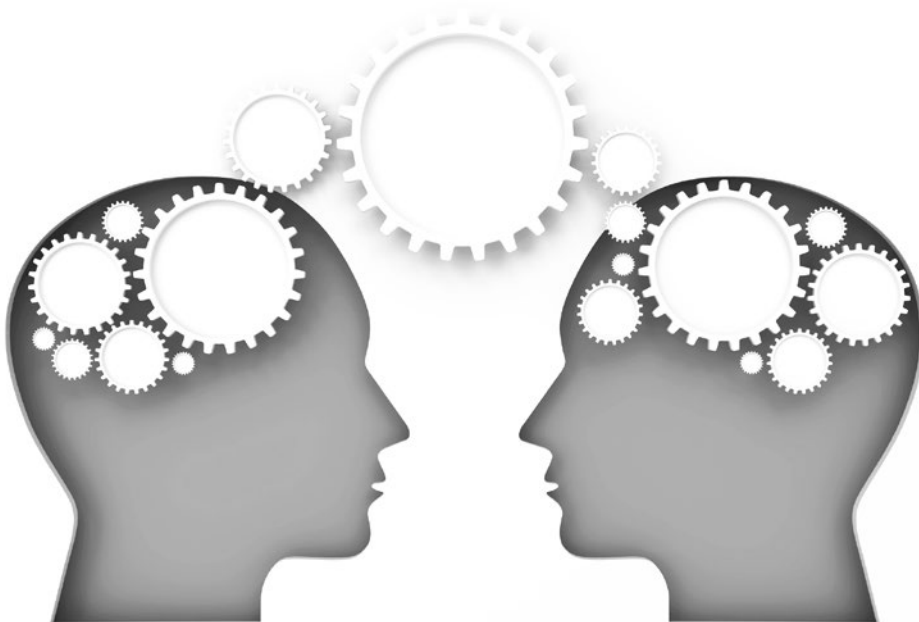


Bild: © ymgerman - fotolia.com

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Was ist ein System?</b>	<b>5</b>
1.1 Systemkonzepte	7
1.2 Systemarchetypen	10
<b>2. Handeln in komplexen Systemen</b>	<b>12</b>
2.1 Schwierigkeiten des Handelns in Systemen	12
2.2 Exponentielles Wachstum veranschaulichen	14
2.3 Fehler im Umgang mit komplexen Systemen	15
2.4 Fuzzy logic	16
2.5 Acht Haltungen von Systemdenkern	16
<b>3. Systemisches Denken in der Schule</b>	<b>17</b>
3.1 Lernen als System	17
3.2 Kompetenzmodell zum systemischen Denken	18
3.3 Acht Schritte zum Systemdenken	19
3.4 Verfahren zur Überprüfung verschiedener Kompetenzbereiche	21
<b>4. Spiele</b>	<b>22</b>
<b>5. Literaturhinweise</b>	<b>29</b>

## 1. Was ist ein System

### Der Bauer als Wettermacher

Ein Bauer, der mit dem Wetter niemals zufrieden war, hatte sich vom lieben Gott die Gnade ausgebeten, daß er einmal ein Jahr lang die Witterung nach seinem Gutdünken bestimmen dürfe. Diese Bitte wurde ihm gewährt. Nun bat er, so oft es ihm zum Gedeihen der Früchte nöthig schien, abwechselnd bald um Regen, bald um Sonnenschein und die Saaten schienen sich gut dabei zu befinden. Als er aber sein Getreide geerntet und gedroschen hatte, fand sich's, daß die Körner alle taub waren und keinen Mehlstoff enthielten. Der Bauer beschwerte sich nun beim lieben Gott, daß seine Frucht, obwohl es ihr nie an Regen noch an Sonnenschein gefehlt habe, doch so schlecht ausgefallen sei. Der liebe Gott aber sagte: »Du hast nur um Regen und Sonnenschein gebeten, aber niemals um ›Wind‹, der doch zum Gedeihen der Frucht ganz notwendig ist.«

Weitere anschauliche Texte und Spiele zur Einführung ins systemische Denken in: Bollmann-Zuberbühler, Brigitte; Frischknecht-Tobler, Ursula; Kunz, Patrick.; Nagel, Ueli; Wilhem Hamiti, Sandra: Systemdenken fördern. Systemtraining und Unterrichtsreihen zum vernetzten Denken. 1.-9. Schuljahr. Bern 2010

Das Märchen beschreibt das erfolglose Handeln innerhalb eines Systems (das des Einflusses des Wetters auf die Ernte), dessen Systemelemente dem Handelnden zwar weitgehend (?) bekannt sind, allerdings deren Wechselwirkungen und damit ihre jeweilige Funktion innerhalb des Systems nicht.

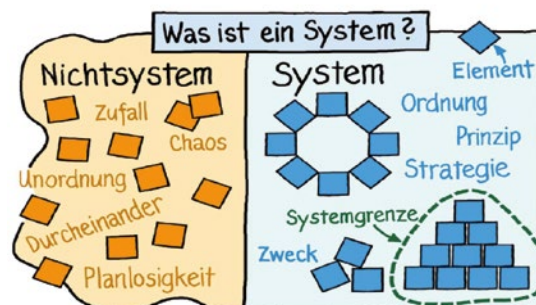
Der Bauer hat die Abhängigkeit des Ertrags von Wettereinflüssen erkannt und glaubt, diese Einflüsse selbst steuern zu können. Sein Ziel ist ein möglichst hoher Ertrag. Dieses Ziel wird nicht erreicht, weil der Bauer nicht alle Systemkomponenten berücksichtigt hat.

Das Märchen übermittelt die klare Botschaft, dass der Mensch zu Hybris neigt, seine Fähigkeiten überschätzt und sich zum Herrscher über die Natur erhebt, obwohl er deren Komplexität mitnichten erfasst hat. Bereits aus einem Text wie diesem lassen sich Grundbegriffe des systemischen Denkens und zentrale Schwierigkeiten des Handelns in komplexen Systemen ableiten. Erstaunen mag auch, dass das Bewusstsein, dass Leben in komplexen Systemen stattfindet, nicht neu ist.

### Was ist ein System?

Es gilt, elementare Begriffe der Beschreibung von Systemen kennenzulernen:

- Systemelement
- Systembeziehung und damit Systemordnung/ Systemstruktur
- Systemgrenzen



Quelle: Peter Sutter, Flawil (T3 aus Systemdenken fördern – Bollmann-Zuberbühler u.a.)

### System oder Haufen?

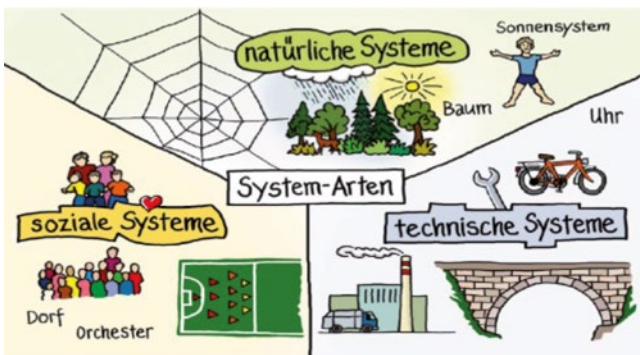


Bollmann-Zuberbühler u.a. 2010.  
S. 41

Ein System	Eine Menge
Verbundene Teile, die als Ganzes funktionieren.	Eine Ansammlung von Teilen.
Eine Veränderung tritt ein, wenn Teile entfernt oder hinzugefügt werden. Wenn man ein System halbiert, erhält man nicht zwei Systeme, sondern ein beschädigtes System, das aller Voraussicht nach nicht mehr funktioniert.	Grundlegende Eigenschaften bleiben unverändert, egal ob Teile hinzugefügt oder entfernt werden. Wenn man eine Menge teilt, erhält man zwei kleinere Mengen.
Die Anordnung der Teile ist entscheidend.	Die Anordnung der Teile ist ohne Belang.
Die Teile sind verbunden und arbeiten zusammen.	Die Teile sind verbunden und können unabhängig voneinander funktionieren.
Das Verhalten des Ganzen hängt von der gesamten Struktur ab. Wenn die Struktur verändert wird, verändert sich auch das Verhalten.	Das Verhalten (soweit vorhanden) der Menge hängt von der Größe oder der Anzahl der Teile in der Menge ab.

Joseph O'Connor, Ian McDermott.  
Die Lösung lauert überall. Systemisches Denken verstehen und nutzen. Kirchzarten bei Freiburg 1998, S. 23

### Arten vom Systemen



Bollmann-Zuberbühler u.a. 2010.  
S. 43

## 1.1 Systemkonzepte

- **Systemorganisation**

Elemente, Wirkungsbeziehungen, Systemgrenzen

Ursula Frischknecht-Tobler, Ueli Nagel, Hansjörg Seybold (Hrsg.): Systemdenken. Wie Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen. Zürich 2008, S. 22

- **Rückkoppelung (Feedback)**

Systembestandteile, welche direkt oder über nicht offensichtliche, zum Teil lange Umwege wieder auf sich selbst zurückwirken. Eine solche Rückwirkung kann ausgleichend sein, so dass sich ein Fließgleichgewicht einstellt. Die Rückwirkung kann aber auch auf- oder abschaukelnd wirken, sodass sich ein Verstärkungskreis bildet.

- **Bestandsgrößen und Flussraten (stocks and flows)**

In Systemen lassen sich zwei Arten von Elementen unterscheiden: Zum einen gibt es Bestandsgrößen, die zu- und abnehmen können wie beispielsweise der Inhalt einer Badewanne. Zum anderen gibt es Zu- und Abflüsse, welche die Bestandsgrößen erhöhen und erniedrigen. Verschiedene Bestandsgrößen können untereinander über die verschiedenen Flussraten in gegenseitiger, rückkoppelnder Abhängigkeit stehen.

Video zum Systemdenken: Was ist ein System?  
[www.youtube.com/watch?v=DueV2gcO2I4](http://www.youtube.com/watch?v=DueV2gcO2I4)

- **Systemdynamik**

Bestandsgrößen wie aber auch Zu- und Abflüsse sind nicht konstant, sondern verändern sich im Laufe der Zeit. Je nach Art der Wirkungszusammenhänge, die zwischen den verschiedenen Bestandsgrößen vorhanden sind, können dabei zum Teil sehr lange Zeitverzögerungen eintreten.

Video zum Spiel „Mittendrin“ zur Veranschaulichung von Systembeziehungen  
[www.youtube.com/watch?NR=1&v=n1MRC7AaOoA&feature=endscreen](http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=n1MRC7AaOoA&feature=endscreen)

- **Nicht lineare Zusammenhänge**

Nicht alle zeitlichen Veränderungen sind gleichmäßig, im Gegenteil: viele Veränderungen sind exponentiell: sie sind zuerst nur schwach und nehmen im Lauf der Zeit rasant zu oder ab. Exponentielle Veränderungen, gerade im Zusammenhang mit sich verstärkender Rückkoppelung, werden oft unterschätzt und führen häufig zur Eskalation.

Video zum Spiel „Rücken an Rücken“ - Rückkoppelung  
[www.youtube.com/watch?v=D16HVuXbfc](http://www.youtube.com/watch?v=D16HVuXbfc) und „Laut und Leise“  
[www.youtube.com/watch?v=xOHsc4EKGWg](http://www.youtube.com/watch?v=xOHsc4EKGWg)

- **Systemarchetypen**

Homologe Systemstrukturen, die in unterschiedlichen Kontexten als wiederkehrende Muster auftauchen, werden nach Senge (1996) „Archetypen“ genannt. Ihnen liegen verschiedene Kombinationen der verstärkenden und ausgleichenden Rückkoppelungskreise zugrunde. Ihre Erkennung hilft, unbeabsichtigte Auswirkungen eigenen Handelns zu vermeiden bzw. Handlungsfolgen vorauszusagen.

Video zum Spiel „Platz zum Leben“ Handeln in Systemen  
[www.youtube.com/watch?v=YaePJJaQrLAc](http://www.youtube.com/watch?v=YaePJJaQrLAc)



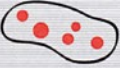

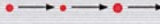
## Konzepte und Werkzeuge zum Systemdenken

Um Kompetenzen, wie Systeme beschreiben, Dynamik erfassen, Prognosen treffen und Handlungsentwürfe beurteilen, anbahnen und systematisch aufbauen zu können, „braucht es klare Begrifflichkeiten und Veranschaulichungshilfen – die Konzepte und Werkzeuge zum Systemdenken. Konzepte sind die Bezeichnungen für zentrale Merkmale von Systemen. Durch sie kann man sich beim Systemdenken verständigen. Die Werkzeuge sind eigentlich Veranschaulichungshilfen, die das Erkennen und Darstellen von Systemstrukturen und -Eigenschaften erleichtern.“


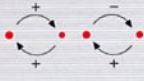

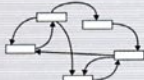

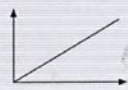
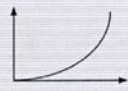

Brigitte Bollmann-Zuberbühler, Ursula Frischknecht-Tobler, Patrick Kunz, Ueli Nagel, Sandra Wilhelm Hamiti: Systemdenken fördern. Systemtraining und Unterrichtsreihen zum vernetzten Denken 1.-9. Schuljahr. Bern 2010, S. 12f.

Es gibt unterschiedliche Programme zur Darstellung komplexer Systeme:

Kostenloses Simulationsprogramm für komplexe Systeme:  
[www.consideo-modeler.de/download.html](http://www.consideo-modeler.de/download.html)  
 Simulationsprogramm Wirtschaft:  
<http://boerse.ard.de/wie-wirtschaft-wirkt/index.html>

Konzepte und Werkzeuge	Beschreibung	Beispiele
<b>Systemelemente</b> 	Jedes System setzt sich zusammen aus verschiedenen Bestandteilen, den Systemelementen.	Die verschiedenen Organe sind Systemelemente des Körpers.
<b>Systemgrenze</b> 	Systeme lassen sich voneinander abgrenzen, sie verfügen über Systemgrenzen. Diese sind allerdings vom Interesse oder der Fragestellung der Betrachtenden abhängig, denn in der Regel ist jedes System im Austausch mit anderen Systemen und so gesehen offen (s. Kap. 2a):	Die Haut bildet die Systemgrenze des menschlichen Körpers.
<b>System</b> 	Ein System besteht aus seinen Elementen, die untereinander in Beziehung stehen, und Systemgrenzen, durch welche sich das System von der Umgebung abhebt.	Das System «Mensch» wird begrenzt durch die Haut und setzt sich zusammen aus den verschiedenen Organen, die untereinander in Wirkungsbeziehungen stehen.
<b>Wirkungsbeziehung</b> 	Systemelemente stehen untereinander in Beziehung, sie wirken aufeinander ein.	Sensoren in den Blutgefäßen messen den Wassergehalt des Blutes und senden diesen Wert an das Gehirn.
<b>Wirkungskette</b> 	Mehrere Wirkungsbeziehungen hintereinander können lange Wirkungsketten bilden. Dadurch kann ein Systemelement ein anderes, scheinbar davon unabhängiges Element indirekt beeinflussen.	Nachdem die Sensoren dem Gehirn signalisiert haben, dass zu wenig Flüssigkeit im Körper vorhanden ist, wird im Gehirn ein Hormon ausgeschüttet, das in der Niere dafür sorgt, dass vermehrt Wasser im Blut zurückbehalten wird.



Konzepte und Werkzeuge	Beschreibung	Beispiele										
<b>Kreislauf</b> 	Ein Systemelement kann über eine Wirkungskette wieder auf sich selbst zurück wirken.	Das Zurückhalten von Wasser wird wiederum von den Sensoren registriert und stoppt im Gehirn die Ausschüttung des entsprechenden Hormons.										
<b>Ausgleichende und verstärkende Rückkopplung</b> 	In Kreisläufen können sich die Wirkungen – ausgleichen. Es entsteht ein Fließgleichgewicht (ausgleichende Rückkopplung). – auf- oder abschaukeln. Es entsteht ein Verstärkungskreis (verstärkende Rückkopplung).	Bei den meisten Hormonkreisläufen im Körper handelt es sich um ausgleichende Rückkopplungen. Die Verzinsung eines Sparguthabens ist ein Verstärkungskreis. Das Aufnehmen von Kleinkrediten und die oft damit verbundene Verschuldung ist ebenfalls ein Verstärkungskreis, den man in der Regel als Teufelskreis bezeichnet.										
<b>Vernetzungskreis</b> 	Der Vernetzungskreis ist ein Werkzeug, um Beziehungen in einem System sichtbar zu machen. Aus Vernetzungskreisen kann man ersehen, von welchen Elementen Wirkungen ausgehen und welche Elemente in erster Linie Ziel von Wirkungen sind.											
<b>Wirkungsdiagramm</b> 	Ein Wirkungsdiagramm beschreibt die qualitativen Beziehungen von relevanten Systemelementen in einem System und erlaubt Aussagen über ausgewählte Wirkungsketten in einem System; Wirkungsbeziehungen in ausgewählten Teilen eines Systems; Wirkungsbeziehungen im Gesamtsystem.											
<b>Wertetabelle</b> <table border="1" data-bbox="199 1153 295 1232"> <thead> <tr> <th>Runden</th> <th>Anzahl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table>	Runden	Anzahl	1	1	2	4	3	16	4	25	Veränderungen im Laufe der Zeit lassen sich mit dem Werkzeug einer Wertetabelle erfassen.	
Runden	Anzahl											
1	1											
2	4											
3	16											
4	25											
<b>Verlaufsgrafik</b> 	Systemelemente und ihre Wirkungsbeziehungen ändern im Laufe der Zeit. Solche Änderungen werden in Verlaufsgrafiken dargestellt.	Die Anzahl Schüler einer Schule, das Kapital auf einem Bankkonto usw. verändern sich im Laufe der Jahre.										
<b>Lineare Veränderung</b> 	Veränderungen können gleichmässig, also linear zu- oder abnehmen.	Die Uhrzeit oder das Auffüllen einer Badewanne mit einem gleichmässigen Wasserstrahl.										
<b>Exponentielle Veränderung</b> 	Veränderungen können aber auch immer rascher, also exponentiell zu- oder abnehmen.	Der «Lawinentanz», ein verzinstes Sparguthaben oder ein Kettenbrief sind Beispiele von exponentiellem Wachstum.										
<b>Verzögerung</b> 	Je nach Art der Wirkungsbeziehungen, die zwischen verschiedenen Systemelementen vorhanden sind, können zum Teil sehr lange Zeitverzögerungen eintreten, bevor ein Effekt erfolgt.	Die Regulation einer Raumheizung wirkt sich erst mit Verzögerung auf die Raumtemperatur aus. Neu gepflanzte Bäume in einem Forstbetrieb ermöglichen erst nach mehreren Menschengenerationen eine Holzernte.										

## 1.2 Systemarchetypen (nach Senge, 1996)

- **Gleichgewichtsprozess mit Verzögerung**

Ein Akteur handelt, um ein Ziel zu erreichen, und passt das Verhalten einem verzögerten Feedback an. Wenn Verzögerungen nicht wahrgenommen werden, werden mehr korrektive Maßnahmen ergriffen als nötig oder das Handeln aufgegeben, weil keine Wirkung des Handelns (unmittelbar oder in zeitlicher Nähe) sichtbar wird.

- **Grenzen des Wachstums**

Ein Prozess verstärkt sich über verstärkende Rückkoppelungen selbst und führt Wachstum. Dann verlangsamt sich das Wachstum, kommt schließlich zum Stillstand oder kehrt sich sogar um. Die Verlangsamung kommt durch einen Ausgleichsprozess zu Stande, der ausgelöst wird, wenn eine „Grenze“ erreicht ist. Dieser Ausgleichsprozess kann interne (Ressourcenknappheit) oder externe Gründe haben.

- **Die Problemverschiebung**

Eine kurzfristige, an einem Symptom orientierte „Lösung“ führt zu einer Besserung der Problems. Diese verstellt das Erkennen der tatsächlichen Ursachen und verhindert grundsätzliche Korrekturmaßnahmen.

- **Erodierende Ziele**

Eine kurzfristige Lösung führt dazu, dass ein langfristig angestrebtes Ziel heruntergeschraubt wird.

- **Eskalation**

Zwei Akteure glauben, einen Vorteil gegenüber der anderen Seite behaupten zu müssen. Häufig hält jeder das eigene Verhalten für reine Verteidigung.

- **Erfolg den Erfolgreichen**

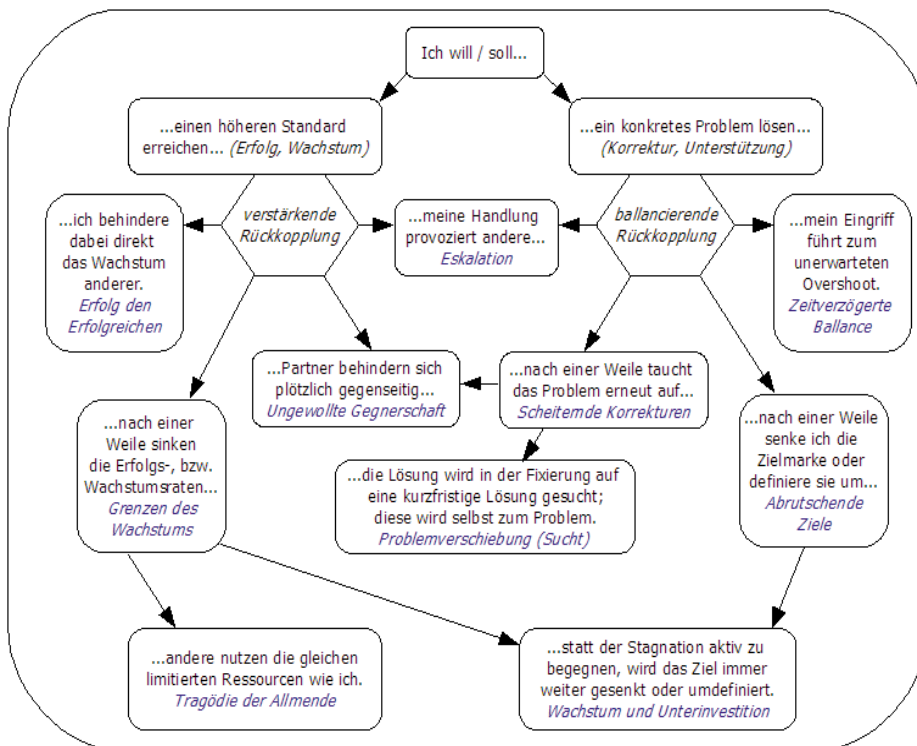
Zwei Akteure konkurrieren um begrenzte Unterstützung oder Ressourcen. Je erfolgreicher der eine, desto chancenloser der andere.

- **Die Tragödie der Gemeingüter**

Einzelne nutzen eine allen zur Verfügung stehende Ressource und orientieren sich dabei nur an ihrem eigenen Interesse, bei Verknappung der Ressource werden die Anstrengungen verstärkt, was schließlich zur Erschöpfung oder völligem Verlust der Ressource führt.



Soll ein Problem gelöst werden, ist es nach Senge unabdingbar, komplexe Situationen erst einmal zu analysieren. Dabei kann die Einsicht in die Abhängigkeitsbeziehungen bzw. die Zusammenhänge verschiedener Systemarchetypen hilfreich sein, die sich alle aus der Einsicht ableiten, dass Maßnahmen entweder verstärkende (reinforcing) oder ausgleichende (balancing) Wirkung haben. Das untenstehende Flussdiagramm versucht diese Einflüsse darzustellen und damit Ansatzpunkte für die Problemanalyse zu liefern.



<http://de.wikipedia.org/wiki/Systemarchetyp>

## 2. Handeln in komplexen Systemen

### 2.1 Schwierigkeiten des Handelns in Systemen

Die bisher vorgenommenen Kategorisierungen suggerieren, dass mit den nötigen Informationen über die Systemelemente und deren Wirkungsbeziehungen belastbare Prognosen möglich wären. Systeme, außer für den Unterrichtszweck auf eine überschaubare Anzahl von Systemelementen und Beziehungen reduzierte, bestehen üblicherweise aus einer Vielzahl von Elementen und Wirkmechanismen, die dem Betrachter häufig gar nicht bekannt sind.

**„Komplexität, Intransparenz, Dynamik, Vernetztheit und Unvollständigkeit oder Falschheit der Kenntnisse über das jeweilige System: dies sind die allgemeinen Merkmale der Handlungssituationen beim Umgang mit solchen Systemen. Damit muss man fertig werden.“ (Dörner, 2003, S.59)**

#### Ziele des Handelns

Wer handelt, handelt immer, weil er ein Ziel verfolgt. Ziele können unterschieden werden in

- **positive und negative Ziele, Anstrebens- und Vermeidungsziele** (wobei positive Ziele, das, was ich will, in aller Regel konkreter sind, z.B. einen Apfel essen, als negative Ziele, die den Wunsch ausdrücken, dass etwas anders werden soll, z.B. keine Langeweile mehr haben wollen, aber nicht formulieren, wie.)
- **globale und spezifische Ziele** (Ziele, die durch wenige, und Ziele, die durch viele Kriterien festgelegt sind.)
- **klare und unklare Ziele**, bei letzteren gibt es kein klares Kriterium, wann das Ziel erreicht ist (z.B. „Die Stadt muss fußgängerfreundlicher werden.“; Dörner, S.76), was daran liegt, dass das formulierte Ziel erst über das Erreichen mehrere Ziele erlangt werden kann (Polytelie, Vielzieligkeit) (Dörner, *ibid.*). Diese Ziele sind miteinander vernetzt, ergeben sich aber nicht zwangsläufig auseinander, sondern können positiv oder negativ (Die Miete einer großen Wohnung ist meist nicht billig.) verknüpft sein. Es gibt also
- **einfache und mehrfache Ziele**
- **implizite und explizite Ziele**, so ist Gesundheit für einen Kranken ein explizites Ziel, ein Gesunder wird sich dieses Ziels nicht bewusst sein.  
(nach Dörner, S.74 ff.)

Die Art des einzelnen Zieles erkennen und bewusst benennen und gegebenenfalls präzisieren zu können, ist im Zusammenhang mit dem Handeln im Kontext des Ziels einer nachhaltigen Entwicklung zentral.

Aufgabe: Formulieren Sie unterschiedliche Ziele und versuchen Sie, sie nach den Dörner'schen Kategorien zu bestimmen.

Sehr anschaulich stellt Dietrich Dörner die Schwierigkeiten des Handelns in komplexen Situationen dar in: Dietrich Dörner: Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Reinbek bei Hamburg 2003



Video Vortrag Dörner Industrial Ecology – Management von Komplexität  
[http://mlecture.uni-bremen.de/ml/index.php?option=com\\_mlplayer&template=ml2&mlid=359](http://mlecture.uni-bremen.de/ml/index.php?option=com_mlplayer&template=ml2&mlid=359)

## Schwierigkeiten des Handelns in Systemen

### Prognosen

„Kinder und Erwachsene kann man mit folgender Scherzfrage verblüffen.

In einem Teich mit einer Wasseroberfläche von 1300 Quadratmetern wächst eine Seerose. Zu Beginn des Frühjahrs hat sie ein Blatt. Ein Blatt hat die Fläche von 100 Quadratzentimetern. Nach einer Woche hat die Seerose zwei Blätter. Nach der darauf folgenden vier. Nach sechzehn Wochen ist der halbe Teich bedeckt. Wie lange wird es noch dauern, bis der ganze Teich bedeckt ist? Was schätzen Sie?

Geht man davon aus, dass die Seerose ihre Entwicklung mit unvermindertem Tempo fortsetzt, so dauert es natürlich nur noch eine Woche, bis der ganze Teich bedeckt ist. Denn die Seerose hat ihre Blattfläche in jeder Woche um 100 Prozent vermehrt. Dennoch macht die Aufgabe vielen Leuten Schwierigkeiten. Wenn die Seerose immerhin 16 Wochen brauchte, um den halben Teich zu bedecken, so ist es nur schwer einzusehen, dass sie nun nur noch eine Woche braucht, um die andere Hälfte des Teiches zu überdecken.“

(Dörner, 2003, S.161 f.)

Wir sind gewohnt, linear zu denken, und können uns exponentielles Wachstum nur sehr schlecht vorstellen. Deshalb verschätzen sich Menschen völlig, wenn sie Prognosen über exponentiell wachsende Entwicklungsprozesse treffen sollen. Entwicklungen, die auf verstärkenden Rückkoppelungen beruhen, wie das oben geschilderte Wachstum der Seerose, zeigen ein exponentielles Wachstum. Das Fatale an solchen Wachstumsprozessen ist, dass die Dynamik der Veränderung über lange Zeit nicht wahrgenommen wird, sie also linear scheint. Prognosen, die auf Extrapolationen solchermaßen gedeuteter Wahrnehmung beruhen, müssen fehl gehen.

## 2.2 Exponentielles Wachstum veranschaulichen

### Indisches Märchen vom Schachspiel

„Es gibt eine alte Anekdote über den Erfinder des Schachspiels und seinen Herrn, einen indischen König. Der König versprach nach der Präsentation des Spiels dem Erfinder gelangweilt-großzügig eine Belohnung. Der gute Mann durfte sich aus der Schatzkammer irgendetwas Kostbares erbitten.

Den Erfinder ärgerte die geringe Einsicht des Königs in seine Leistung und so sann er auf eine feine List. Er bat nur um eine ganz bescheidene Belohnung. Kein Gold, keine Juwelen, keine einträglichen Pfründe! Nur ein wenig Reis, das war sein Wunsch. Und zwar so viel, wie man einem Schachbrett zuordnen könne, wenn man auf das erste Feld ein Korn, auf das zweite Feld zwei Körner, auf das dritte Feld vier Körner, auf das vierte Feld acht Körner usw. legen würde.

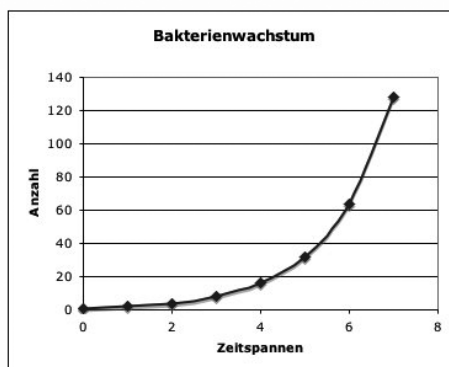
Der König, sehr froh, auf diese billige Art und Weise sich seiner Belohnungspflicht entledigen zu können, und zugleich die Dummheit des Fordernden milde belächelnd, schickte nach einer Schüssel mit Reis. Sehr bald erwies es sich, dass die Schüssel keineswegs ausreichte. Und einige Berechnungen des Hofmathematikers machten bald klar, dass die „ganz bescheidene“ Bitte des Schachspiel-Erfinders nicht erfüllbar war. Insgesamt braucht man nämlich 263 Reiskörner allein für das letzte Feld des Schachbretts. Das sind so um die 9 223 372 036 000 000 000 Reiskörner, auf eines mehr oder weniger soll es uns hier nicht ankommen. Das wiederum sind etwa 153 Milliarden Tonnen Reis, wenn man davon ausgeht, dass etwa 60 Reiskörner auf ein Gramm gehen.“

Video zur Veranschaulichung des indischen Märchens  
<http://www.youtube.com/watch?v=yInZr3vZQWs>

Video zum Spiel „Lawinentanz“ - exponentielles Wachstum  
<http://www.youtube.com/watch?v=j2lqnnlgR60>

Ein anschauliches Beispiel bildet die Animation des Austrocknens des Aralsees:  
[www.thomas-degen.ch/portfolio/Aral\\_sea\\_de.html](http://www.thomas-degen.ch/portfolio/Aral_sea_de.html)

Dörner, S. 162/163



[ingo-bartling.de/mathe/klasse10/html/expfkt/exponentialfkt.html](http://ingo-bartling.de/mathe/klasse10/html/expfkt/exponentialfkt.html)

Die Grafik veranschaulicht das Phänomen des exponentiellen Wachstums, dass am Beginn des Wachstumsprozesses das Wachstum kaum erkennbar ist, sondern im Gegenteil die Wachstumsraten in dieser Phase unter denen eines linearen Wachstums liegen. Dieser Sachverhalt kann im Extremfall dazu führen, dass ein Prozess viel zu spät als exponentieller erkannt wird.

## 2.3 Fehler im Umgang mit komplexen Systemen

Dietrich Dörner versucht in „Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen“ den Ursachen auf den Grund zu gehen, warum Handeln in komplexen Systemen so oft misslingt. Er fasst seine Ergebnisse zusammen, die er aus der Beobachtung des Verhaltens vieler Probanden in unterschiedlichen komplexen Strategiespielen gewonnen hat: „Wir haben festgestellt, dass Ziele nicht konkretisiert werden, dass kontradiktorische Teilziele nicht als kontradiktorisch erkannt werden, dass keine klaren Schwerpunkte gebildet werden, dass die notwendige Modellbildung nur unzureichend oder gar nicht erfolgt, dass Informationen nur einseitig oder unzureichend gesammelt werden, dass falsche Auffassungen über die Gestalt von Zeitverläufen gebildet werden, dass falsch oder gar nicht geplant wird, dass Fehler nicht korrigiert werden.“ (Dörner 2007, S.306) Diese Fehler zeitigen dann jeweils weitere Folgen: die unzureichende Modellbildung führt dazu, dass Neben- oder Fernwirkungen nicht erkannt bzw. nicht beachtet werden, die falsche Auffassung von Zeitverläufen birgt die Gefahr der Übersteuerung eines Systems, der Mangel an Einsicht in das System, verbunden mit der Überzeugung, es durchdrungen zu haben, fördert die Tendenz zu autoritärem Verhalten.

Dörner, Dietrich: Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Reinbek bei Hamburg 2007, S. 325

Aus diesen Beobachtungen folgert er, dass es durchaus möglich ist, diesen Ursachen des Misslingens gegenzusteuern, indem man sich über seine Ziele klar werden sollte, sich bewusst sein sollte, dass nicht alle Ziele gleichzeitig erreicht werden können, sondern dass manchmal Kompromisse nötig sind, dass man Schwerpunkte bilden muss, dass man aber nicht starr auf einem einmal gewählten Schwerpunkt beharren sollte, dass man sich ein Modell des Systems, das man beeinflussen möchte, verschaffen und dessen Neben- und Fernwirkungen antizipieren sollte, dass man sich bewusst sein sollte, dass es unterschiedliche Arten von Informationen über ein System gibt, dass der Auflösungsgrad nicht zu fein, aber auch nicht zu grob, die Menge nicht zu gering, aber auch nicht uferlos sein sollte, man sollte sich der Gefahr allzu rasch formulierter abstrakter Konzepte oder zu grober Reduktionen bewusst sein. Er weist auf die Gefahr hin, sich selbst beweisen zu wollen, einem unreflektierten Methodismus anzuhängen oder Fehler nicht zu analysieren. Sein Fazit scheint entwaffnend einfach: „Es kommt eigentlich nur auf eines an, nämlich auf die Förderung des „gesunden Menschenverstands“.

## 2.4 Der Siegeszug der >Fuzzy logic<

Anfang der siebziger Jahre entwickelte Lotfi Zadeh eine Theorie der unscharfen Logik, die Theorie der „Fuzzy Logic“, die „Fuzzy sets“, verschwommene Gruppen von Systemelementen, die nicht statistisch erfassbar sind, annimmt. Diese Theorie fand zunächst in der japanischen Produktionstechnik ihre Anwendung, z.B. bei der Roboterprogrammierung. So erläutert Vester:

„Das Besondere bei der „Fuzzy logic“ ist in der Tat, daß sie das unscharfe Wissen der realen Erfahrung nutzt, bei sich widersprechenden Informationen einen Kompromiß bildet und diesen umsetzt. Die Werte bleiben beweglich und berücksichtigen zudem die individuellen Randbedingungen. Damit ermöglicht „Fuzzy logic“ ähnlich flexible Steuerungsprozesse, wie sie in natürlichen Ökosystemen stattfinden. Nicht genaue Meßwerte sind dabei von Bedeutung, sondern Aktionsregeln. Diese können mit Worten, also im Klartext formuliert werden. Die Aussagen können unscharf sein und werden sogar unscharf miteinander verknüpft. So entstehen vernetzte Strukturen mit Wenn-dann-Beziehungen, deren Aussagen zutreffend sind, weil sie die Realität richtig wiedergeben. Einer der großen Vorteile dabei ist, daß auf diese Weise auch die zur Beschreibung eines Systems benötigte Datenmenge drastisch reduziert wird.“ (Vester, 150)

So können, wenn systemisch statt linear-kausal gedacht wird, auch komplexe Systeme durch relativ wenige, aber zentrale Variablen adäquat dargestellt werden, die allerdings bestimmte Bedingungen erfüllen müssen:

- die Auswahl muss richtig getroffen werden
- die Beziehungen zwischen diesen Komponenten muss korrekt erfasst werden und
- sie müssen zu einem Muster („Fuzzy set“) vernetzt werden (vgl. Vester, 151)

## 2.5 Acht Haltungen von Systemdenkenden

„Ein Systemdenker/eine Systemdenkerin

- behält den Blick aufs Ganze
- achtet darauf, was zusammenpasst und was zusammengehört
- betrachtet die Dinge aus verschiedenen Blickwinkeln
- findet heraus, wie Dinge und Beziehungen sich mit der Zeit verändern
- findet heraus, was Handlungen bewirken können
- denkt nach über Wirkungen, die kurz, und solche, die länger andauern
- sucht nach Wegen, wie das System besser arbeiten kann
- überprüft die Wirkungen und passt wenn nötig die Handlungen an“

Frederic Vester: Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. Stuttgart. 7., durchgesehene und überarbeitete Auflage 2001.

Video zur Einführung in Fuzzy Logic (Englisch)  
[www.youtube.com/watch?v=P8wY6mi1vV8](http://www.youtube.com/watch?v=P8wY6mi1vV8)

Ursula Frischknecht-Tobler, Ueli Nagel, Hansjörg Seybold (Hrsg.): Systemdenken. Wie Kinder und Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen. Zürich 2008, S. 26.

Video „Kreise in der Luft“ - Systeme aus verschiedenen Blickwinkeln sehen  
[www.youtube.com/watch?v=Rq0On9i894s&list=UUKKCqrGel-Pi6ee9P8Fzptqw&index=7](http://www.youtube.com/watch?v=Rq0On9i894s&list=UUKKCqrGel-Pi6ee9P8Fzptqw&index=7)



### 3. Systemisches Denken in der Schule

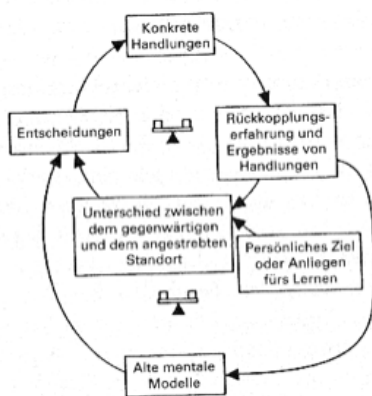
#### 3.1 Lernen als System

O'Connor/McDermott behaupten, was unmittelbar einleuchtet, dass Lernen, selbst in seiner einfachsten Ausformung, ein grundlegender Rückkoppelungskreislauf sei. (vgl. S.141)

So führen sie aus: „Sie ergreifen die Initiative, erfahren Auswirkungen Ihrer Handlungen und fällen Entscheidungen, die auf diesen Ergebnissen basieren, was zu weiteren Handlungen führt. Es ist ein sich verstärkender Rückkoppelungskreislauf. Mehr Handlungen führen zu mehr Rückkoppelung, die wiederum zu weiteren Entscheidungen führt.“ (S.142)

Werden in diesen Kreislauf die persönlichen Anliegen und Ziele des Lernenden integriert, der dann den Unterschied zwischen dem gegenwärtigen und dem angestrebten Standort wahrnimmt, entsteht ein komplexerer Kreislauf.

„Dieser Kreislauf des Lernens wird einfaches Lernen, Lernen in einem einzelnen Kreislauf oder auch manchmal Lernen erster Ordnung bzw. anpassungsfähiges Lernen genannt. [...] Einfaches Lernen läßt Ihre mentalen Modelle intakt. Sie wählen Ihre Handlungen und wählen Ihre Entscheidungen aus einem festen Repertoire an Wahlmöglichkeiten, das Teil Ihres mentalen Modells ist. Dies ändert nicht Ihre Weltsicht. Der Hauptanteil unseres Lebens ist einfaches Lernen.“ (S.144)

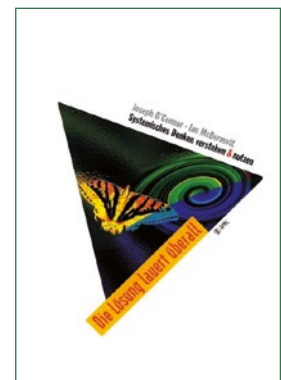


Dieses Lernen ist notwendig, wenn z.B. Handlungsabläufe automatisiert werden sollen. Es zeigt die Tendenz zur Stabilität, die allerdings auch Neues verhindert. Um Neues

finden zu können, benötigen wir eine andere Form des Lernens, die unsere mentalen Modelle einbezieht.

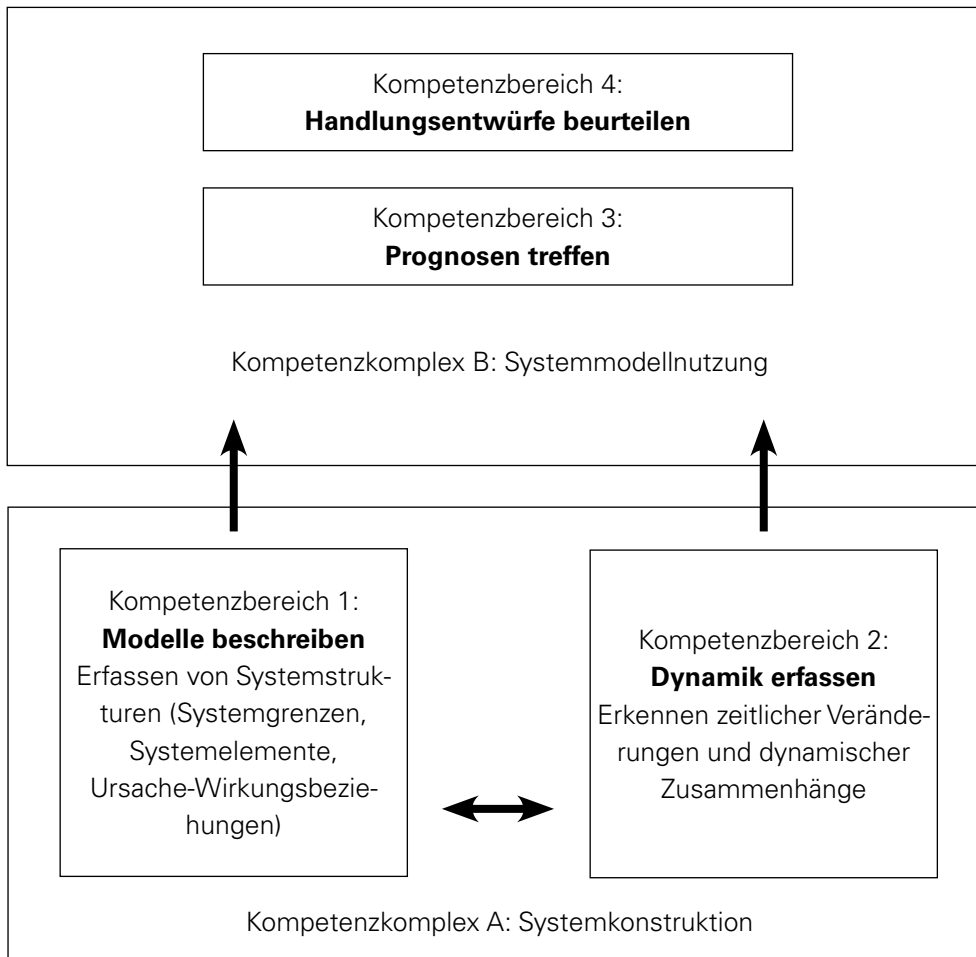
Dieses Lernen wird generatives oder Doppelkreislauf-Lernen genannt.

„Generatives Lernen macht möglich, daß unsere mentalen Modelle beeinflusst oder sogar verändert werden – und zwar durch Rückkoppelung. Ein zusätzlicher Durchlauf des Kreislaufes kann verstärkend wirken, falls er unser altes Modell bestätigt und deshalb zu denselben vorherigen Entscheidungen führt. Oder er kann neutralisierend wirken, sofern er uns dazu bringt, sie in Frage zu stellen. Der Kreislauf wird nur dann ein neutralisierender sein, wenn wir ein bestimmtes Ziel haben, etwa neugierig zu sein, unablässig sich verbessern zu wollen oder unsere Ideen und Meinungen zu befragen. Ohne ein derartiges Ziel wird der Kreislauf ein verstärkender sein, es sei denn, die Rückkoppelung fällt so bizarr und ungewöhnlich aus, daß sie uns aus unserer Selbstgefälligkeit rüttelt.“ (S.147)



Joseph O'Connor, Ian McDermott, Die Lösung lauert überall: systemisches Denken verstehen und nutzen. Kirchzarten bei Freiburg 1998, S.139ff.

### 3.2 Kompetenzmodell zum systemischen Denken



Ursula Frischknecht-Tobler, Uwli Nagel, Hansjörg Seybold (Hrsg.): Systemdenken. Wie Kinder und Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen. Zürich 2008, S. 30.

Aus diesem Kompetenzmodell entwickelte die Züricher Gruppe das folgende Curriculum von acht Lernschritten des Systemdenkens.

### 3.3 Acht Lernschritte zum Systemdenken

#### Schritt 1

##### Systeme erkennen

Kompetenzbereich: Modelle beschreiben

Der Systembegriff wird geklärt. Anhand von Beispielen wird diskutiert, was Systemgrenzen bedeuten. In Übungen werden die Elemente verschiedener Systeme identifiziert.

#### Schritt 2

##### Wirkungsbeziehungen in einem System beschreiben

Kompetenzbereich: Modelle beschreiben

Die Beziehungen zwischen verschiedenen Systemelementen eines Systems werden untersucht. Der Vernetzungskreis wird als einfaches Werkzeug eingeführt. Mit dessen Hilfe lassen sich nebst einfachen Wirkungsbeziehungen auch Wirkungsketten und erste Kreisläufe identifizieren.

#### Schritt 3

##### Wirkungsdiagramme zeichnen und Rückkopplungen (Wechselwirkungen) erkennen

Kompetenzbereich: Modelle beschreiben

Mit Hilfe des Wirkungsdiagramms als weiterem Werkzeug wird die Qualität der Wechselbeziehungen genauer analysiert. Das Konzept der Rückkopplungen wird an verschiedenen Beispielen eingeführt und die unterschiedlichen Effekte von ausgleichenden und sich verstärkenden Rückkopplungen diskutiert

#### Schritt 4

##### Veränderungen mittels Verlaufsgrafiken beschreiben

Kompetenzbereich: Dynamik erfassen

Die meisten Systemelemente sind zeitlichen Veränderungen unterworfen. Mit Fragen wie „Was passiert?“ oder „Was ändert sich?“ soll das Verständnis für zeitliche Veränderungen geweckt werden. Bereits auf der Unterstufe kann dabei mit qualitativen Verlaufsgrafiken als Werkzeug begonnen werden. Ab der oberen Mittelstufe und in der Sekundarstufe kann mit Wertetabellen in Kombination mit Verlaufskurven gearbeitet werden, was eine vertiefte Auseinandersetzung mit Verlaufsgrafiken ermöglicht.

#### Schritt 5

##### Lineares und nichtlineares Wachstum unterscheiden

Kompetenzbereich: Dynamik erfassen

Auf der Sekundarstufe lassen sich die zeitlichen Veränderungen von Systemelementen grob in zwei Hauptkategorien linear und nichtlinear einteilen und da insbesondere die exponentiellen Veränderungen thematisieren und mathematisch beschreiben. Die überraschenden Effekte von Nichtlinearität bilden einen weiteren Fokus in diesem Unterrichtsschritt.

Vgl. Bollmann-Zuberbühler, Brigitte; Frischknecht-Tobler, Ursula; Kunz, Patrick.; Nagel, Ueli; Wilhem Hamiti, Sandra: Systemdenken fördern. Systemtraining und Unterrichtsreihen zum vernetzten Denken. 1.-9. Schuljahr. Bern 2010, S. 27.

Video zum Spiel „Mittendrin“ zur Veranschaulichung von Systembeziehungen  
[www.youtube.com/watch?NR=1&v=n1MRC7AaOoA&feature=endscreen](http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=n1MRC7AaOoA&feature=endscreen)

Video zum Spiel „Rücken an Rücken“ – Rückkoppelung  
[www.youtube.com/watch?v=D16HVuXbfc](http://www.youtube.com/watch?v=D16HVuXbfc)

und „Laut und Leise“ <http://www.youtube.com/watch?v=xOH-sc4EKGWg>

**Schritt 6****Zeitliche Verzögerungen erkennen**

Kompetenzbereich: Dynamik erfassen

Betrachtet man die zeitlichen Beziehungen, welche zwischen verschiedenen Systemelementen herrschen, so stößt man auf das Phänomen der Verzögerung. Anhand von Beispielen wird die Gefahr des Unterschätzens von zeitlichen Verzögerungen diskutiert.

Video zum Spiel „Lawinentanz“ –  
exponentiellens Wachstum  
[www.youtube.com/watch?v=j2lqnnlgR60](http://www.youtube.com/watch?v=j2lqnnlgR60)

**Schritt 7****Prognosen treffen**

Kompetenzbereich: Prognosen treffen

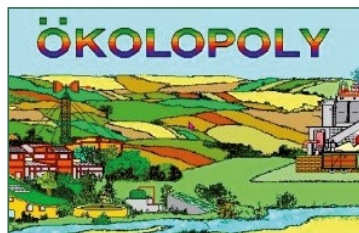
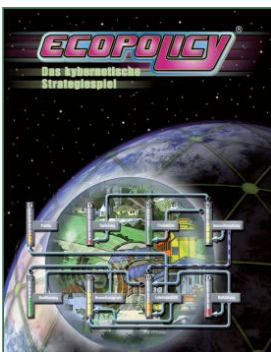
Mit den ersten sechs Schritten wird das Fundament geschaffen, sich Gedanken zu machen, wie sich ein untersuchtes System weiterentwickelt. Aufgrund der Wechselbeziehungen und der Dynamik eines Systems werden verschiedene Szenarien entworfen und vorhersagen dazu diskutiert. Archetypen wie „Grenzen des Wachstums“, „Tragödie des Allgemeingutes“ oder „Problemverschiebung“ können an dieser Stelle einfließen und mit Übungen verständlich gemacht werden.

**Schritt 8****Handlungsentwürfe beurteilen**

Kompetenzbereich: Handlungsentwürfe beurteilen

In diesem Schritt geht es darum, basierend auf den dargestellten Systemmodellen, dem Verständnis der zeitlichen Veränderung und den Prognosen konkrete Maßnahmen zur Systemoptimierung vorzuschlagen und nach Möglichkeit in die Tat umzusetzen.

Verwiesen sei auf bereits seit längerem erprobte Strategiespiele wie Ökopolpoly oder Ecopolicy. Die hier dargestellten Schritte zum systemischen Lernen verstehen sich allerdings als deutlich elementarer und damit auch als vielseitiger erarbeit- und anwendbar.



Vester, F.: Ecopolicy – Das kybernetische Strategiespiel. DVD.

Vester, F.: Ökopolpoly- ein kybernetisches Umweltspiel. Ravensburger Verlag.

### 3.4 Verfahren zur Überprüfung verschiedener Kompetenzbereiche

Es würde einen Widerspruch in sich darstellen, wenn man den Lernerfolg systemischen Wissens und Könnens als reinen Wissenstest abfragen würde. Wie überhaupt generell bei Lernprozessen sollten Schülerinnen und Schüler zunehmend in die Lage versetzt werden, ihren eigenen Lernprozess zu reflektieren und bewusst zu gestalten, wozu sich in besonderem Maße Lerntagebücher oder die Portfolioarbeit eignen.

Lernberichte oder andere Instrumente der Selbstevaluation können zur Reflexion des Lernstandes zu einem bestimmten Zeitpunkt dienen.

Bollmann-Zuberbühler u.a. schlagen folgende Verfahren zur Überprüfung der Kompetenzbereiche des Systemdenkens vor

#### Kompetenzbereich 1: Modelle beschreiben

Identifizieren von...

- Systemen und Systemgrenzen
- Relevanten Systemelementen
- Wirkungsbeziehungen, Wirkungsketten

Darstellen von ...

- Systemen mit relevanten Systemelementen, Wirkungsbeziehungen und Wirkungsketten

Identifizieren von ...

- Kreisläufen
- Ausgleichenden und verstärkenden Rückkoppelungen

#### Kompetenzbereich 2: Dynamik erfassen

- Beschreiben von zeitlichen Zusammenhängen
- Unterscheiden von linearen und nichtlinearen Zusammenhängen
- Verlaufsgrafik erstellen
- Verlaufsgrafik interpretieren

#### Kompetenzbereich 3: Prognosen treffen

#### Kompetenzbereich 4: Handlungsentwürfe beurteilen

- Abschätzen, wie sich vorgeschlagene Eingriffe in ein System auswirken können

Vgl. Bollmann-Zuberbühler, Brigitte; Frischknecht-Tobler, Ursula; Kunz, Patrick.; Nagel, Ueli; Wilhem Hamiti, Sandra: Systemdenken fördern. Systemtraining und Unterrichtsreihen zum vernetzten Denken. 1.-9. Schuljahr. Bern 2010, S. 30.

## 4. Spiele

### Mittendrin

Die Bewegung einer Person hängt von der Bewegung zweier anderer Personen ab.

Klassenstufe:	US- OS
Anzahl d. Personen:	mind. 10 Personen;
Hinweis:	nicht mehr als 12 Schüler spielen gleichzeitig, die Anderen beobachten das Geschehen und versucht, den Überblick zu behalten (was nicht gelingen wird).
Örtlichkeit:	großer Raum, offener Raum
Zeitbedarf:	20 Minuten
Material:	Zahlenschilder für die Kinder, ggf. Farben bei jüngeren Schülern
Ziele:	- Wechselwirkungen erfahren - erkennen, dass ein System sich ständig selbst organisiert und eine Veränderung viele Auswirkungen haben.

Quelle: Überliefert nach Fran Macy, 1999. Erstmals publiziert als «Triangle Game» in: The Systems Thinking Playbook» (Vol. III). Eds. L. Booth Sweeney/D. Meadows. (Univ. of Durham, NH 2001). hier leicht gekürzt nach Bollmann-Zuckerbühler, Frischknecht-Tobler et al. „Systemdenken fördern“ (2010), S. 36

#### Ablauf

Die Schüler stehen im Kreis mit Nummern um den Hals. Die Lehrperson gibt zwei Instruktionen:

1. Wähle dir zwei Personen im Kreis aus, ohne ihnen dies mitzuteilen, und merke dir deren Nummern. (Es ist in der Grundschule besser zu sagen, man solle einen Knaben und ein Mädchen wählen oder die beste Freundin dürfe nicht gewählt werden, damit niemand am Ende enttäuscht ist und sich das Spiel statt auf systemische Wechselwirkungen auf Beziehungen innerhalb der Klasse fokussiert.)
2. Bewege dich so, dass du immer den gleichen Abstand zwischen den beiden ausgewählten Personen behältst. Das heißt nicht, dass du immer in der Mitte zwischen den beiden sein musst. (Hier mit drei Kindern kurz demonstrieren, was alles mit «gleichem Abstand» gemeint sein kann.)

Auf «Los» beginnen sich die Teilnehmenden zu bewegen. Jede Bewegung löst ihrerseits viele weitere Bewegungen aus und das in einer aktiven, voneinander abhängigen Art. Alle müssen auf die beiden gewählten Personen achten und bereit sein, ständig zu reagieren. Der Prozess ist für den Einzelnen zielbewusst, erwartungsvoll und mit Lachen und Bewegung verbunden. Meist beschleunigt er sich anfänglich, dann lässt die Geschwindigkeit nach, nimmt wieder zu, verringert sich wieder, und manchmal kommt es beinahe zu einem Stillstand, zu einem Gleichgewichtszustand. Die Lehrperson lässt die Kinder maximal 5 Minuten spielen und lädt dann die Teilnehmer ein, stehen zu bleiben, wo sie sind, und beginnt mit der Auswertung.

Filmsequenz zum Spiel:

[www.youtube.com/watch?v=n1MRC7AaOoA](https://www.youtube.com/watch?v=n1MRC7AaOoA)

**Auswertung**

Nachdenken und reden über das Geschehene: «Was hast du in dieser Übung erfahren?» oder «Was geschah, wenn du versucht hast, immer den gleichen Abstand von x und y zu haben?» oder «Was hast du für eine Strategie angewendet, um den Überblick zu bewahren?»

Zurück im Schulzimmer wird ein großer Kreis an die Wandtafel gezeichnet und die Nummern der Spielenden rundherum geschrieben. Jeder Schüler zeichnet mit einer eigenen Farbe zwei Pfeile von den Nummern der Personen, die er gewählt hat, durch die er in Bewegung gebracht wurde, auf die eigene Nummer hin. Es entsteht ein kompliziertes Gesamtbild (vgl. oben rechts: erste Ansätze). Deshalb werden die Wechselwirkungen nun für einige Beispiele nachvollzogen: «2 bewegte sich, wenn 6 sich bewegte, welche sich bewegte, wenn 10 in Bewegung kam ...».

Weiterführende Fragen können sein: Was fällt euch auf bei dieser Zeichnung? (z.B. je mehr Elemente, d.h. Spielende, desto komplizierter wird alles, verschiedene Anzahl Verbindungen bei den Nummern ...). Was bedeutet es, wenn viele Pfeile von einer Zahl ausgehen? (Diese Spieler haben mehr Bewegung ausgelöst). Was heißt es, wenn keine Pfeile von einer Zahl ausgehen?

**Die große Vernetzung**

Spiel zum Sichtbarmachen von Vernetzungen bzw. zur Darstellung von Systemen. Gemeinsam wird ein Öko-System nachgestellt, die Wechselwirkungen zwischen den Elementen der belebten und unbelebten Natur werden erlebbar. Wer hängt mit wem zusammen? Wie wirkt sich der Ausfall eines System-Elements auf die anderen aus?

Quelle: Bollmann-Zuckerbühler, Frischknecht-Tobler et al. „Systemdenken fördern“ (2010), T 25; verändert nach Niederberger, K. (2004): Naturerlebnis Wald. Luzern: Rex verlag

Klassenstufe	MS – OS
Anzahl d. Personen	10 – 20 Personen
Örtlichkeit:	Im Freien, empfindliche Geländebereiche meiden
Zeitbedarf:	max. 30 Minuten
Material:	Tanzzapfen oder Aststücke, Schnurknäuel
Ziele:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Komplexität der Beziehungen in einem System erleben</li> <li>- Die verschiedenartigen Wechselwirkungen zwischen den Elementen der belebten und unbelebten Natur spielerisch erfahrbar machen</li> <li>- Das Gleichgewicht in Systemen erleben und darüber nachdenken.</li> </ul>

**Ablauf**

Die Gruppenmitglieder stehen im Kreis und die Lehrperson hält einen Knäuel Schnur in der Hand. Es wird der Schnurknäuel von einer Person zur anderen geworfen und beim Weiterwerfen behält jede Person einen Faden in der Hand. Die Spielleitung beginnt in Bezug auf ein Ökosystem, beispielsweise den Wald, folgendermaßen: «Ich bin die Sonne. Alle Pflanzen leben von meinem Licht. Wer kennt eine Pflanze, die im Wald wächst?» ... «Veilchen.» Diejenige Person, welche das Veilchen genannt hat, spielt nun diese Rolle und erhält das eine Ende der Schnur. Sie fragt: «Und wer frisst das Veilchen?» ... «Ameisen (fressen das nahrhafte Anhängsel am Samen).» ... Der Schnurknäuel wandert zu jener Person, welche die Ameise genannt hat. Und weiter: «Womit bauen Ameisen ihr Nest?» «Tannennadeln.» ... Nach und nach werden so alle Kinder miteinander verbunden und es entsteht das Bild, dass alle miteinander in Beziehung stehen und voneinander abhängen (Abhängigkeiten nicht nur in Bezug auf Nahrung, auch auf Lebensraum, Kooperation).

Um zu demonstrieren, wie wichtig jeder Einzelne für die Gemeinschaft ist, lässt man auf plausible Weise ein Lebewesen aus der Kette wegfallen. Zum Beispiel tötet ein Feuer einen Baum. Wenn der Baum fällt, reisst das Kind, welches ihn verkörpert, an der Schnur in seiner Hand. Jede Person, die den Ruck spürt, ist vom Tod des Baumes betroffen und zieht nun ihrerseits an der Schnur ... und so weiter, bis alle merken, dass durch die Zerstörung des Baumes das Gleichgewicht im ganzen Netz betroffen ist.

**Auswertung**

Was habt ihr erlebt? Was habt ihr im Verlauf des Spiels beobachtet? Konntet ihr den Überblick behalten und wenn ja, wie? Was bedeutete es für euch, Elemente in diesem System zu sein?

Stellt euch vor, das Ganze sei ein funktionierendes Ökosystem mit einer Vielzahl von Beziehungen irgendwelcher Art, und diskutiert dann, was passiert, wenn ein Element ausfällt. In der Natur ist es ja meist nicht so, dass beim Ausfall eines «Kettengliedes» gleich das ganze System blockiert wird. Es ist möglich, dass ein anderes Element in die frei gewordene Lücke springt. Überlegt euch gemeinsam, ob es in Ökosystemen wichtigere und weniger wichtige Elemente gibt.



## Balance halten

Wie wichtig der Fluss von Information durch ein System und die möglichst rasche Wahrnehmung von Wirkungen einer Handlung ist, zeigt diese Übung, die in verschiedenen Varianten gespielt werden kann. Bei Rückkopplungen ist die Tendenz zur Übersteuerung gross (Variante 1) – andererseits wird durch übervorsichtiges Verhalten einzelner Teilnehmenden die Erfüllung des Ziels verlangsamt, wenn nicht gesprochen werden darf oder der Sehsinn ausgeschaltet ist (Variante 2).

In diesem Spiel kann man Rückkopplungen direkt erleben und erfahren, wie systemisches Zusammenspiel funktionieren kann.

Quelle: urspr. Dennis Meadows:  
Workshop vom 28.8.2009 in Zürich;  
hier: Bollmann-Zuckerbühler, Frisch-  
knecht-Tobler et al. „Systemdenken  
fördern“ (2010), T 44;

Klassenstufe:	US- OS
Anzahl d. Personen:	----
Örtlichkeit:	Klassenzimmer oder draußen
Zeitbedarf:	3 bis 15 Minuten (je nach Diskussion)
Material:	(Bambus)Stab für ca: 6-8 TN, ca: 1,50m lang
Ziele:	- Rückkopplungen direkt erleben - erfahren, wie system. Zusammenspiel funktionieren kann

### Ablauf

#### Variante 1

Ca. 6 Teilnehmende stehen nebeneinander und halten – mit der Handfläche nach oben – einen ca. 2 m langen Stab in horizontaler Lage etwa auf Höhe des Bauchnabels. Dann schließen sie die Augen. Der Stab soll in gleicher Höhe gehalten werden. Der Kontakt der Hände zum Stab darf nie verloren gehen. Die restlichen Teilnehmenden beobachten, was geschieht.

Anschließend versucht sich eine Gruppe derer, die vorher das Geschehen beobachtet haben, an der Aufgabe. Sie dürfen sich vorher besprechen. Gelingt es ihnen besser, den Stab mit geschlossenen Augen auf der gleichen Höhe zu halten?

#### Variante 2

Ein Stab wird von ca. 6 Teilnehmenden mit beiden Zeigefingern getragen. Ziel ist es, den Stab oder

Ring sicher am Boden abzulegen, ohne dabei zu sprechen und ohne jeden Kontakt zum Stab zu unterbrechen. In einem zweiten Durchgang ist Sprechen erlaubt. Ändert sich etwas?

Wenn eine Gruppe leicht mit der Aufgabe zurechtkommt, kann man versuchen, sie mit geschlossenen Augen, sich nur auf den Tastsinn verlassend, zu machen.

**Auswertung**

Was ist geschehen? Bleibt der Stab immer auf der gleichen Höhe? Wie haben das die Versuchsteilnehmenden empfunden? Aus dem Bestreben, den Stab ja nicht tiefer zu halten, wird meist überkompensiert. Der Stab hebt sich, statt gleich zu bleiben oder sich zu senken. Wenn einzelne Teilnehmende die Hände leicht höher halten, gehen die anderen Teilnehmenden mit, um den Kontakt zum Stab nicht zu verlieren. Es liegt eine verstärkende Rückkopplung vor, die mit guter

Teamarbeit immer wieder in eine ausgleichende Rückkopplung überführt wird. Um die Übung zu vertiefen, kann man beispielsweise die folgende Frage aufwerfen: Was lernen wir aus dieser Übung über die Zusammenarbeit in einer Gruppe? Was kann man tun, damit diese gelingt?

**Das Fischerspiel**

Klassenstufe	MS- OS
Anzahl d. Personen:	---
Örtlichkeit:	Klassenzimmer
Zeitbedarf:	3 bis 15 Minuten (je nach Diskussion)
Material / Rollen:	Es gibt drei Fischerclans (Schüler) Es gibt einen Spielleiter (in der Regel der Lehrer).

**„Fischer zerstören ihre Fanggründe**

Manila (dpa). Mit Dynamit und dem Gift Natriumzyanid richteten philippinische Fischer die letzten Korallenriffe der Philippinen zugrunde. Dr. Vaughan Pratt, Präsident der internationalen Marinelifelife Association, berichtete in Manila, in philippinische Meeresgewässer würden jährlich etwa 150 000 Kilogramm Natriumzyanid gesprüht. Diese giftige Substanz zerstöre unweigerlich die letzten Korallenriffe der Philippinen. Diese Riffe sind die natürlichen Brutstätten für Fische und andere Seelebewesen, bis zu 35 Tonnen Fisch leben auf einem Quadratkilometer in einem intakten Korallenriff. Ein durch Dynamitsprengung beschädigtes Riff benötigt 38 Jahre, um wieder auf die Hälfte seiner ursprünglichen Größe zu wachsen, sagte Pratt. Aber beim Einsatz von Zyanid sei es verloren.

Die immer größer werdende Zerstörung der Riffe bringe den Philippinen jährlich Fischfangverluste von bis zu 160 Millionen Kilogramm, erklärte Pratt.

(Schwäbisches Tagblatt, 17.2.1992)

Quelle: Ziefle, W.: Das Fischerspiel. Die Allmendeklemme. Ein Beitrag zur politischen Bildung und zur Werteerziehung. In: Breit, G.; Schiele, S. (Hrsg.) (2000): Werte in der politischen Bildung. Wochenschau Verlag, Frankfurt.

Es leuchtet ein, dass das Ergebnis alles andere als befriedigend ist- langfristig weder für den einzelnen Fischer, noch für die Gesamtheit. Deshalb: Ist das Verhalten der Fischer nicht unvernünftig und verantwortungslos? Was bewegt sie dazu? Welche Alternativen hätten sie? Welchen Rat könnte ihnen ein besorgter Außenstehender geben?

Das Problem ist als „tragedy of the commons“ bekannt, als „Tragödie der Gemeingüter“, oder als „Allmendeklemme“ (vgl. Garret Hardin: The Tragedy of the Commons. In: Science 162/1968, S. 1243-1246). Das Fischerspiel will Schülern diese Allmendeklemme erfahrbar machen, indem sie in die Rolle von Fischern schlüpfen. Sie erleben zunächst die „Tragödie“, sie führen sie im Wortsinne spielend herbei. Anschließend sollen sie die Struktur der Allmendeklemme und damit des Problems erkennen, wie nämlich unter bestimmten Rahmenbedingungen durchaus rationale Erwägungen nahezu zwangsläufig dazu verleiten, den Weg in die Katastrophe zu gehen. Im dritten Schritt suchen die Schüler nach einer Lösung des Problems („Verfassungsspiel“) und im vierten Schritt wird das Allmende-Dilemma auf reale politische Problembereiche übertragen.

#### **Ablauf**

Die drei Fischerclans leben ausschließlich von den Fischen, die sie im See fangen.

Den Fischern wird die- bewusst zweideutige- Maxime vorgegeben: „So viel Fische fangen, wie möglich“. Auch auf Nachfragen der Fischer interpretiert der Spielleiter diese Vorgabe nicht!

Die Bootsbesatzungen hören nichts voneinander, sie können auch nicht miteinander reden. Sie kennen das Regenerationsverhalten der Fische nicht, sie werden aber vom Spielleiter vor jeder neuen Fangsaison darüber unterrichtet, wieviel die anderen in der vergangenen Saison gefischt haben und wie hoch der neue Fischbestand im See ist.

Wenn der Fischbestand stark abgenommen hat, steht es dem Spielleiter frei, ein „Wunder“ passieren zu lassen. Es entspricht der Natur eines Wunders, dass die Fischer nicht damit rechnen konnten. Die Absicht dabei ist, den Spielern eine zweite Chance zu geben. Es könnte immerhin sein, dass sie inzwischen gelernt haben, kooperativere Strategien zu wählen.

Umgekehrt kann der Spielleiter auch eine plötzliche Fischkatastrophe mit dramatisch gesunkenen Beständen verkünden.

Der Spielleiter bestimmt den Moment, ab dem es den Fischern- für sie überraschend- freigestellt ist, mit den anderen zu reden und zu verhandeln. Interessant werden die Verhandlungen besonders dann, wenn es inzwischen „reiche“ und „arme“ Fischer gibt.

Die Fischer kennen die Zahl der Fangsaisonen nicht, der Spielleiter bestimmt das Ende des Spiels.

**Auswertung**

Nach dem Ende des Spiels haben die Schüler in der Regel ein sehr starkes Bedürfnis, sich zu äußern. Sie wollen zum Beispiel „Dampf ablassen“, ihren Ärger los werden, das eigene Verhalten erläutern, sich rechtfertigen, das Verhalten der anderen beurteilen und kritisieren, sich zu den Entscheidungsprozessen und zu den Gruppendynamischen Abläufen innerhalb der eigenen Bootsbesatzung äußern, sagen, was sie in ihren Augen durch das Spiel bisher gelernt haben, das Spiel beurteilen, es kritisieren. Diese Phase sollte sich unmittelbar an das Spiel anschließen.“

Mit dem Spiel soll erstens gezeigt werden, dass die Allmendeklemme mit der Hilfe des Fischerspiels eindrücklich vermittelt werden kann, dass zweitens die Allmendeklemme ein Modell liefert, mit dem eine große Zahl sozialer Prozesse und vielfältige soziale, ökonomische, politische Probleme vereinfacht dargestellt werden können und dass drittens Politik in der Form institutionalisierter Kooperation einen Weg aus dem Dilemma öffnet. Insgesamt werden auf diese Weise Einsichten ermöglicht, die sonst im Dickicht der Komplexität vielleicht verborgen blieben.

Nach dieser Vorstellung des Fischerspiels im ersten Teil soll im zweiten Teil die Frage im Mittelpunkt stehen, was das Fischerspiel zur Werteerziehung im Geographie- und Politikunterricht beisteuern kann.

[www.lpb-bw.de/publikationen/did\\_reihe/band22/ziefle.htm](http://www.lpb-bw.de/publikationen/did_reihe/band22/ziefle.htm)

## 5. Literaturhinweise

### Basistexte

- Dörner, Dietrich: Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Reinbek bei Hamburg 2003 sowie 2007
- O'Connor, Joseph, McDermott, Ian: Die Lösung lauert überall. Systemisches Denken verstehen und nutzen. Kirchzarten bei Freiburg 1998
- Senge, Peter M.: Die fünfte Disziplin. Kunst und Praxis der lernenden Organisation Stuttgart 1996.
- Vester, Frederic: Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. Stuttgart 2001

### Didaktisch-Methodisches, Unterrichtsideen

- Bollmann-Zuberbühler, Brigitte; Frischknecht-Tobler, Ursula; Kunz, Patrick,; Nagel, Ueli; Wilhem Hamiti, Sandra: Systemdenken fördern. Systemtraining und Unterrichtsreihen zum vernetzten Denken. 1.-9. Schuljahr. Bern 2010
- Frischknecht-Tobler, Ursula; Nagel, Ueli; Seybold, Hansjörg (Hrsg.): Systemdenken. Wie Kinder Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen. Zürich 2008
- Rempfler, Armin; Uphues, Rainer: Systemkompetenz und ihre Förderung im Geographieunterricht. In: Geographie und Schule 189 (2011), S.22-33
- Rieß, Werner: Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Förderung des systemischen Denkens. In: Anliegen Natur 35 (2013), S.55-64

### Klassiker

- Bertalanffy, Ludwig von: General System Theory. Foundations – Development Applications. London 1971
- Luhmann, Niklas: Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie. Frankfurt 1984

### Aktuellere Anwendungen auf unterschiedliche Disziplinen

- Brand, Frank: Komplexe Systeme. Neue Ansätze und zahlreiche Beispiele. München 2013
- Bossel, Hartmut: Modellbildung und Simulation. Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme. Braunschweig, Wiesbaden 21994
- Hölz, Michaela: Der Globetrotter Sustainable Development. Auf den Spuren eines Leitbilds mit der Luhmannschen Systemtheorie als Landkarte. München 2012
- König, Eckard; Vollmer, Gerda: Systemisch denken und handeln München 2005
- Lehnert, Martin: Gibt es Konflikte? Eine systemtheoretische Beobachtung. Heidelberg 2006
- Schurz, Josef: Systemdenken in der Naturwissenschaft. Von der Thermodynamik zur allgemeinen Systemtheorie. Heidelberg 2006
- Senge, Peter M.; Smith, Brian; Kruschwitz, Nina; Laur, Joe; Schley, Sara: Die notwendige Revolution. Wie Individuen und Organisationen zusammenarbeiten, um eine nachhaltige Welt zu schaffen. Heidelberg 2011
- Siebert, Horst: Vernetztes Lernen. Systemsich-konstruktivistische Methoden in der Bildungsarbeit. München 2003
- Simon, Fritz B.: Einführung in die Systemtheorie des Konflikts. Heidelberg 2010.

## Projektleitung und Projektkoordination

### Achim Beule

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport

Thouretstraße 6  
70173 Stuttgart

Telefon 0711 279-2890  
Telefax 0711 279-2577

Achim.Beule@km.kv.bwl.de  
www.km-bw.de

### Prof. Dr. Hansjörg Seybold

Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Römerstraße 14  
71665 Vaihingen/Enz

Telefon 07042 6921  
Telefax 07042 6905

DrSeybold@web.de

Sollte trotz aller Bemühungen um Klärung von Urheberrechten ein Irrtum aufgetreten sein, bitten wir darum, sich mit den Herausgebern in Verbindung zu setzen, damit ggf. notwendige Korrekturen vorgenommen werden können.