



IMPULSE ZUR UNTERRICHTSENTWICKLUNG

Systemdenken fördern

Systemtraining und Unterrichtsreihen
zum vernetzten Denken 1.–9. Schuljahr

**Brigitte Bollmann-Zuberbühler, Ursula Frischknecht-Tobler, Patrick Kunz,
Ueli Nagel, Sandra Wilhelm Hamiti**

Systemdenken fördern

Systemtraining und Unterrichtsreihen
zum vernetzten Denken

1.–9. Schuljahr

Impressum

Brigitte Bollmann-Zuberbühler, Ursula Frischknecht-Tobler, Patrick Kunz, Ueli Nagel, Sandra Wilhelm Hamiti

Systemdenken fördern
Systemtraining und Unterrichtsreihen zum vernetzten Denken

In der Reihe «Impulse zur Unterrichtsentwicklung»

Erprobung:

Systemtraining Primarstufe

Thomas Maurer, 4.– 6. Klasse, Wil SG; Andreas Büchel, 3. Klasse, Flawil; Sarah Diem, 4. Klasse, Flawil; Ursula Frey, 5. Klasse, Flawil; Simone Hefti und Esther Steiner, 2. Klasse, Flawil; Bruno Huber, 6. Klasse, Flawil; Cécile und Peter Sutter, 5. Klasse, Flawil; Silvana Würth, 1. Klasse, Flawil; Andrea Rutz-Nideröst, 1. Klasse, Flawil

Systemtraining Sekundarstufe

Yvonne Eggenberger, Weisslingen; Reinhard Gut, Dübendorf; Silvio Trinkler, Weisslingen; Urs Wirth, Illnau-Effretikon

Aquaponic

Hansjörg Bauer, Sekundarstufe, Goldach; Michael Boesch, Sekundarstufe, Abtwil

Wald*

Andrea Bärzfuss, 1.–3. Primar, Hinwil; Mark Plüss, 4.–6. Primar, Hinwil; Franziska Spörri, 2.–3. Primar, Hinwil

Treibhauseffekt*

Rolf Luder, Sekundarstufe, Oberbüren; Ruedi Manser, Sekundarstufe, Gossau SG

* Diese Einheiten erscheinen später in anderen Publikationen

Lektorat: Christian Graf, Bern

Gestaltung: grafikwerkstatt upart, Bern

Die Publikation entstand im Rahmen der Forschungsgruppe SYSDENE (Projektleitung: Ueli Nagel und Ursula Frischknecht-Tobler) mit Unterstützung der PH des Kantons St.Gallen, der PH Zürich und der ZHAW Wädenswil. Für die finanzielle Unterstützung danken wir der Hamasil-Stiftung und dem Bundesamt für Umwelt BAFU.

Nicht in allen Fällen war es dem Verlag möglich, den Rechteinhaber ausfindig zu machen. Berechtigte Ansprüche werden im Rahmen der üblichen Vereinbarungen abgegolten.



© 2010 Schulverlag plus AG

1. Auflage 2010

Art.-Nr. 85092

ISBN 978-3-292-00628-8

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG	6
1. GRUNDLAGEN	9
1.1 Die Welt in Systemen	9
1.2 Das Kompetenzenmodell zum Systemdenken	11
1.3 Konzepte und Werkzeuge zum Systemdenken	12
1.4 Haltungen im Systemdenken	14
1.5 Vom Denken zum Handeln	17
1.6 Systemisches Denken als Bildungsziel der Volksschule	17
2. SYSTEMDENKEN IM UNTERRICHT	24
2.1 Lehr- und Lernverständnis	24
2.2 Umsetzungsmodelle zum Systemdenken	24
2.3 Lernschritte zum Systemdenken	26
2.4 Reflexion, Beurteilung und Bewertung von Systemdenken	28
2.5 Systemdenken anwenden (Transfer)	31
3. UNTERRICHTSEINHEITEN	33
3.1 Aufbau der Unterrichtseinheiten	33
3.2 Unterrichtseinheit: Systemtraining Primarstufe	38
3.3 Unterrichtseinheit: Systemtraining Sekundarstufe	54
3.4 Unterrichtseinheit: Aquaponic (Sekundarstufe)	76
3.5 Systemdenken in thematischen Unterrichtssequenzen	90
LITERATUR-, QUELLEN- UND BILDVERZEICHNIS	92

Im zweiten Beispiel – «Erfolg den Erfolgreichen» – konkurrieren sich zwei Aktivitäten oder Lebensbereiche um eine begrenzte Ressource, hier die Zeit. Je mehr davon in eine Richtung fließt und dort Erfolg bringt, desto mehr entzieht sie der anderen. Das kann so lange dauern, bis die Situation eskaliert.

Diese Beispiele zeigen: Es braucht Werkzeuge zum Hinterfragen der Denkweisen und der tief verwurzelten Vorstellungen über das Wesen und das Funktionieren der Dinge auf der Welt. Es braucht auch Haltungen, die man sich angewöhnen muss, um die eigene Perspektive auszuweiten, um Veränderungen zu verstehen und vorauszusehen und unerwünschte Folgen abzuwenden. Entscheidungen trifft man jeden Tag, Probleme löst man ständig – warum nicht mit systemischem Denken und seinen Techniken, die dabei unterstützend wirken können?

Menschen sind natürlicherweise Systemdenker, doch wie jede Fähigkeit muss auch diese verstanden, gefördert und gepflegt werden.

1.2 Das Kompetenzenmodell zum Systemdenken

Aus den hier dargelegten grundlegenden Einsichten entstand als Folge von Forschungsprojekten (Frischknecht et al., 2008) ein einfaches Kompetenzenmodell zum Systemdenken, welches sowohl für die Lehrplanentwicklung wie auch für die Unterrichtsvorbereitung brauchbar ist.

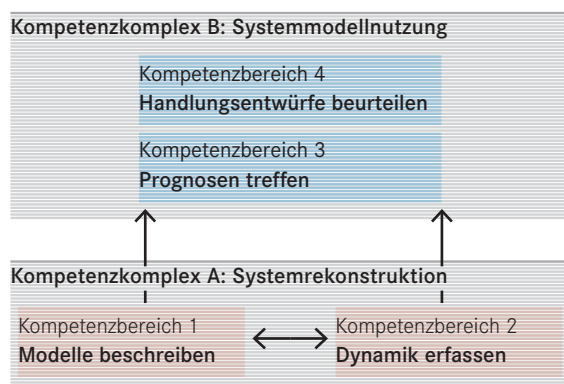
(→ Abbildung 4)

Dieses Kompetenzenmodell enthält die zwei Kompetenzkomplexe Systemrekonstruktion (roter Bereich) und Systemmodellnutzung (blauer Bereich).

Systemrekonstruktion: Man beginnt sinnvollerweise mit dem Kompetenzbereich 1, der Beschreibung von Systemen. Die einfache und gleichzeitig schwierige Frage, was ein System auszeichnet und von einem Nichtsystem, einem Haufen, unterscheidet, was unter Wechselwirkungen und was unter Rückkopplungen zu verstehen ist, steht im Vordergrund. Doch sehr rasch kommt mit den Wechselwirkungen auch der Einbezug der zeitlichen Dynamik des Kompetenzbereichs 2 dazu. Der Einfluss der Zeit und die damit verbundene Dynamik äussern sich in Veränderungen, die sich über einen Zeitraum hinweg beobachten und messen lassen. Viele dieser Veränderungen erfolgen nichtlinear und treten häufig erst mit einer zeitlichen Verzögerung in Erscheinung, was die Beobachtung und die Beurteilung sehr erschwert.

Systemmodellnutzung: «Was ist?» ist die weniger wichtige Frage als «Was passiert?» oder «Was verändert sich?». Die Kompetenzbereiche 3 und 4, Prognosen treffen und Handlungsentwürfe beurteilen, sind Voraussetzungen für systemgerechtes Handeln. Die handlungsorientierte Komponente






Abbildung 4 Kompetenzenmodell Systemdenken


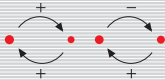


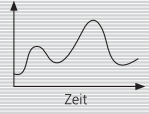

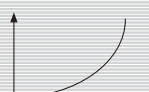



des Kompetenzkomplexes B setzt sich aus zwei Fähigkeiten zusammen: erstens aus der Fähigkeit, dank der Systemrekonstruktion gedanklich Strategien zu entwickeln und Voraussagen zu machen und auf dieser Basis dann zweitens Handlungsmöglichkeiten zu entwerfen und auszuarbeiten. Beide Fähigkeiten bleiben auf der Volksschulstufe auf geeignete Situationen in einfachen Systemen beschränkt und werden vor allem im Zusammenhang mit den Haltungen zum Systemdenken thematisiert.

1.3 Konzepte und Werkzeuge zum Systemdenken

Um diese Kompetenzen in der Schule systematisch aufzubauen, 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 eigentliche Veranschaulichungshilfen, die das Erkennen und Darstellen von Systemstrukturen und -eigenschaften erleichtern. Alle Konzepte und Werkzeuge, die im Unterrichtshandbuch vorkommen, sind mit einem entsprechenden «Ikon» und einem konkreten Beispiel in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Konzepte und Werkzeuge	Beschreibung	Beispiele
Systemelemente 	Jedes System setzt sich zusammen aus verschiedenen Bestandteilen, den Systemelementen.	Die verschiedenen Organe sind Systemelemente des Körpers.
Systemgrenze 	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.
System 	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.
Wirkungsbeziehung 	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.
Wirkungskette 	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										
Kreislauf 	<p>Ein Systemelement kann über eine Wirkungskette wieder auf sich selbst zurück wirken.</p>	<p>Das Zurückhalten von Wasser wird wiederum von den Sensoren registriert und stoppt im Gehirn die Ausschüttung des entsprechenden Hormons.</p>										
Ausgleichende und verstärkende Rückkopplung 	<p>In Kreisläufen können sich die Wirkungen</p> <ul style="list-style-type: none"> – ausgleichen. Es entsteht ein Fließgleichgewicht (ausgleichende Rückkopplung). – auf- oder abschaukeln. Es entsteht ein Verstärkungskreis (verstärkende Rückkopplung). 	<p>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.</p>										
Vernetzungskreis 	<p>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.</p>											
Wirkungsdiagramm 	<p>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.</p>											
Wertetabelle <table border="1" data-bbox="172 1120 284 1211"> <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	<p>Veränderungen im Laufe der Zeit lassen sich mit dem Werkzeug einer Wertetabelle erfassen.</p>	
Runden	Anzahl											
1	1											
2	4											
3	16											
4	25											
Verlaufsgrafik 	<p>Systemelemente und ihre Wirkungsbeziehungen ändern im Laufe der Zeit. Solche Änderungen werden in Verlaufsgrafiken dargestellt.</p>	<p>Die Anzahl Schüler einer Schule, das Kapital auf einem Bankkonto usw. verändern sich im Laufe der Jahre.</p>										
Lineare Veränderung 	<p>Veränderungen können gleichmässig, also linear zu- oder abnehmen.</p>	<p>Die Uhrzeit oder das Auffüllen einer Badewanne mit einem gleichmässigen Wasserstrahl.</p>										
Exponentielle Veränderung 	<p>Veränderungen können aber auch immer rascher, also exponentiell zu- oder abnehmen.</p>	<p>Der «Lawinentanz», ein verzinstes Sparguthaben oder ein Kettenbrief sind Beispiele von exponentiellem Wachstum.</p>										
Verzögerung 	<p>Je nach Art der Wirkungsbeziehungen, die zwischen verschiedenen Systemelementen vorhanden sind, können zum Teil sehr lange Zeitverzögerungen eintreten, bevor ein Effekt erfolgt.</p>	<p>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.</p>										

2. Systemdenken im Unterricht

2.1 Lehr- und Lernverständnis

Die Autorinnen und Autoren dieses Unterrichtshandbuchs gehen von einem moderat konstruktivistischen Lehr- und Lernverständnis aus. Wissen wird von den Lernenden nicht einfach übernommen, sondern in konkreten Situationen aktiv konstruiert und als nützlich erfahren. Gerade beim systemischen Denken geht es nicht darum, klare Linien zwischen richtig und falsch zu ziehen. Mit den Haltungen und Werkzeugen wird eine Denkweise gelernt und geübt, mit der die Kinder und Jugendlichen aktiv und selbstgesteuert, aber auch kooperativ und im kontinuierlichen Austausch und unter Einbezug verschiedener Perspektiven Wissen und Fähigkeiten erwerben. Lehren bedeutet dann neben Darbieten und Erklären vielfach auch Anregen, Beraten, Unterstützen, Anleiten, Ermutigen und Hinterfragen.

Der Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern ist durch ein bestimmtes Lehr- und Lernverständnis, von dem aus die Lehrpersonen ihren Unterricht planen, noch nicht garantiert. Lernerfolg ist das Produkt und die Wechselwirkung verschiedener weiterer Faktoren wie Kontext, Unterrichtszeit, Nutzung und Ertrag der Lernaktivitäten, Lernpotenzial und Herkunft der Kinder (vgl. z. B. Helmke, 2007). Davon ist das Handeln der Lehrperson nur ein – allerdings nicht unwichtiger – Teil. Systemdenken kann auch benutzt werden, um den Unterricht zu planen, um das Geschehen im Unterricht selbst zu betrachten und um den eigenen Standpunkt zu reflektieren.

2.2 Umsetzungsmodelle zum Systemdenken

Wie lässt sich Systemdenken konkret in den Unterricht integrieren?

Grundsätzlich gibt es die beiden Umsetzungsmodelle «Systemtraining» und «Themenorientierung» (vgl. Frischknecht-Tobler et al., 2008).

A) Überfachlicher Zugang: Systemtraining (vgl. Kap. 3.2 und 3.3)

Im Zentrum steht das Systemdenken selbst. Dieses Umsetzungsmodell sieht vor, dass die verschiedenen Systemkonzepte, Werkzeuge und Haltungen Schritt für Schritt anhand ganz unterschiedlicher thematischer Beispiele erarbeitet werden. Die Beispiele können in verschiedenen Fächern wie Deutsch, Mathematik, Natur-Mensch-Gesellschaft oder Gestalten bearbeitet werden. Ein wichtiger Vorteil beim Systemtraining sind die aufeinander abgestimmten Sequenzen zu den Konzepten und Werkzeugen systemischen Denkens. Dies geschieht an einer breiten Palette von

«Systemtraining ermöglicht Anwendungen im Alltag und Verknüpfung mit jedem Thema.»

Sekundarlehrerin

«Mir hat es geholfen, Wissen einzuordnen und Dinge zusammenzuhängen.»

Primarlehrer

Themen, wodurch die fächerübergreifende Anwendung systemischen Denkens bereits in der Unterrichtsreihe zum Tragen kommt. In jeder Sequenz wird auf die vorhergehende zurückgegriffen und darauf aufgebaut. Der Nachteil ist, dass die Themen, an denen ein Systembegriff oder ein Werkzeug eingeführt und geübt wird, nicht vertieft besprochen werden. Eine Vertiefung der Inhalte wäre natürlich möglich, das gesamte Systemtraining zieht sich dadurch aber in die Länge. Es ist vor allem in der Sekundarstufe I durchaus vorstellbar, dass das Systemtraining (zum Teil wegen fehlender Grundkenntnisse) aufgeteilt wird: Im ersten Jahr wird eine Basis zum Systemdenken gelegt und an unterschiedlichen Übungsbeispielen thematisch vertieft. Später oder auch erst im zweiten Jahr werden die eingeführten Systemkonzepte kurz repetiert und darauf aufbauend der nächste Schritt im Systemdenken gemacht und wiederum an einem Thema geübt.

B) Themenorientierung (vgl. Kap. 3.5)

Bei diesem Umsetzungsmodell bildet ein geeignetes Thema den roten Faden. Anhand dieses Themas werden die verschiedenen Systemkonzepte, Werkzeuge und Haltungen mit der Klasse erarbeitet. Der gewohnte Unterricht wird also «systemdenkend angereichert».

Mit Themen zu arbeiten hat den Vorteil, dass der für Schülerinnen und Schüler wie auch für Lehrpersonen gewohnte thematische Fokus bestehen bleibt und die Wissensbasis zum behandelten Inhalt, auf die man aufbauen kann, breiter ist. Andererseits besteht die Gefahr, dass der systemische Teil im thematischen untergeht und nicht gründlich genug eingeführt, aufgebaut und geübt wird.

Das themenorientierte Umsetzungsmodell wird normalerweise in einem Stück behandelt und nicht aufgeteilt. Ein Transfer von Systemkonzepten, Werkzeugen und Haltungen auf neue Themen ist anzuraten, damit das Gelernte weiter gefestigt werden kann. Für Geübtere ist auch die Variante denkbar, dass anhand eines ersten Themas grundlegende Systemkonzepte eingeführt werden. Ein paar Monate später können anhand eines anderen Themas die bereits eingeführten Systembegriffe aufgefrischt und mit geeigneten Aktivitäten durch neue Werkzeuge, Haltungen usw. erweitert werden.

C) Mischform Themenorientierung mit Mini-Systemtraining (vgl. Kap. 3.4)

Als drittes Umsetzungsmodell bietet sich eine Kombination der beiden vorher beschriebenen Reinformen an. Nach einem kurzen Systemtraining werden die eingeführten Konzepte und Werkzeuge gleich an einem konkreten Thema angewendet.

Dieses Unterrichtshandbuch bietet insgesamt drei Unterrichtseinheiten mit mehreren Sequenzen für die Primar- und Sekundarstufe: pro Stufe je eine Einheit nach dem Modell «Systemtraining». Die dritte Einheit, eine Mischform aus beiden Ansätzen, ist für die Sekundarstufe ausgearbeitet: (→ Abbildung 8)

Die Unterrichtseinheit «Aquaponic» ist praktisch und handlungsorientiert angelegt. Die Einheit lässt sich von Lehrpersonen mit Flair für biologische Experimente bereits für die 6. Klasse adaptieren.

Welcher Zugang – Systemtraining, Themenorientierung oder Mischform – gewählt wird, hängt von der Unterrichtsplanung und den Interessen der Lehrperson sowie vom Vorwissen der Schülerinnen und Schüler ab. Unabhängig vom gewählten Zugang empfiehlt es sich, im Sinne eines Spiralprinzips systemisches Denken in jedem Schuljahr wieder zu thematisieren und Konzepte, Werkzeuge und Haltungen von systemischem Denken immer wieder im Unterricht zu nutzen.

2.3 Lernschritte zum Systemdenken

Der Aufbau des Systemtrainings – unabhängig davon, welches Umsetzungsmodell gewählt wird – ist in den Grundzügen immer derselbe. Im Folgenden wird eine mögliche Abfolge von Lernschritten im Systemdenk-Unterricht beschrieben. Dieser rote Faden – zum Teil leicht variiert – liegt auch den Unterrichtseinheiten von Kapitel 3 zu Grunde. Doch ist zu beachten, dass nicht immer alle Schritte zum Zug kommen und auch die angegebene Reihenfolge leicht verändert werden kann. In den Schritten 1 bis 6 geht es im Wesentlichen um den ersten Teil des Kompetenzmodells, um die Systemrekonstruktion (vgl. S. 11) – das Verstehen und Wiedergeben eines Systems in Worten, Zeichnungen, qualitativen oder quantitativen grafischen Darstellungen. Dazu gehören die beiden Kompetenzbereiche «Modelle beschreiben» und «Dynamik erfassen».

In den Schritten 7 bis 9 kommen Aspekte der Systemmodellnutzung hinzu mit der Grundfrage, was das vorher dargestellte Modell für Voraussagen oder Handlungsentwürfe ermöglicht. Dabei werden zusätzlich zu den Konzepten einzelne Archetypen nach Senge (vgl. Kap. 1.3) eingeführt. Die Haltungen zum Systemdenken können und sollen in die einzelnen Lernschritte eingebaut werden.

Abbildung 8 Übersicht zu den Unterrichtseinheiten und deren Umsetzungsmodelle

Umsetzungsmodell	Unterrichtseinheit	Kurzbeschreibung
A) Systemtraining	Systemtraining Primarstufe	Überfachlicher Zugang: Konzepte, Werkzeuge, Haltungen werden an verschiedenen Themen erläutert.
	Systemtraining Sekundarstufe	Unterbruch nach einzelnen Sequenzen ist möglich.
B) Themenorientierung	vgl. Kap. 3.5	Fachspezifischer Zugang: Konzepte, Werkzeuge, Haltungen werden an einem Thema erläutert.
C) Mischform	«Aquaponic»: Sekundarstufe (und Mittelstufe)	Kurzes überfachliches Systemtraining und Anwendung der Konzepte, Werkzeuge und Haltungen in einem fachspezifischen Experiment.

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 weiteres 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 verändert 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 die zwei Hauptkategorien linear und nichtlinear einteilen und da insbesondere die exponentiellen Veränderungen thematisieren und mathematisch beschreiben. Die überraschenden Effekte von Nichtlinearitäten bilden einen weiteren Fokus in diesem Unterrichtsschritt.

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.

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 Veränderungen und den Prognosen konkrete Massnahmen zur Systemoptimierung vorzuschlagen und nach Möglichkeit in die Tat umzusetzen.

Die ausgearbeiteten Unterrichtseinheiten gleichen sich in ihrem Aufbau. Jede der drei Unterrichtseinheiten wird in den Kapiteln 3.2 bis 3.4 nach folgendem Muster beschrieben:

- A Beschreibung der ganzen Unterrichtseinheit, eine Übersicht zur Gliederung aller Sequenzen sowie ein Kommentar zur Durchführung
- B Exemplarische Darstellung einer Sequenz mit den verwendeten Materialien und Spuren aus dem Unterricht
- C Kurzbeschreibung der übrigen Sequenzen mit den Lernzielen und Beispiele aus dem Unterricht

Die gesamten Unterrichtseinheiten sowie die Toolbox finden sich auf der CD-ROM.

Toolbox zum Systemdenken

Eines der zentralen Elemente für alle Unterrichtseinheiten ist die Toolbox. Diese Werkzeugkiste enthält eine Fülle von Geschichten, Übungen, Aktivitäten, Spielen, aber auch methodischen Vorbereitungshilfen und Merksätzen sowie geeigneten Bildern. Damit lassen sich wichtige Systemkonzepte, Werkzeuge und Haltungen unabhängig von Schulstufe und Thema illustrieren und praktisch erleben. Die Inhalte der Werkzeugkiste werden in allen drei beschriebenen Umsetzungsmodellen eingesetzt. Viele der Aktivitäten und Übungen passen aber auch in ganz andere Kontexte des Unterrichts und können beliebig verwendet und variiert werden. Immer führen sie die Teilnehmenden zu wichtigen Aspekten systemischen Denkens hin und stimulieren mit geeigneten Fragen ein vertieftes Nachdenken.

In der Toolbox (vgl. CD-ROM) finden sich folgende Materialien:

- Grundlagen zum Systemdenken
- Aktivitäten und Geschichten

Toolbox: Grundlagen zum Systemdenken

Nr.	Schulj.	Titel	Beschreibung
1	1-9	Ein System – was ist das?	Präsentation
2	1-9	Ein System – was ist das?	Arbeitsblatt mit Lösungshinweisen
3	2-6	Was ist ein System?	Lernbild
4	2-6	Arten von Systemen	Lernbild
5	4-9	Zusammenspiel und Grenzen von Systemen	Lernbild
6	2-9	Systembegriffe	Kopiervorlage (zum Vergrössern)
7	1-6	Merksätze Primarstufe	Kopiervorlage (zum Vergrössern)
8	7-9	Merksätze Sekundarstufe	Kopiervorlage (zum Vergrössern)
9	2-9	Sprichwörter zum Systemdenken	Anregungen für den Deutschunterricht
10	1-9	Was kann ich als Systemdenkerin und Systemdenker?	Lernbild Haltungen
11	1-6	Verlaufsgrafiken für die Primarstufe	Kommentar für Lehrpersonen
12	7-9	Verlaufsgrafiken für die Sekundarstufe I	Arbeitsauftrag und Hinweise für Lehrpersonen
13	1-9	Fragen zu Verlaufsgrafiken	Kopiervorlage
14	1-9	Veränderungen	Beispielhafte Bilder zu Veränderungen im Zeitverlauf
15	3-9	Der Vernetzungskreis	Arbeitsblatt und Hinweise für Lehrpersonen
16	4-9	Klimawandel freut die Wildsau	Sachtext zu Vernetzungskreis
17	4-8	Waldtiere und ihre Nahrung	Arbeitsblatt und Hinweise für Lehrpersonen
18	4-9	Das Wirkungsdiagramm	Arbeitsblatt und Hinweise für Lehrpersonen
19	2-9	Rückkopplungen – Sätze und Pfeile	Kopiervorlage
20	2-9	Rückkopplungen – Beispiele	Bilder
21	4-9	Rückkopplungen	Arbeitsblatt und Lösungen zu ausgleichenden und verstärkenden Rückkopplungen
22	1-9	Beurteilung Systemdenken	Verfahren zur Überprüfung der Kompetenzbereiche

Toolbox: Aktivitäten und Geschichten

Nr.	Schulj.	Titel	Beschreibung
24	1-9	Mittendrin	Aktivität zu Wechselwirkungen
25	2-7	Grosse Vernetzung	Aktivität zum Sichtbarmachen von Vernetzungen
26	2-6	Das Ganze sehen	Aktivität zu einer Haltung zum Systemdenken
27	1-6	Zoom	Aktivität zum Perspektivenwechsel und zu Systemgrenzen (Bilderbuch)
28	1-9	Haltungen thematisieren	Verschiedene Aktivitäten zu einzelnen Haltungen zum Systemdenken
29	4-9	Kreise in der Luft	Aktivität zum Perspektivenwechsel
30	3-9	Das Geräusch der Grille	Geschichte zum Perspektivenwechsel
31	2-9	Geschichte von den blinden Weisen	Geschichte zu Systemgrenzen und zum Perspektivenwechsel
32		Durchblick	Aktivität zu Systemgrenzen
33	2-6	Heureka – das kann ich jetzt!	Aktivität zur Repetition von Begriffen
34	4-9	Aufenthaltsort Badegäste	Aktivität zu Ursache-Wirkungs-Beziehungen mit Lösungsvorschlag
35	4-9	Aufenthaltsort Badegäste Protokollblatt	Arbeitsblatt zur Aktivität
36	4-9	«Der Weltuntergang»	Ballade von Franz Hohler zu Wirkungsketten
37	6-9	Auswertung «Der Weltuntergang»	Arbeitsblatt zu Wirkungsketten
38	2-6	Ds Zündhölzli	Lied von Mani Matter zu Wirkungsketten
39	4-9	«Der Schlag»	Ballade von Franz Hohler zu Wirkungsketten und Rückkopplungen
40	1-6	Laut – leise – Rückkopplungsspiel	Aktivität zu ausgleichender und verstärkender Rückkopplung
41	3-9	Rücken an Rücken – Rückkopplungsspiel	Aktivität zu ausgleichender und verstärkender Rückkopplung
42	3-6	Immer mehr Sechsen	Würfelspiel zu Rückkopplung
43	4-7	Lebendige Rückkopplungskreise	Spiel zu verstärkender und ausgleichender Rückkopplung
44	3-9	Balance halten	Aktivität zu verstärkender Rückkopplung
45	4-7	Der Indianer im Auto	Geschichte zu ausgleichenden Rückkopplungen
46	4-9	Waldspiel	Aktivität zum nichtlinearen Wachstum und zur zeitlichen Verzögerung. Spielanweisung, Arbeitsblatt und Lösungen
47	4-9	Waldbewirtschaftung	Präsentation zur Vertiefung des Waldspiels
48	7-9	Waldspiel dynamisch	Dynamische Veranschaulichung des Wachstums im Waldspiel
49	5-9	Försters Waldspiel	Simulation zur Waldbewirtschaftung
50	3-9	Polonaise – Lawinentanz	Aktivität zum exponentiellen Wachstum
51	4-9	Papier falten	Aktivität zum exponentiellen Wachstum
52	7-9	Auswertung Polonaise und Papierfalten	Tabellenkalkulationsvorlage zur iterativen Berechnung des linearen und exponentiellen Wachstums
53	3-6	Indisches Märchen vom Schachbrett	Geschichte und Aktivität zum exponentiellen Wachstum
54	5-6	Wasser kühlt ab	Experiment zur nichtlinearen Veränderung, quantitative Verlaufgrafik
55	4-9	Mammut-Spiel	Simulationsspiel zum nichtlinearen Zerfall
56	4-9	Das Aussterben der Mammuts	Informationstext zum Mammut-Spiel
57	7-9	Mammut-Spiel – iterative Berechnung	Tabellenkalkulationsvorlage zum exponentiellen Zerfall Mammut-Spiel
58	8-9	Bevölkerungsentwicklung dynamisch	Dynamische Veranschaulichung zum exponentiellen Wachstum
59	4-6	Pflanzenleben systemisch	Anleitung zur Herstellung eines Pflanzenbüchleins
60	4-6	Spatz und Co.	Vernetzungsspiel
61	4-9	Papier reissen	Aktivität zu Kommunikation und Wechselwirkungen
62	3-9	Fischli Spiel	Spiel zu Gemeinschaftsgütern (Archetyp)
63	6-9	Tunnel-Stau	Spiel zu Gemeinschaftsgütern (Archetyp)
64	6-9	Platz zum Leben	Spiel zu den Grenzen des Wachstums (Archetyp)

Systemdenken fördern

Systemtraining und Unterrichtsreihen zum vernetzten Denken. 1.– 9. Schuljahr

Mittendrin**Systemspiel**

Schuljahr	Anzahl Personen
US–OS	Mindestens 10 Personen
Örtlichkeit	Zeitbedarf
Grosser, offener Raum	20 Minuten
Material	Ziele und Systemkonzepte
<ul style="list-style-type: none"> • Nummernschilder für jede Teilnehmerin • Farben für jüngere Kinder 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfahren, dass im Leben weniger die separaten Einzelwesen als vielmehr die Wechselwirkungen zwischen ihnen zählen • Erkennen, dass sich ein System kontinuierlich selbst organisiert und eine Veränderung vielerlei Auswirkungen haben kann

Hintergrundinformationen

Dieses fröhliche Spiel lässt die Schülerinnen und Schüler direkt die dynamische Natur von offenen Systemen erfahren. Die Bewegung einer Person hängt von der Bewegung zweier anderer Personen ab. Deshalb ist dieses Spiel auch ausgezeichnet geeignet, nach einer Konzentrationsphase frischen Schwung in eine Klasse zu bringen.

Hinweis: An dieses Spiel kann die Aktivität Ökonetz anschliessen, welche die Wechselwirkungen zwischen Elementen und die Dynamik in Ökosystemen auf spielerische Weise thematisiert.

Ablauf

Die Schülerinnen und Schüler stehen zunächst im Kreis mit Nummern (Farbkarten) um den Hals. Die Lehrperson gibt nur zwei Instruktionen:

1. Wähle dir zwei Personen im Kreis aus, ohne ihnen dies mitzuteilen, und merke dir deren Nummern. (Es ist in der Primarschule 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.)

Hinweis: Im Hinblick auf eine Auswertung mit dem Vernetzungskreis sollten nicht mehr als 12 Schülerinnen und Schüler gleichzeitig spielen. Die andere Hälfte beobachtet das Geschehen und versucht, den Überblick zu behalten (was nicht gelingen wird). Sie werden in der Gesprächsrunde mit einbezogen oder erhalten in den Variationen (siehe unten) eine Rolle.

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/die Einzelne 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/-innen ein, stehen zu bleiben, wo sie sind, und beginnt mit der Auswertung.

Systemdenken fördern

Systemtraining und Unterrichtsreihen zum vernetzten Denken. 1.– 9. Schuljahr

Das Ganze sehen**Systemspiel**

Schuljahr	Anzahl Personen
US-MS	unbeschränkt
Örtlichkeit	Zeitbedarf
Schulzimmer	Je Bild 5–10 Minuten, abhängig von der Diskussion
Material	Ziele und Systembegriffe
<ul style="list-style-type: none"> • Bleistift • Kopien mit Symbolen, gegliedert 	<ul style="list-style-type: none"> • Aus gegebenen Elementen ein System zeichnen • Bewusstsein für den Blick auf das Ganze schärfen

Hintergrundinformationen

Diese Aktivität ist eigentlich eine Kreativitätstechnik, kann aber sehr gut als Systemübung angegangen werden.

Ablauf

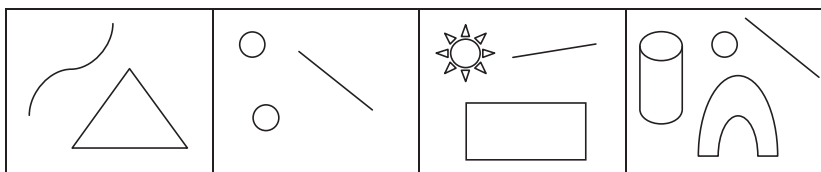
Jedes Kind erhält ein Blatt mit 2–3 Strichen, Linien oder Punkten drauf. Das sind Elemente in einem System. Die Kinder überlegen sich, welches System sie aus diesen Elementen zeichnen können.

In der ersten Übung werden die gegebenen Elemente mit einer eigenen Farbe gezeichnet, damit sofort erkannt wird, wo sie ins System eingegliedert sind (z.B. ein Kreis und eine Linie werden rot als Gesichtsumriss und Mund gezeichnet, Auge, Nase etc. werden mit Bleistift dazugezeichnet).

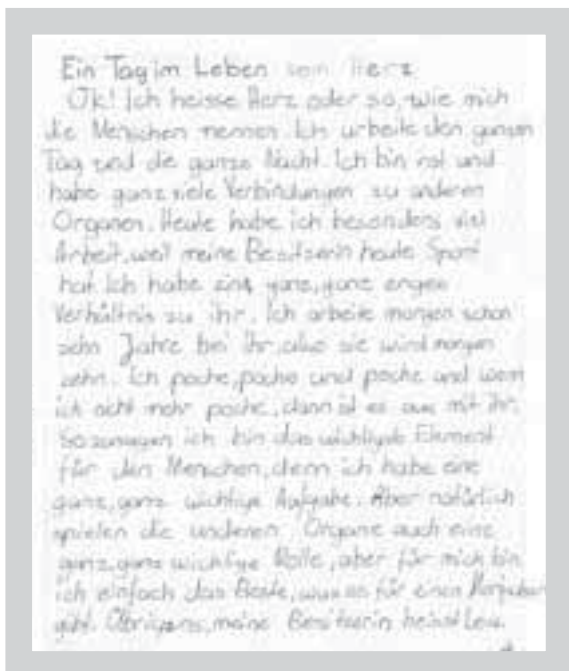
Im nächsten Durchgang werden neue Elemente gegeben, die diesmal nicht mit einer eigenen Farbe gekennzeichnet sind. Man sollte am Ende im Ganzen die Elemente zwar erkennen, aber nicht mehr wissen, was die gegebenen Teile waren.

Am besten fängt man mit bloss zwei bis drei vorgegebenen Elementen an und steigert dann den Schwierigkeitsgrad so, dass immer mehr dazukommen.

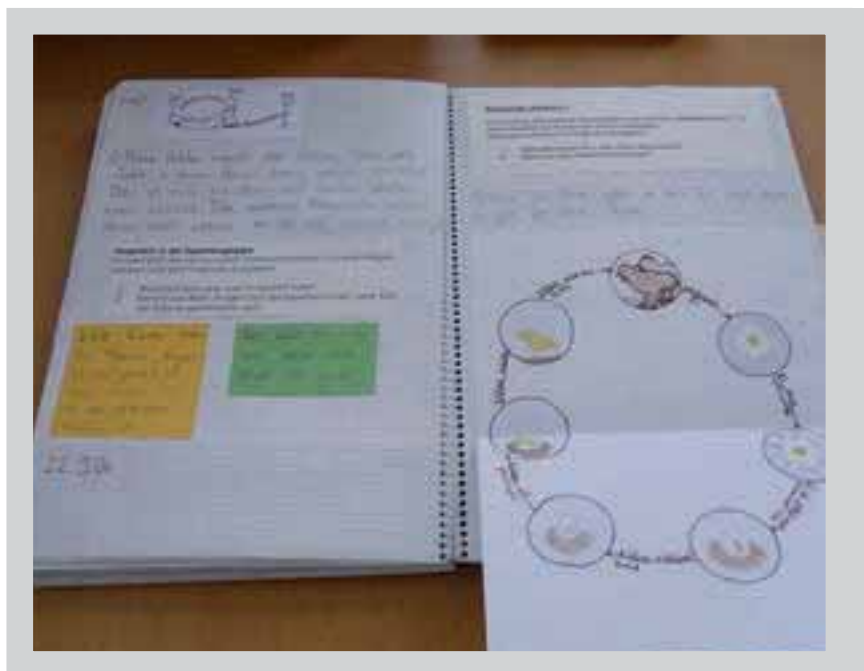
Beispiele:

**Auswertung**

Die einzelnen Systeme werden am Ende vorgestellt und es wird erklärt, wie die vorgegebenen Elemente verwendet wurden, aus welchen Elementen das gezeichnete System sonst noch besteht und wie diese in Wechselwirkung stehen.



Aufsatz Perspektivenwechsel



«Ich bin auf mein ganzes Heft stolz, weil ich mir viel Mühe gegeben habe und es mir gefällt.» (Kind 4. Klasse)



Arbeit am Mammut-Spiel



Fröhliche Vernetzer/-innen

Sequenz 4: Zeitliche Dynamik und verzögerte Wirkung, Einführung in Verlaufsgrafiken

- 👁️ Primarstufe (P15)
- 🕒 mindestens 4 Lektionen

Worum geht es in dieser Sequenz?

Es werden Veränderungen im Verlauf unterschiedlicher Zeiträume thematisiert und in Skizzen oder grafische Darstellungen übersetzt. Der Blick führt weg vom Einzelereignis zu einem Prozess und seinem Verlauf.

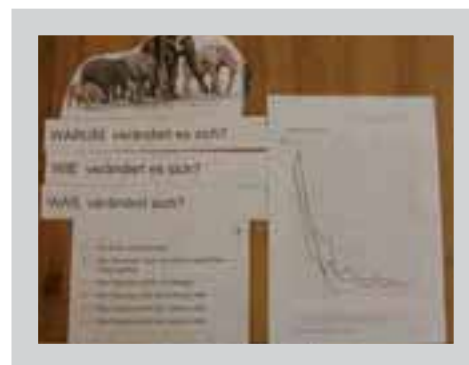
Zumindest einen Teil dieser Unterrichtseinheit kann man der Mathematik zurechnen. Von Vorteil, aber nicht unabdingbar ist es, wenn schon mit Block- oder Kuchendiagrammen gearbeitet wurde. Daran kann angeknüpft werden. Die Momentaufnahme aus diesen bekannten Diagrammen wird neu mit der Komponente der Veränderung ergänzt und in Verlaufsgrafiken übersetzt.

Von den vorausgegangenen Sequenzen kann dieser Teil auch losgelöst behandelt werden. Er baut nicht zwingend auf den Systembegriffen und den Wirkungsbeziehungen auf. Doch der Zusammenhang damit wird beim Nachdenken über den Verlauf immer wieder deutlich, denn das dynamische Denken erfordert ein Denken in vernetzten Strukturen. Die WARUM-Frage ist es, die zu den Vernetzungen hinführt.

Lernziele	Hinweise zur Überprüfung
Die Schülerinnen und Schüler	
... können über Veränderungen im Verlauf der Zeit Aussagen machen	Kommentare zu Bildreihen im Heft
... können verschiedene Verlaufsgrafiken lesen und kommentieren	Einfache vorgegebene Verlaufsgrafiken mit Worten beschreiben
... können ein qualitatives und ein einfaches quantitatives Verlaufsdigramm erstellen	Hefteintrag mit korrekter Beschriftung der Verlaufsgrafiken
... können die drei wichtigsten Fragen, mit denen man Verlaufsgrafiken interpretiert, aufzählen und anwenden	WAS-WIE-WARUM-Fragen für konkrete Verlaufsgrafiken aufschreiben
... können die Ergebnisse aus den gezeichneten Verlaufsgrafiken kommunizieren und diskutieren	Konkrete Verlaufsgrafik vor der Klasse kommentieren und die WAS-WIE-WARUM-Fragen dazu beantworten



Was ändert sich im Verlauf der Zeit (1. Klasse)



Das allseits beliebte Mammut-Spiel (Mittelstufe)



Verlaufsgrafik (1. Klasse)



Zeitdynamik (Mittelstufe)





Zeitdynamik (Mittelstufe)



Verlaufsgrafik drei- und zweidimensional

B Exemplarische Darstellung der Sequenz 2

Fallbeispiel Gemüseanbau und Fischereibetrieb

-  Aquaponic (A5)
-  2–3 Lektionen

Worum geht es in dieser Sequenz?

Anhand eines Fallbeispiels beginnt nun der Unterricht mit der Modellanlage Aquaponic. Die Schülerinnen und Schüler sind aufgefordert, mit Hilfe eines systemischen Ansatzes einem Gemüseproduzenten zu helfen, beim Betrieb seiner beiden Produktionszweige Gemüsebau und Fischzucht Wasser zu sparen. In verschiedenen Gruppen erarbeiten die Schülerinnen und Schüler Wirkungsdiagramme, die später für den Bau der eigenen Aquaponic-Anlage benötigt werden. Die Aquaponic-Anlage soll im Idealfall nicht vorbesprochen werden, da die Schülerinnen und Schüler später die Anlage selber «erfinden» sollen. Daher wird anfangs von Fisch- und Pflanzenproduktion gesprochen.

Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler

- ... können eine komplexe Fragestellung mit einem systemischen Ansatz angehen
- ... können gemeinsam mit Klassenkameradinnen und -kameraden Lösungen für gestellte Probleme finden
- ... können das Werkzeug Wirkungsdiagramm auf die Systeme Gemüsebau und Fischzucht anwenden
- ... können die zwei Teilsysteme Gemüsebau und Fischzucht zu einem gemeinsamen System kombinieren
- ... können einen Plan einer realistischen Modellanlage erstellen, mit welcher Wasser gespart werden kann

Hinweise zur Überprüfung

Bei der Diskussion der Fragestellung sowie bei der Vorgehensplanung die erlernten systemischen Werkzeuge berücksichtigen

Ausarbeiten eines Vorgehensplans
Einigung auf einen gemeinsamen Masterplan

Die Teilsysteme Gemüsebau und Fischzucht als sinnvolle Wirkungsdiagramme darstellen

Anhand der Wirkungsdiagramme der beiden Teilsysteme ein gemeinsames Wirkungsdiagramm erstellen

Das gemeinsame Wirkungsdiagramm der beiden Teilsysteme Gemüsebau und Fischzucht in ein Modellsystem «übersetzen», das sich mit käuflichen Mitteln auch tatsächlich erstellen lässt

Kompetenzen

Kompetenzkomplex B: Systemmodellnutzung

Kompetenzbereich 4
Handlungsentwürfe beurteilen

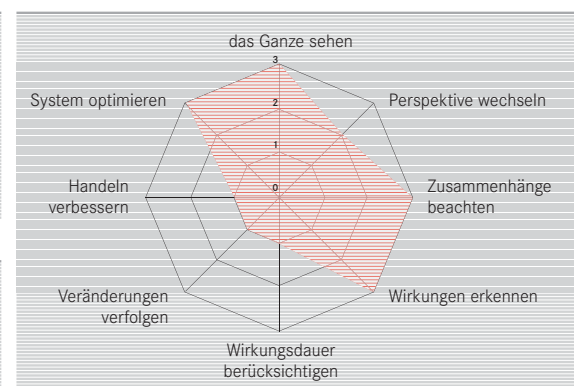
Kompetenzbereich 3
Prognosen treffen

Kompetenzkomplex A: Systemrekonstruktion

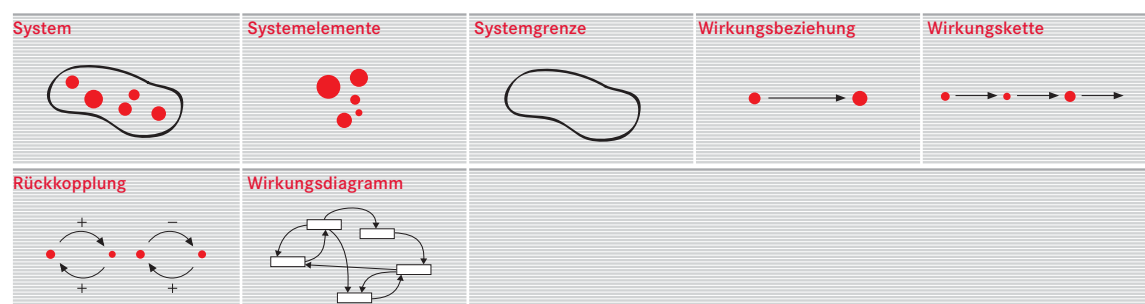
Kompetenzbereich 1
Modelle beschreiben

Kompetenzbereich 2
Dynamik erfassen

Haltungen



Werkzeuge und Konzepte



Ablauf der Unterrichtssequenz

Problemlöseorientiertes Fallbeispiel: Wie spare ich Wasser?

Plenum: Die Klasse erhält die Anfrage eines Gemüseproduzenten, der sich an ein Systemforschungsinstitut mit folgendem Auftrag wendet: «In meiner Gärtnerei produziere ich Pflanzen auf künstlichem Boden. Dafür benötige ich viel Wasser. Zur Gewinnsteigerung meiner Gärtnerei habe ich einen Fischtank dazugekauft. Darin züchte ich Fische und verkaufe sie. Auch die Fische benötigen viel Frischwasser, sonst sterben sie. Doch überall wird von der Wasserverschwendung und Wasserknappheit gesprochen. In unserer Gegend ist Wasser aber knapp und wird immer teurer! Können Sie mir eine Anlage konzipieren, die weniger Wasserverbrauch hat? Bauen Sie mir bitte ein Modell.»

Auftrag: Die Schülerinnen und Schüler überlegen sich, ob sie die Fallfrage verstanden haben und wie sie das Problem des Gemüseproduzenten lösen können.

Frage: Was hat der Gemüsebauer bereits?

Erkenntnis: Er hat künstliche Erde, Setzlinge, einen Fischtank und Zubehör.

Frage: Was will der Gemüsebauer erreichen?

Erkenntnis: Er will und muss Wasser sparen.

Auftrag: Die Schülerinnen und Schüler sollen eine Vorgehensweise diskutieren und sich einen gemeinsamen Vorgehensplan zurechtlegen. Die Diskussion der Vorgehensweise ist wertvoll und sollte deshalb, wenn möglich, nicht einfach durch ein Vorgeben der Vorgehensweise ersetzt werden. Wenn nötig kann ein Hinweis helfen, die beiden Teilsysteme Gemüsebau und Fischtank systemisch zu untersuchen und dann zu schauen, ob es gemeinsame Elemente dieser beiden Systeme gibt; daraus lässt sich dann die Modellanlage ableiten.



Logo des Forschungsprojekts

Zur Reihe «Impulse zur Unterrichtsentwicklung»

Der Unterricht entwickelt sich laufend weiter. Projekte innovativer Lehrpersonen, Erkenntnisse aus der Forschung sowie innovative Bildungsprojekte führen zu Impulsen für den Unterricht, welche in dieser Reihe aufgenommen werden.

Vernetztes Denken, Denken in Zusammenhängen, Perspektivenwechsel fördern – all dies sind bekannte Erwartungen an schulischen Unterricht. Erstmals liegt im deutschen Sprachraum ein Handbuch für den Unterricht vor, das diese Begriffe aufnimmt und als Systemdenken von der 1. bis zur 9. Klasse aufgreift. Viele handlungsorientierte Aktivitäten und Übungen wecken das Verständnis für die systemische Denkweise, die in einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) nicht fehlen darf. Das Handbuch zeigt auf, wie Systemdenken in verschiedenen Fächern gewinnbringend eingeführt, vertieft und geübt werden kann.

Zum Autorenteam

Die Autorinnen und Autoren dieses Handbuches arbeiten in der schweizerisch-deutschen Forschungsgruppe «Systemdenken für nachhaltige Entwicklung» (SYSDENE) zusammen. Sie forschen und lehren an verschiedenen pädagogischen Hochschulen.

FAIR KOPIEREN!
URHEBERRECHT
ACHTEN.

www.fair-kopieren.ch