

Wirksamkeit eines spezifischen Trainings für die Entwicklung von Systemkompetenzen

Ausgewählte Ergebnisse einer Interventionsstudie auf der Sekundarstufe I zum SYSDENE-Kompetenzenmodell

Systemdenken und BNE – ein unzertrennliches Paar
Netzwerktagung, 29. Juni 2011
Brigitte Bollmann-Zuberbühler

Gliederung

Systemisches Denken: Arbeitsdefinition und Kompetenzenmodell

Lerntraining und Ablauf der Studie

Ausgewählte Resultate zu den Kompetenzbereichen «Modelle beschreiben», «Dynamik erfassen» und «Prognosen treffen»

Fazit für das Lehren und Lernen von systemischem Denken an der Sekundarstufe I

Arbeitsdefinition: Systemisches Denken

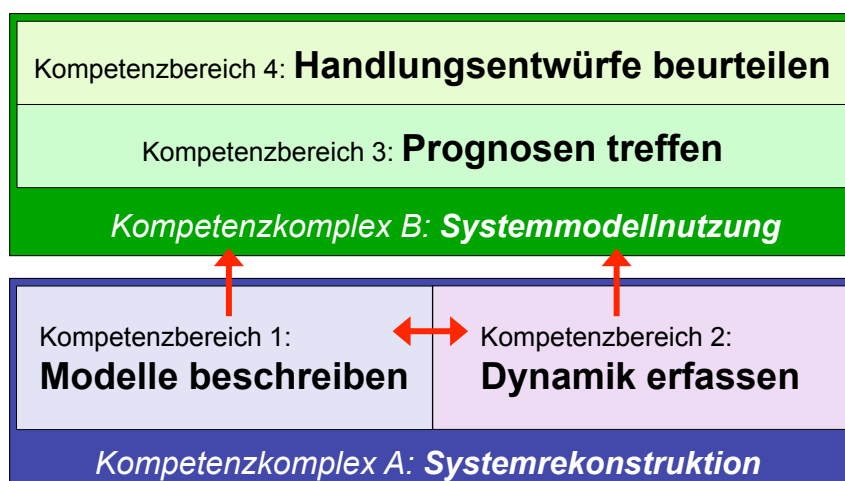
«Systemisches Denken ist die Fähigkeit,

- komplexe Wirklichkeitsbereiche als Systeme zu beschreiben, zu rekonstruieren und zu modellieren,
- auf der Basis der Modellierung Erklärungen zu geben,
- Prognosen unter Berücksichtigung der Eintretenswahrscheinlichkeit und Modellgrenzen zu treffen und
- Handlungsmöglichkeiten zu entwerfen und zu beurteilen.»

(Definition der Forschungsgruppe SYSDENE in Frischknecht, Nagel, Seybold, 2008)

SYSDENE: SYstemisches **DE**nken für eine **N**achhaltige **E**ntwicklung

Kompetenzen



Grundlegende Strukturen und Darstellungsmittel

„Systemisches Denken befasst sich mit der Beschreibung von Systemen und deren Eigenschaften und zielt darauf ab, **grundlegende Strukturen** (Systemkonzepte wie z.B. Rückkoppelungen) in komplexen Situationen zu erkennen“ (2010, B. Bollmann-Zuberbühler)

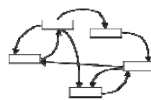
Systemisches Denken ist an geeignete **Darstellungsmittel** gebunden (z.B. Ossimitz, 2000)

Texte

linear
nacheinander

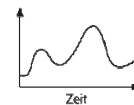


Wirkungsdiagramm



vernetzt, nebeneinander, gleichzeitig

Verlaufsgrafik



Ziele und Methoden der Interventionsstudie

- 1) Ein fächerübergreifendes Lerntraining zum systemischen Denken an Klassen der Sekundarstufe I erproben
- 2) Lernfortschritte der Schülerinnen und Schüler in den drei Kompetenzbereichen «Modelle beschreiben», «Dynamik erfassen» und «Prognosen treffen» untersuchen
 - Lerntraining, 11 Lektionen zu den zentralen Konzepten (vgl. Systemtraining in «Systemdenken fördern», 2010)
 - Vortest – Nachttest 1 – Nachttest 2 – Design, mit teilweise neuen Messinstrumenten
 - Möglichkeiten und Grenzen des Lerntrainings in den entsprechenden Alters- und Anforderungsstufen aufzeigen (Untersuchungsgruppe, UG: 4 Klassen, 3. Sek A
Vergleichsgruppen: 3 Klassen, 1. Sek C, 2. Sek B und 3. Sek B)

Kompetenzbereich «Modelle beschreiben»

Lerntraining

- System-Nichtsystem, Systemelemente, Systemgrenzen, Hierarchien
- Einfache Wirkungsbeziehungen, Wirkungsketten Rückkoppelungen, Kreisläufe, Wirkungsdiagramme

Welche Lernfortschritte zeigen Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich „Modelle beschreiben“?

1. Darstellungstypen
2. Strukturelle Komplexität der Darstellungen: Strukturindex

«Modelle beschreiben» - Darstellungstypen

Elemente: Bezeichnungen
Icons

Darstellungstypen:
Szenenbild, Stadienbild, Andere

Beziehungen: Pfeile

Pfeilketten

Verzweigungen

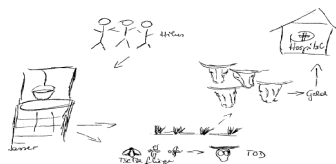
Kreisläufe



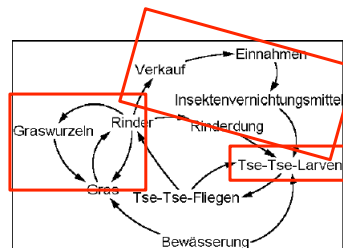
Lineares Wirkungsdiagramm

Wirkungsdiagramm

Netzdiagramm

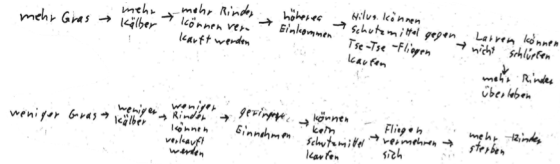


Beispiele aus Ossimitz (1996c, 2000)

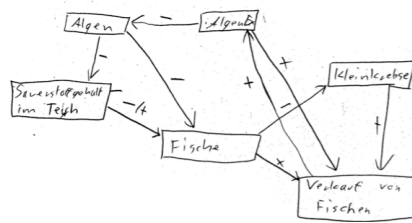


Beispiel: Veränderung Darstellungstypen (UG, K4-15)

VT: Lineares
Wirkungsdiagramm
(Strukturindex = 0.14)



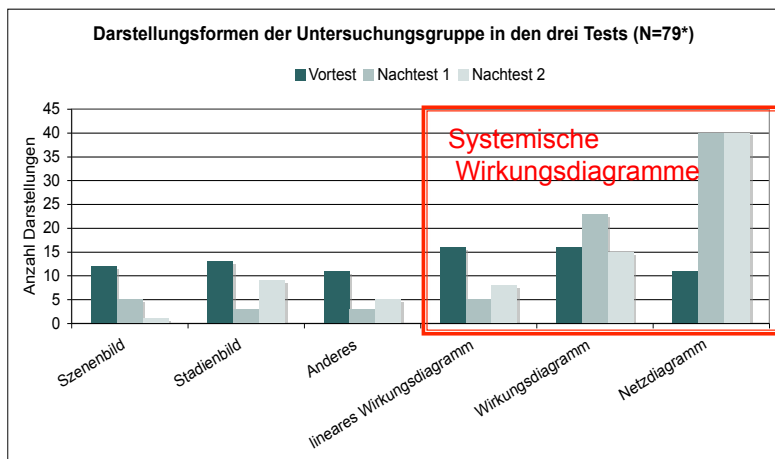
NT 1: Netzdiagramm
(Strukturindex = 1.3)



weniger Elemente,
stärkere Vernetzung

Strukturindex = (Wirkungsketten + Verzweigungen + Kreisläufe) / Systemelemente

Resultate der UG



Veränderungen: VT - NT 1: $Z(79) = -5.4$ ***, VT - NT 2: $Z(78) = -5.2$ ***, Wilcoxon (1-seitig)

Resultate «Modelle beschreiben»

Studien	Bollmann-Zuberbühler (2010) UG (N = 79 ^a) NT 2 / NT 1 / (VT)	Bollmann-Zuberbühler (2005) KG (N = 22) UG (N = 22) NT / (VT) NT / (VT)		Ossimitz (2000) UG (N = 122) NT / (VT)
Alter in Jahren	Ø 15.7	Ø 14.2	Ø 14.3	15-19
Lerntraining	Qualitativ, Ø 11 Lektionen	Qualitativ, 11 Lektionen		Powersim, Ø 16.2 Lektionen
Nichtsystemische Darstellungen	19% / 14% / (46%)	77% / (68%)	27% / (55%)	13% / (32%)
Systemische Wirkungsdiagramme	81% / 86% / (54%)	23% / (32%)	73% / (45%)	87% / (68%)
Strukturindex	0.42 / 0.51 / (0.12)	0.03 / (0.04)	0.37 / (0.08)	– (Modell: 1.1)

Leistungsgruppe	Test	N	M	SD	T-Test/ Wilcoxon	Sig. (2-seitig)	Effektgrösse
3. Sek A	VT	79	0.12	0.14			
	NT 1	79	0.51	0.40	t (78) = -9.33	***	$\epsilon = 1.64$ starker Effekt
	NT 2	78	0.42	0.37	t (77) = -7.79	***	$\epsilon = 1.34$ starker Effekt

Kompetenzbereich «Dynamik erfassen»

Lerntraining

- Zeitliche Dynamik: lineare und nicht lineare Zusammenhänge, Verzögerungen, Verlaufsgrafiken

Welche Veränderungen zeigen Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich „Dynamik erfassen“?

3 Typen von Aufgaben

1. Wachstumsprozesse erkennen: dynamische Präsentation eines linearen bzw. exponentiellen Mauerwachstums
2. Verlaufsgrafiken interpretieren und zeichnen (grafische Repräsentationsebene)
3. Veränderungen berechnen (symbolische bzw. formale Repräsentation)

«Dynamik erfassen» Maueraufgaben (qualitativer Zugang)



https://ilias.phzh.ch/ilias.php?baseClass=ilObjSurveyGUI&ref_id=24838&cmd=infoScreen

Iteratives Prinzip (Beispiele)

Lineares Wachstum
 $100 + x + x + x + \dots$

Exponentielles Wachstum
 $100 \cdot x \cdot x \cdot x \cdot x \cdot \dots$

Kompetenzbereich «Dynamik erfassen»

Maueraufgaben: Veränderungen qualitativ erkennen

Richtig geschätzte Antworten in den drei Erhebungen Vortest (VT),
 Nachtest 1 (NT 1) und Nachtest 2 (NT 2)

Typ	2 Schritte			3 Schritte			4 Schritte			Durchschnitt		
	VT	NT1	NT2	VT	NT1	NT2	VT	NT1	NT2	VT	NT1	NT2
exponentiell	61%	80%	69%	30%	62%	63%	30%	61%	63%	41%	68%	65%
linear	89%	94%	88%	95%	99%	97%	95%	90%	92%	93%	94%	93%

Anmerkungen:

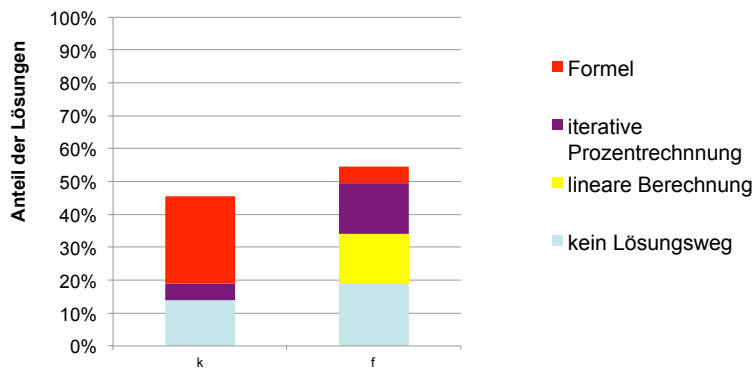
Untersuchungsgruppe N = 79 bzw. 78 (NT 2).

Veränderungen gegenüber dem Vortest (Wilcoxon, 1-seitig): gelb unterlegt $p < 0.000$

«Dynamik erfassen» - exponentielle Berechnungen

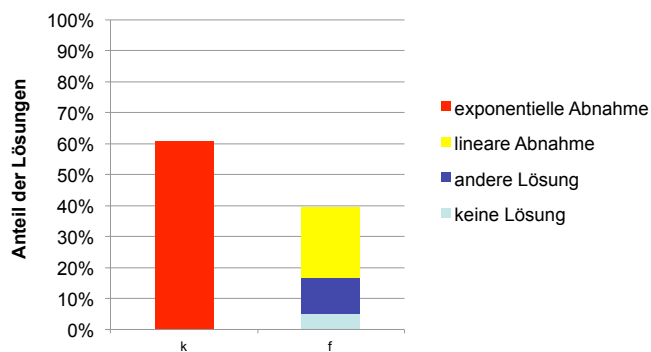
Beispiel aus NT1: Bestand einer Eisbärenpopulation in 20 Jahren?
Zu Beginn 1000 Eisbären, jährliche Abnahme 10 Prozent

Eisbären - Lösungswege



«Dynamik erfassen» - Verlaufsgrafik im Nachttest 1 (exponentiellen Zerfall)

Eisbären - Verlauf des Graphen



Kompetenzbereich «Prognosen treffen»

Lerntraining

- zusätzlich: Wachstumsgrenzen, dynamisches Gleichgewicht

Welche Veränderungen zeigen Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich „Prognosen treffen“?

Eindimensionale, lineare Argumente

mehr Algen → mehr Fische

Differenzierende Argumente

- Rückwirkungen
- zeitliche Verzögerungen
- Wachstumsgrenzen

*mehr Algen → mehr Fische
weniger Algen ←*

Resultate «Prognosen treffen»

Beispiel Prognoseaufgabe 2:

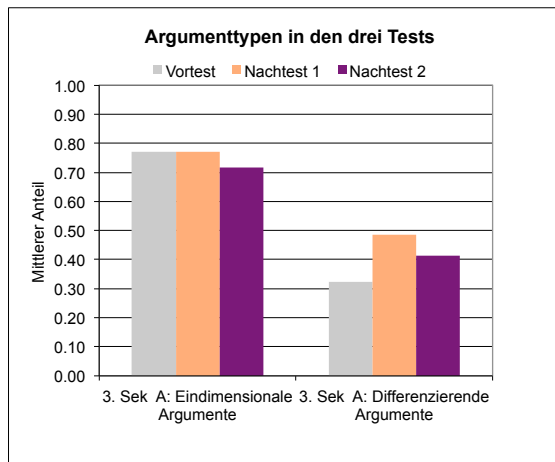
Vortest: „Es werden neue Rinder geboren, diese fressen auch und gebären später auch Rinder, die fressen. Die Herde wächst und das Gras wird immer weniger.“

(K3-01, Erläuterung zu Verlaufsgrafiken mit einem linearen Wachstum bzw. linearen Zerfall)

Nachtest 1: „Verzögerte Wirkung. Zuerst hat es viele Krebse. Die Fische müssen sich zuerst vermehren und erst dann steigt die Fischkurve. Währenddessen wird die Krebskurve niedriger und wenn es fast keine Krebse mehr hat, sterben viele Fische. Die Krebse vermehren sich wieder und die Fische mit Verzögerung auch.“

(K3-01, Erläuterung zu Verlaufsgrafiken mit je zwei zeitlich versetzten sinusförmigen Verläufen)

Resultate «Prognosen treffen»



Differenzierende Argumente
Veränderungen (T-Test):
VT - NT 1: $t(79) = -6.50$ ***
VT - NT 2: $t(78) = -3.34$ ***

*** $p < 0.001$

Zusammenfassung der Resultate

- Ein überfachliches Lerntraining zum systemischen Denken fördert
- das Erkennen von komplexeren Wirkungszusammenhängen
 - die Wahrnehmung von nichtlinearen Veränderungsprozessen
 - den Differenzierungsgrad in Prognosen

In den Worten einer Schülerin:

Ich nehme mit in mein Leben, dass ich mir Dinge, die ich bildlich oder mit einem Diagramm darstelle, besser behalten kann, als wenn ich es aus einem Text heraus erlernen muss. Ich nehme mit, wie abhängig alles voneinander eigentlich ist und was für Ursachen es für eine entsprechende Wirkung braucht. (K1-12)

Ausblick

Systemdenken als überfachliche Qualifikation erkannt

- Bildungsstandards US-Staat Washington (Dorn, 2009)
- Bildungsstandards in der CH
- Zentrale Voraussetzung BNE

„Ich glaube, man müsste das ganze Thema allgemein in jedes (mögliche) Schulfach ziehen, damit es etwas bewirkt. Dennoch denke ich, dass es eine gute Idee ist – man muss sie nur noch etwas ausbauen“. (K2-3)

Danke für Ihre Aufmerksamkeit