

**Ass. Prof.
Dr. Günther OSSIMITZ
(Universität Klagenfurt)**

Systemisches Denken braucht systemische Darstellungsformen

**GWS-Jahrestagung
Industrieseminar der
Universität Mannheim
30. 9. 2000**

Übersicht

- 1. Was ist Systemisches Denken?**
- 2. Systemische Darstellungsformen**
- 3. Die Rolle der Mathematik bei systemischen Darstellungsformen**
- 4. Klassifikation systemischer Darstellungsformen**
- 5. Stock-Flow-Denken**
- 6. Vorliegende empirische Untersuchungen**
- 7. Fazit**
- 8. Literatur**

1. Was ist “systemisches Denken”?

(engl. “systems thinking”- ST)

Barry Richmond (HPS – STELLA):

1991: *Systems Thinking: Four Key Questions*

1994: *System Dynamics/ST: let's just get on with it.*

"Systems Thinking is system dynamics with an aura"

1997: *An Introduction to Systems Thinking*

- closed-loop thinking
- dynamic thinking
- operational thinking

Ossimitz (1994a, 2000)

Vier Dimensionen systemischen Denkens:

A. Vernetztes Denken

B. Dynamisches Denken

C. Denken in Modellen

D. Systemgerechtes Handeln

Vier Dimensionen Systemischen Denkens:

- a) ***Vernetztes Denken***: Indirekte Wirkungen, Rückkoppelungen, Wirkungsnetze statt nur einfacher Wirkungen
- b) ***Dynamisch orientiertes Denken***: Denken in zeitlichen Abläufen; Verzögerungen, Schwingungen ("Schweinezyklus"); Eskalationen, Staueffekte, ...
- c) ***Modellorientiertes Denken***: man betrachtet **bewusst** reflektierend vereinfachte Modelle; qualitative vs. quantitative Modelle, mentale (Senge) vs. materialisierte Modelle.
- d) ***Systemorientiertes Handeln***: wo kann in ein System eingegriffen werden? Timing, Stärke der Eingriffe; (pragmatische Dimension), wichtig für systemisches Management! (Vgl. "Systems Thinking in Action")

2. Systemische Darstellungsformen

Jedes Systemmodell muss irgendwie dargestellt werden, wenn man darüber kommunizieren oder reflektieren will!

Man braucht geeignete Darstellungsmittel:

z.B.

- Wirkungsdiagramme, (causal-loop-diagram)
- Flussdiagramme (stock-flow-diagram)
- Systemdynamiksoftware

These: systemisches Denken ist deswegen so schwierig und anspruchsvoll, weil wir kaum adäquate systemische Darstellungsformen entwickelt haben.

Viele systemische Darstellungsformen sind hochgradig spezialisiert und eignen sich nur für einen sehr engen Einsatzbereich bzw. erfordern einen sehr hohen Lernaufwand.

Beispiele:

- Dörner (1989): *Die Logik des Mißlingens*
- Vester (1988): *Leitmotiv Vernetztes Denken*
- Vester (1999): *Die Kunst, vernetzt zu denken*

Dörner (1989): Systemisches Denken ist keine isolierte Fähigkeit, sondern eher "ein Bündel von Fähigkeiten, im wesentlichen ist es die Fähigkeit, sein ganz normales Denken, den «gesunden Menschenverstand», auf die Umstände der jeweiligen Situation einzustellen".

Dörner bietet keine systemischen Darstellungsformen an.

Bei Vester (1988) kommt "vernetztes Denken" nur im Titel des Buches vor, im Text nirgends mehr. In diesem Buch gibt es auch keine speziellen systemischen Darstellungsformen.

Bei Vester (1999) ist das "Sensitivitätsmodell" das zentrale systemische Darstellungsmittel.

Software als SD-Denkmittel ?

Vester (1999): Sensitivitätsmodell
Richmond: STELLA oder I-THINK!

**Braucht man zum systemischen Denken
zwingend ein bestimmtes Softwareprodukt?
Nein, sondern geeignete Darstellungsmittel!**

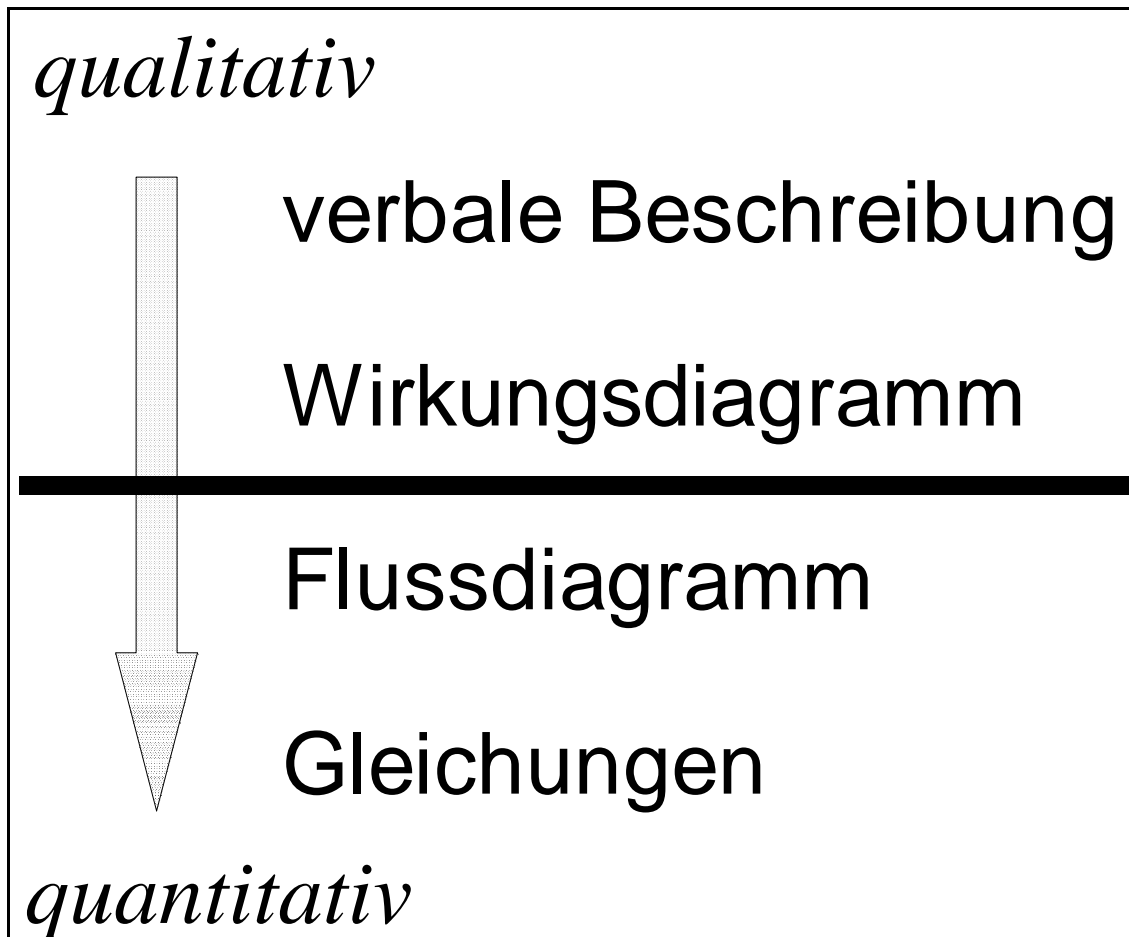
3. Die Rolle der Mathematik

**Fischer (1984): Mathematik als Angebot von
Darstellungs- und Kommunikationsmitteln**

**Fischer (1998): Mathematik als
Materialisierung von Abstraktem:**

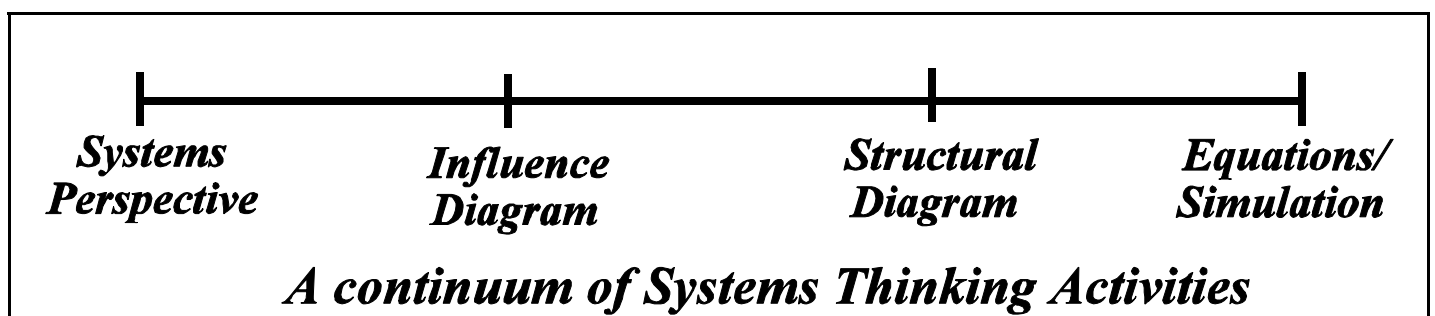
Abstrakte Systeme werden durch geeignete (mathematische) Darstellungsmittel materiell modelliert und damit einer Diskussion und Reflexion zugänglich gemacht.

4. Klassifikation systemischer Darstellungsformen



(nach Ossimitz 1991, S. 175)

Richmond (1991):



(nach Richmond 1991, S. 2)

4.1 Verbale Beschreibungen von Systemen

Vom Leben der Hilus

Der afrikanische Stamm der Hilus lebt von der Rinderzucht. Sein Einkommen hängt davon ab, wie viele Rinder er pro Jahr verkauft; je größer die Herde ist, desto mehr Tiere werden verkauft. Da es in ihrem Weidegebiet selten regnet, legen die Hilus einen Tiefwasserbrunnen an und errichten eine Bewässerungsanlage. Zufrieden stellen sie fest, dass ihre Weidegebiete mit zunehmender Bewässerung immer fruchtbarer werden, und je fruchtbarer das Weideland ist, desto größer wird die Herde. So ist die Bewässerungsanlage kräftig in Betrieb, denn die Hilus wissen: Nimmt das Futterangebot ab, dann verkleinert sich ihre Herde wieder.

Die häufige Bewässerung hat jedoch einen unvorhergesehenen Nebeneffekt: Die in dieser Region beheimatete Tse-Tse-Fliege fängt an, sich stark zu vermehren, und je feuchter die Weidegebiete sind, desto stärker vermehrt sie sich. Die Hilus sind über diese Entwicklung ziemlich erschrocken; die Tse-Tse-Fliege ist nämlich die Überträgerin der gefürchteten, zumeist tödlich verlaufenden Rinderschlafkrankheit.

Versuche, die hier beschriebenen Zusammenhänge so in einer Skizze darzustellen, dass man das Wichtigste auf einen Blick erkennt!

- (ca. 12 cm Platz für die Skizze) -

Hilu-Szenario (nach Klieme/Maichle 1991)

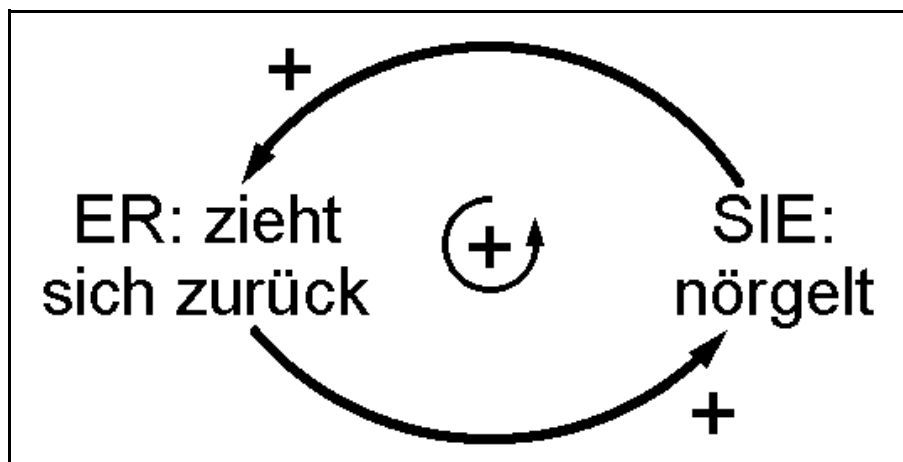
- lineare (sequenzielle) Textstruktur
- keine Spezialtechnologie nötig
- kaum Operationsmöglichkeiten.

Texte können dynamische Vernetzungen nur schwer repräsentieren: Zwang einer bestimmten linearen Abfolge!

Beispiel "streitendes Ehepaar" (nach Watzlawick 1969)

Frau: Sie nörgelt an ihm herum, weil er sich dauernd von Ihr zurückzieht.

Mann: zieht sich zurück, weil sie dauernd an ihm herumnörgelt.

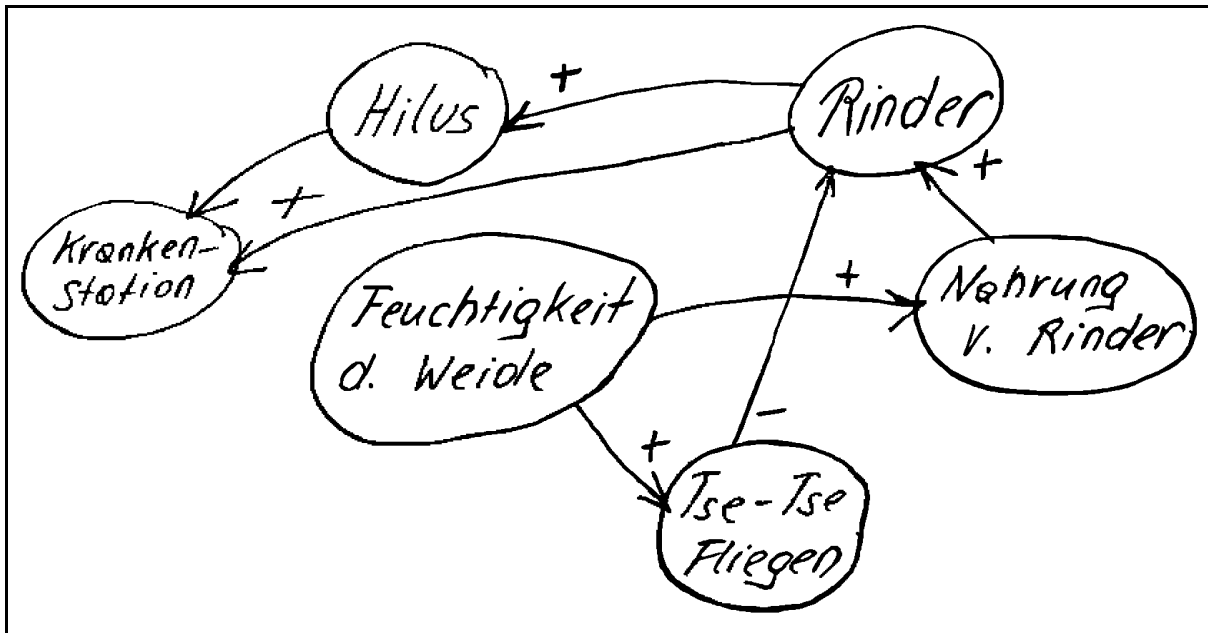


(aus: Ossimitz 2000, S. 44)

Das Wirkungsdiagramm bringt die Gleichzeitigkeit der beiderseitigen Verhaltensweisen adäquat zum Ausdruck.

Im Text **muß** man entweder zuerst die Sicht der Frau oder zuerst die Sicht des Mannes darstellen. Dies suggeriert, dass der zuerst genannte Aspekt die Ursache wäre, der danach genannte die Wirkung.

4.2 (Ursache-) Wirkungsdiagramme: (Causal Loop Diagrams)



(aus: Ossimitz 2000, S. 161)

Wirkungsdiagramme können darstellen:

- indirekte Wirkungen
- Wirkungskreisläufe (Rückkoppelungen)
- Netzwerke von Beziehungen.

These: Wirkungsdiagramme sind das Standardwerkzeug für vernetztes Denken.

Elemente von Wirkungsdiagrammen und auch die Wirkungsbeziehungen können *qualitativ* oder *quantitativ* sein.

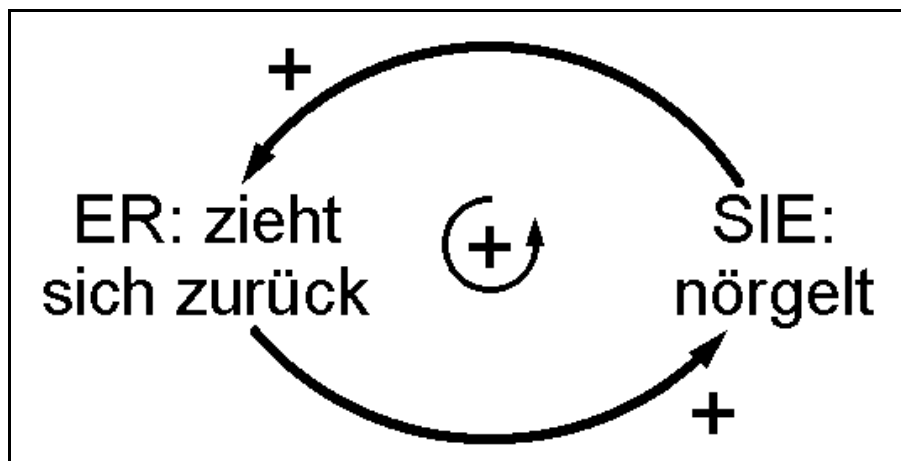
Grenzen von Wirkungsdiagrammen

Kritiker: Wirkungsdiagramme können die Dynamik eines Systems nicht adäquat repräsentieren, weil ohne Bestandsgrößen keine Dynamik erklärbar ist.

"Lacking the identification of level variables, causal loops fail to identify the elements that produce dynamic behavior." (Forrester 1994, S. 11)

Gegenbeispiel:

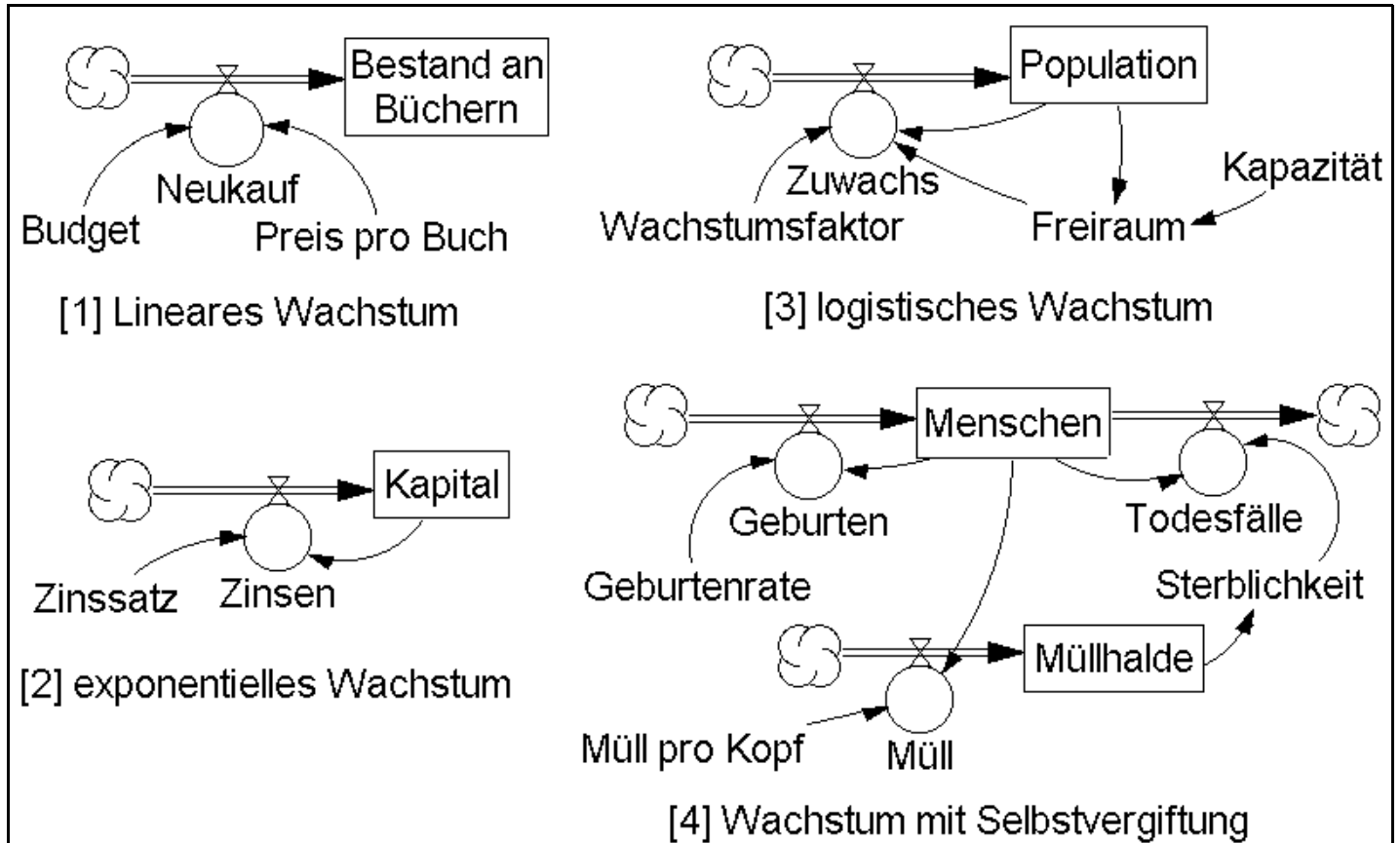
Wirkungsdiagramm "Streitendes Ehepaar":



(aus: Ossimitz 2000, S. 44)

Auch ohne "identification von level variables" kann man die eskalierende Dynamik erkennen.

4.4. Flussdiagramme: (stock-flow-diagrams nach Forrester)



Vier grundlegende Wachstumstypen als Flussdiagramm (aus: Ossimitz 2000, S. 86)

- **Alle Größen in Flussdiagramme sind quantitativ!**
- **Bestandsgrößen als Kernelemente**
- **Grundlage der System-Dynamics-Modelliermethode**
- **Seit 1986 (STELLA) am Computer entwickelbar**

4.5 Gleichungsdarstellung

- S **Kommt aus der Tradition mathematischer Gleichungsdarstellungen (Diff-Gleichungen).**
- S **Am stärksten formalisiert.**
- S **Algebraische Umformungsmöglichkeiten.**

5. "Stock-Flow-Denken"

Identifikation von Bestands- und Flussgrößen ist zur Entwicklung von quantitativen SD-Modellen unerlässlich!

Diesbezüglich notwendige Fähigkeiten fehlen z.T. massiv!

Z.B: Was ist der Unterschied zwischen dem öffentlichen Budgetdefizit und der Staatsverschuldung? Was bedeutet eine Reduktion des Budgetdefizits auf Null für die Staatsverschuldung?

Die Untersuchung von **Booth-Sweeney/Sterman (2000): "*Bathtub Dynamics*"** brachte z.T. sehr ernüchternde Ergebnisse bei der Untersuchung von MIT-Studenten.

Allerdings ist diese Frage noch recht wenig erforscht – vor allem in Hinblick auf mögliche didaktische "Therapien".

Geplant: eigene empirische Untersuchungen.

6. Vorliegende empirische Ergebnisse

Studien von Klieme/Maichle (1991, 1994) und Ossimitz (1994b, 1996) zur Entwicklung systemischen Denkens im Zusammenhang mit dem Einsatz von SD-Software (MODUS, POWERSIM) in der Schule.

Zusammenfassung dieser Studien: Habilitationsschrift Ossimitz (2000): *Entwicklung systemischen Denkens.*

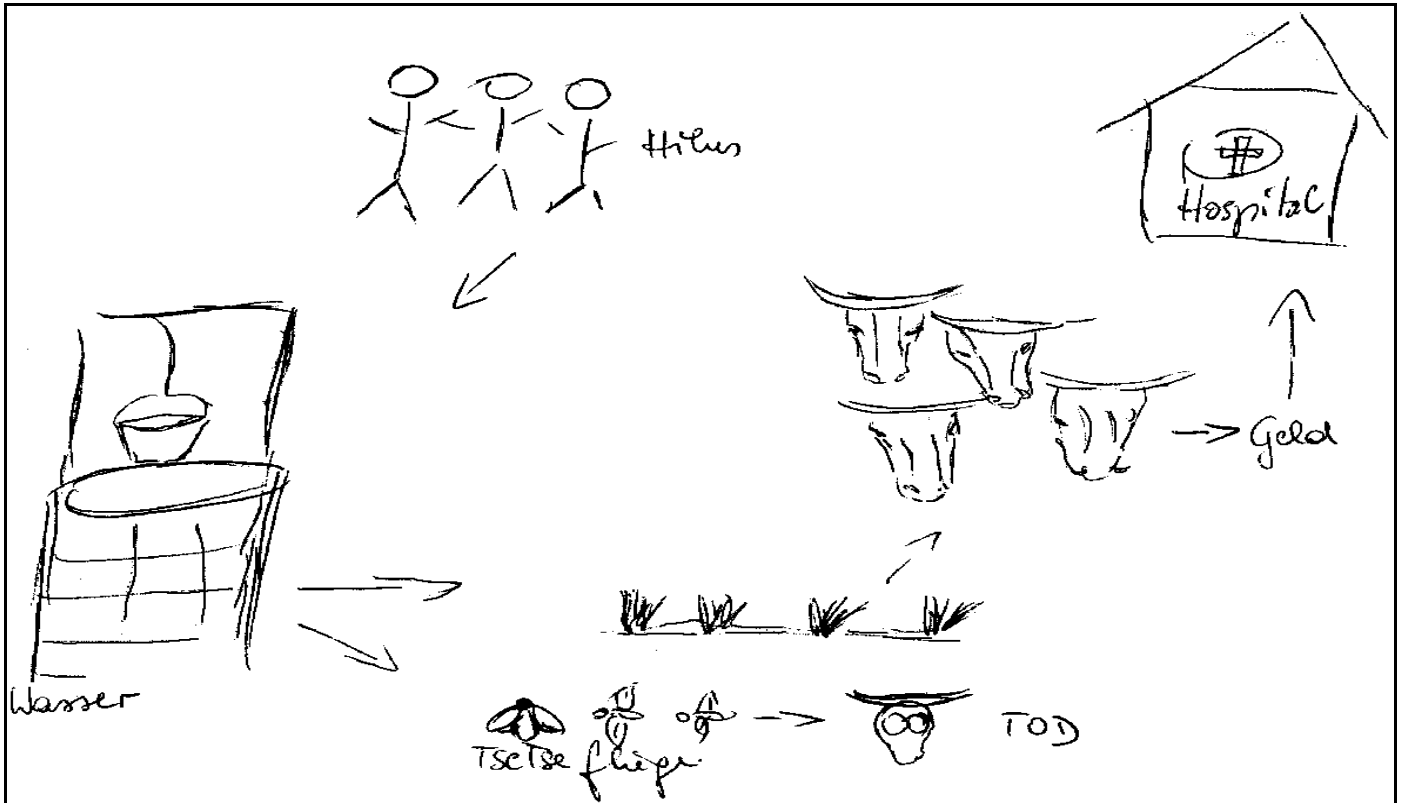
Design der Studien:

Schüler (14-18 Jahre) wurden vor und nach einer systemdynamischen Unterrichtseinheit über ihre Fähigkeiten im systemischen Denken getestet.

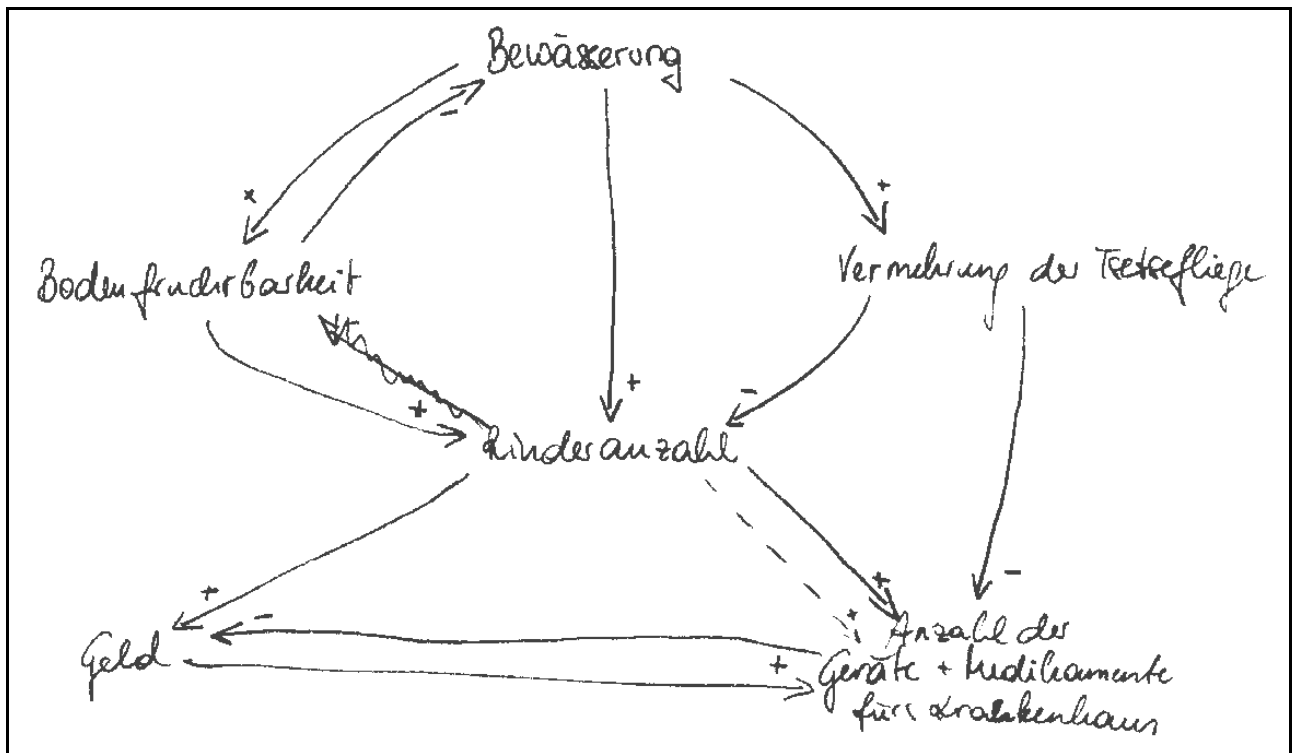
Zwei Aufgabentypen:

- Hilu-Aufgabe: Umsetzen eines systemischen Textes in eine Grafik
- Argumente-Gegenargumente-Aufgabe: Entwicklung von Argumentationsketten

6.1 Hilu-Aufgabe:

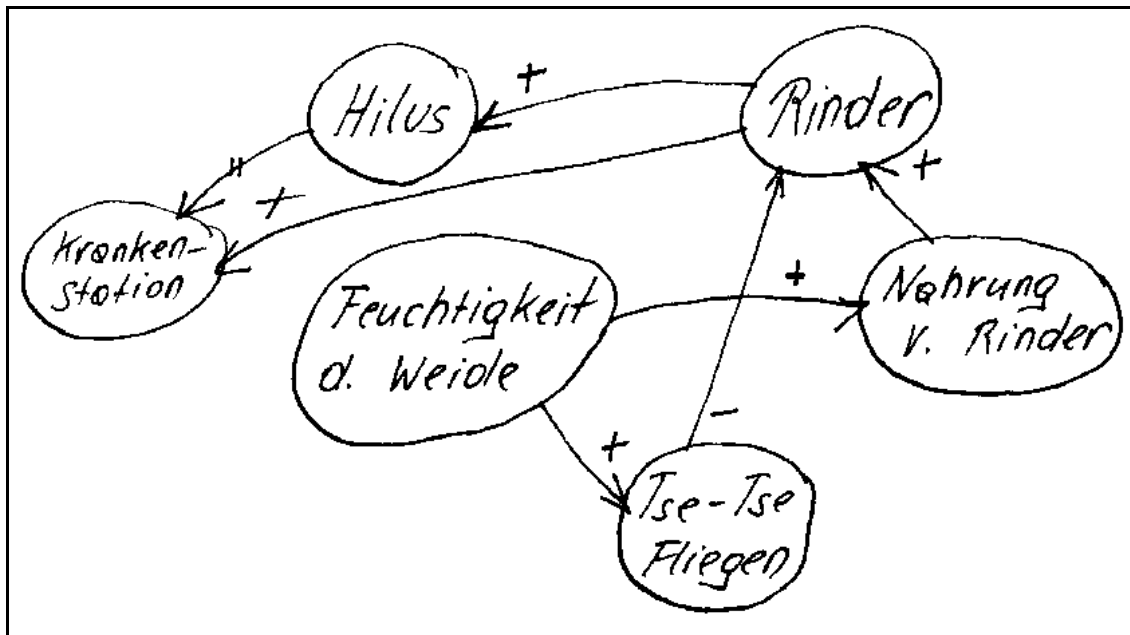


Hilu-Zeichnung Vortest (11. Schulstufe): Elisabeth (aus: Ossimitz 2000, S. 159)

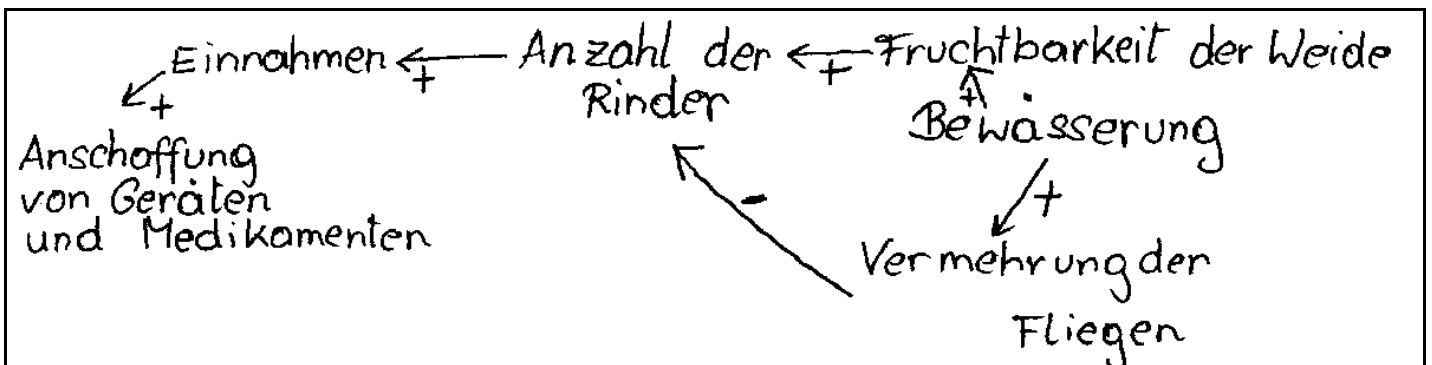


Hilu-Zeichnung Zwischentest (11. Schulstufe): Elisabeth (aus: Ossimitz 2000, S. 164)

6.2 Ein besonderes "Vortest"-Ergebnis



Hilu-Zeichnung Vortest (9. Schulstufe): Andrea (aus: Ossimitz 2000, S. 161)



Hilu-Zeichnung Vortest (9. Schulstufe): Eva (aus: Ossimitz 2000, S. 161)

Grund: Schüler hatten bereits eine einzige Unterrichtsstunde, in der sie zwei ganz einfache Wirkungsdiagramme (mit je 3 Knoten und Pfeilen) zu sehen bekommen hatten!

7. Fazit

- A** Es gibt ein Spektrum an bedeutsamen systemischen Darstellungsformen von qualitativ bis quantitativ: Prosamodelle, Wirkungsdiagramme, Flussdiagramme, Gleichungsdarstellung.
- B** Wirkungsdiagramme sind leistungsfähige systemische Darstellungen, die sich rasch erlernen lassen und vielfältig einsetzbar sind.
- C** Flussdiagramme benötigen bereits quantifizierte Größen sowie eine Differenzierung zwischen Bestands- und Flussgrößen.
- D** Die Unterscheidung Bestandsgröße - Flussgröße ist praktisch sehr wichtig, wird aber oft nicht verstanden. Für entsprechende "Therapien" gibt es ein breites didaktisches Betätigungsfeld.

8. Literatur

- Booth-Sweeney, Linda / John Sterman (2000): *Bathtub Dynamics. Preliminary Results of a Systems Thinking Inventory*. In: Proceedings of the 2000 System Dynamics Conference. Albany: The System Dynamics Society.
- Dörner, Dietrich (1989): *Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Reinbek: Rowohlt.
- Fischer, Roland (1984): *Offene Mathematik und Visualisierung*. mathematica didactica.
- Fischer, Roland (1998): *Mathematik anthropologisch: Materialisierung und Systemhaftigkeit*. (1998/8). Wien: IFF.
- Forrester, Jay W. (1994): *System Dynamics, Systems Thinking and Soft OR*. System Dynamics Review, 10(2).
- Klieme, Eckhard / Ulla Maichle (1991): *Erprobung eines Modellbildungssystems im Unterricht. Bericht über eine Pilotstudie zur Unterrichtsevaluation*. Bonn: Institut für Test- und Begabungsforschung.
- Klieme, Eckhard / Ulla Maichle (1994): *Modellbildung und Simulation im Unterricht der Sekundarstufe I. Auswertungen von Unterrichtsversuchen mit dem Modellbildungssystem MODUS..* Bonn: Institut für Bildungsforschung.
- Ossimitz, Günther (1991): *Darstellungsformen in der Systemdynamik*. In: H. Kautschitsch et al. (Hg.): *Anschauliche und experimentelle Mathematik* (pp. 175-184). Wien: HPT
- Ossimitz, Günther (1994a): *Der Systembegriff und der Modellbildungsaspekt in der Didaktik der Systemdynamik*. In: H. Kautschitsch (Hg.): *Anschauliche und Experimentelle Mathematik II* (Bd. 22, pp. 247-260). Wien: Hölder-Pichler-Tempsky.
- Ossimitz, Günther (1994b): *Endbericht zum Projekt "Systemdynamiksoftware im Unterricht"*. Klagenfurt: Universität Klagenfurt.
- Ossimitz, Günther (1996): *Projekt "Entwicklung vernetzten Denkens"* (Endbericht an die Forschungskommission). Klagenfurt: Universität Klagenfurt.
- Richmond, Barry (1991): *Systems Thinking: Four Key Questions*. Lyme, NH: High Performance Systems Inc.
URL: <ftp://sysdyn.mit.edu/ftp/cle/documents/system-ed/SE1993-05STFourKeyQuestions.pdf>
- Richmond, Barry (1994): *System Dynamics/Systems Thinking: Let's just Get On With It*. Lyme, NH: High Performance Systems, Inc.
- Richmond, Barry (1997): *An Introduction to Systems Thinking* Lyme, NH: High Performance Systems, Inc.
- Senge, Peter M. (1990): *The Fifth Discipline: the Art and Practice of the Learning Organization*. New York: Doubleday.
- Vester, Frederic (1988): *Leitmotiv vernetztes Denken*. München: Heyne.
- Vester, Frederic (1999): *Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität*. Stuttgart: DVA
- Watzlawick, Paul / Janet H. Beavin / Don D. Jackson (1969): *Menschliche Kommunikation: Formen, Störungen, Paradoxien*. Bern: Hans Huber.

Anschrift des Autors:

Ass. Prof. Dr. Günther Ossimitz
Abteilung Didaktik der Mathematik
Universität Klagenfurt
A-9020 Universitätsstraße 65

ossimitz@bigfoot.com
<http://guenther.ossimitz.at>

Dieser Vortrag ist zu finden unter:
<http://go.just.to/pap>