

## 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 DEnken für eine Nachhaltige Entwicklung

## Kompetenzen

Kompetenzbereich 4: **Handlungsentwürfe beurteilen**

Kompetenzbereich 3: **Prognosen treffen**

**Kompetenzkomplex B: Systemmodellnutzung**

Kompetenzbereich 1:  
**Modelle beschreiben**

Kompetenzbereich 2:  
**Dynamik erfassen**

**Kompetenzkomplex A: Systemrekonstruktion**

## 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-Züberbühler )

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



## 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 – Nachtest 1 – Nachtest 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

→ Lineares Wirkungsdiagramm

Pfeilketten

→ Wirkungsdiagramm

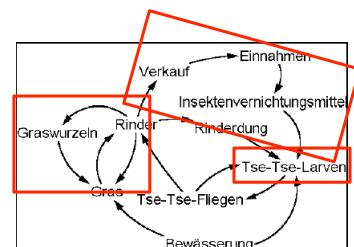
Verzweigungen

→ Netzdiagramm

Kreisläufe

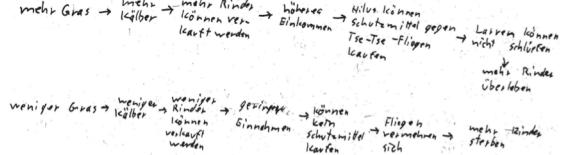


Beispiele aus Ossimitz (1996c, 2000)

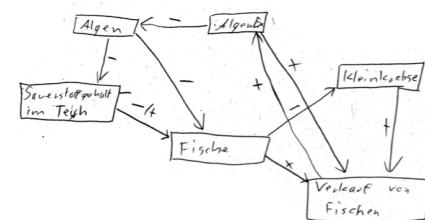


## Beispiel: Veränderung Darstellungstypen (UG, K4-15)

VT: Lineares  
Wirkungsdiagramm  
(Strukturindex = 0.14)



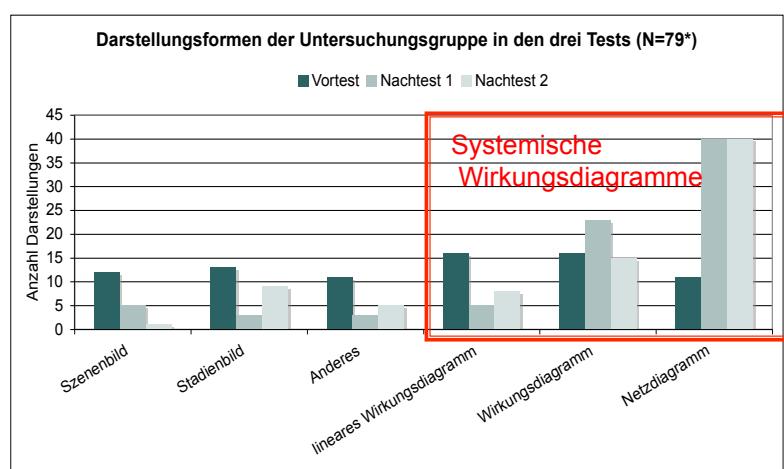
NT 1: Netzdiagramm  
(Strukturindex = 1.3)



weniger Elemente,  
stärkere Vernetzung

**Strukturindex** = (Wirkungsketten + Verzweigungen + Kreisläufe) / Systemelemente

## Resultate der UG



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

PH Zürich  Forschung

### Resultate «Modelle beschreiben»

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

Netzwerktagung - B. Bollmann-Zuberbühler 29.06.11 11

PH Zürich  Forschung

### Kompetenzbereich «Dynamik erfassen»

Lerntraining

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

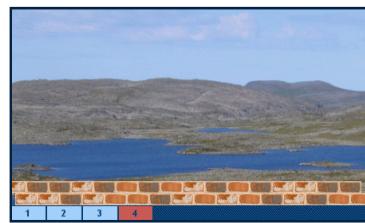
**Welche Veränderungen zeigen Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich „Dynamik erfassen“?**

**3 Typen von Aufgaben**

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

Netzwerktagung - B. Bollmann-Zuberbühler 29.06.11 12

## «Dynamik erfassen» Maueraufgaben (qualitativer Zugang)



[https://ilias.phzh.ch/ilias.php?baseClass=ilObjSurveyGUI&ref\\_id=24838&cmd=infoScreen](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:

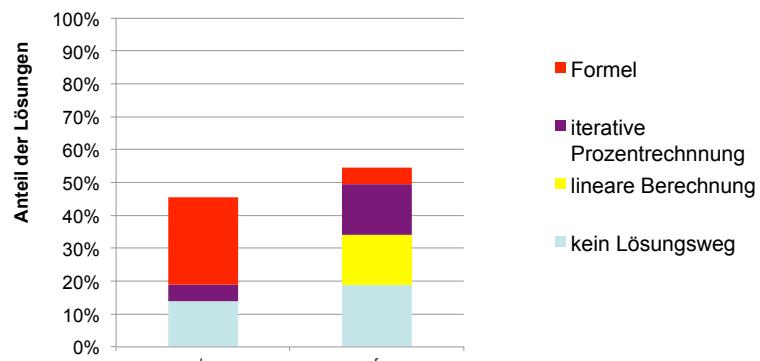
Untersuchungsgruppe N = 79 bzw. 78 (NT 2).

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



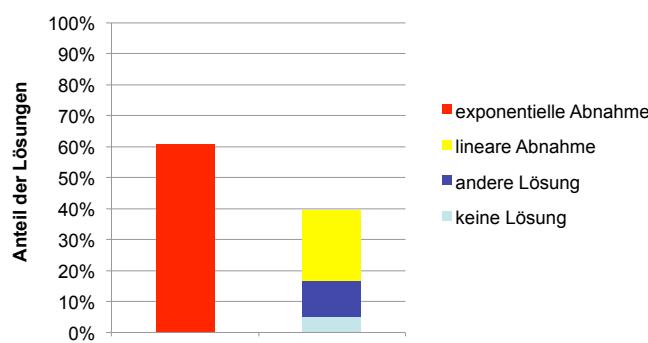
Netzwerktagung - B. Bollmann-Züberbühler

29.06.11

15

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

Eisbären - Verlauf des Graphen



Netzwerktagung - B. Bollmann-Züberbühler

29.06.11

16

## 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:

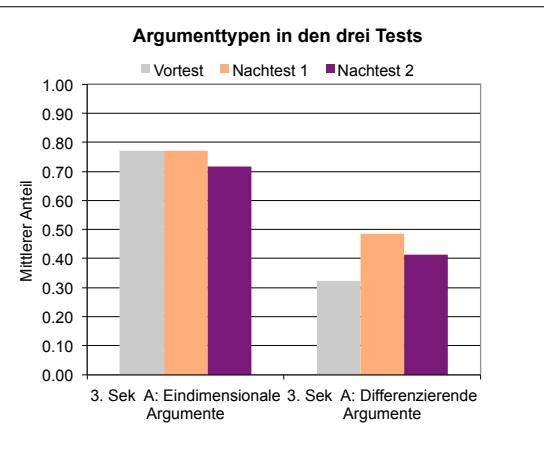
**Vortest:** „Es werden neue Rinder geboren, diese fressen auch und gebären später auch Rinder, die fressen. Die Herde wächst und das Gras wird immer weniger.“

(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**