

# Systemisches Denken braucht systemische Darstellungsmittel

Günther Ossimitz

## I. Denken und Darstellen

In diesem Paper sollen zwei Grundideen näher betrachtet werden:

- *Systemische Denkformen* und *systemische Darstellungsformen* stehen in einem engen Zusammenhang.
- Diese Darstellungsmittel sind oft *mathematische* Darstellungsmittel.

Denken und Darstellen stehen in einer sehr engen Wechselbeziehung zu einander. Dieser Zusammenhang wird vielleicht nicht unmittelbar deutlich, wenn man mit "Denken" das Bild eines einsamen, kontemplativ nachdenkenden Philosophen assoziiert. Doch das Wechselspiel zwischen Denk- und Darstellungsformen wird unmittelbar evident, wenn es darum geht, Denkvorgänge oder deren Ergebnisse zu kommunizieren. Zugegebenermaßen ist es nur ein Teil unseres menschlichen Denkens, den wir sprachlich, bildlich oder durch andere Ausdrucksmittel an Andere mitteilen. Dennoch ist gerade dieser Teil der Entscheidende, wenn es um den Wert und Nutzen von Denkvorgängen geht. Ein Denken, das nicht mehr mitgeteilt werden kann, ist an seinen Grenzen angelangt.

Wie lassen sich nun Denkvorgänge anderen mitteilen? Ich sehe dafür grundsätzlich zwei Möglichkeiten: entweder durch geeignete *Darstellungsformen* oder durch ein entsprechendes *Verhalten*. Zum Darstellen können sprachliche, bildliche oder auch symbolische Darstellungsmittel verwendet werden. Die Möglichkeit, unser Denken durch Verhalten auszudrücken, ist (vor allem im affektiven Bereich) von größter Bedeutung. Man denke nur an die Mimik, die "Körpersprache"; aber auch an das Fahrverhalten eines Autofahrers: stets werden mentale Prozesse durch ein bestimmtes Verhalten repräsentiert.

Ich möchte an dieser Stelle den Unterschied zwischen Darstellungen und Verhalten als Ausdrucksmittel von Denkvorgängen nicht zu sehr strapazieren. Fasst man den Darstellungsbegriff sehr weit, dann kann man auch jegliches

Verhalten als eine Art "Darstellung" ansehen und damit den angesprochenen Unterschied entschärfen. Schwerpunktmäßig soll im Folgenden jedoch der Zusammenhang zwischen Darstellungsformen in einem engerem Sinn und dahinter liegenden Denkformen betrachtet werden.

Besonders augenscheinlich wird die Beziehung zwischen Denken und Darstellen überall dort, wo abstrakte Ideen und Gedanken durch *Symbole* (i. S. von sichtbaren Zeichen für unsichtbare Ideen) dargestellt und damit auch einem (oft rituellen) Umgang zugänglich gemacht werden. Durch Symbole wie Thron, Krone und Zepter wird etwa die Idee von Macht und Autorität eines Königs repräsentiert. Dementsprechend wird die Erlangung königlicher Autorität durch eine Thronbesteigung, Krönung oder das Überreichen eines Zepters zeremoniell vollzogen. Wenn Ehepartner bei der Hochzeitszeremonie Eheringe austauschen, so ist dies ein sichtbares Zeichen für dauernde Zusammengehörigkeit. Die Zugehörigkeit zu einer Nation wird durch die Landesflagge symbolisiert. Wappen dienen zur Identifikation von Adelsgeschlechtern, Städten oder Ländern. Zünfte verwendeten bestimmte Zunftzeichen usw. Dies sind alles historische Vorformen moderner Firmenlogos oder von Produkt-Handelsmarken. Aber auch politische, ideologische oder religiöse Bewegungen haben stets einen enormen Bedarf an symbolischen Repräsentationen, um die entsprechenden abstrakten Ideen auch sichtbar und kommunizierbar zu machen. Für den Kommunismus ist dies Hammer und Sichel, für das Christentum das Kreuz und für Greenpeace der Regenbogen.

Die große Bedeutung von materialisierten Symbolen liegt nicht nur darin, dass sie eine unsichtbare Idee sichtbar machen, sondern vor allem auch in den damit verbundenen Handlungsmöglichkeiten: Fahnen können gehisst werden, Eheringe werden ausgetauscht, Titel werden durch die Übergabe von entsprechenden Dekreten feierlich verliehen usw.

## **II. Systemisches Denken**

Für die folgenden Überlegungen wird die in Ossimitz (1991, 2000) ausführlich entwickelte Definition systemischen Denkens zugrunde gelegt, die vier Dimensionen systemischen Denkens unterscheidet:

1. *Denken in Modellen*: Bewusstsein darum, dass wir nicht Systeme "an sich" betrachten, sondern stets mit externalisierten Modellen von Systemen umgehen, die gewisse Aspekte der systemischen Situation hervorheben und andere Aspekte vernachlässigen.

2. *Vernetztes Denken*: Denken in Wirkungsnetzen, Erfassung von Wirkungsketten sowie von eskalierenden und stabilisierenden Rückkopplungen.
3. *Dynamisches Denken*: Berücksichtigung von Verzögerungen, Schwingungen und anderen Zeitgestalten in Systemen.
4. *Systemisches Handeln*: Fähigkeit zur praktischen Steuerung von Systemen.

Jede dieser Dimensionen ist eng mit dem Darstellungsaspekt verknüpft. Beim *Denken in Modellen* braucht man Darstellungen (materialisierte Repräsentationen) von den mentalen Modellen, um irgendwie mit ihnen umgehen zu können. Solcherart externalisierte Modelle (z. B. in Form eines Wirkungsdiagrammes, eines Schaltplanes oder einer Landkarte) sind selbst Darstellungsformen des betrachteten Systems.

Der Aspekt des *vernetzten Denkens* ist ebenfalls eng an die gegebenen Darstellungsmöglichkeiten gebunden. Vernetzungen lassen sich nur so weit erfassen, als man dafür Darstellungsformen zur Verfügung hat. Um z.B. die Struktur einer Hierarchie zu verstehen, ist eine angemessene Darstellung (etwa in einem Organigramm oder in einem Baumdiagramm) nötig. Ein weiteres Beispiel ist die hierarchische Systematik der Pflanzen. Diese Systematik wird in einem wissenschaftlichen Pflanzenbestimmungsbuch in eine lineare Textsequenz gebracht. Ein einfaches Durchlesen des Textes erlaubt es jedoch kaum, die zugrundeliegende Systematik (wiewohl sie logisch vollständig vorliegt) auch anschaulich zu erfassen. Dies wird erst möglich durch eine geeignetere Darstellung in einem baumartigen Übersichtsdiagramm oder wenigstens in einem ebenfalls hierarchisch gegliederten Inhaltsverzeichnis.

Beim *dynamischen Denken* tritt der Zusammenhang mit entsprechenden Darstellungsformen in besonderer Weise entgegen. Um Zeitgestalten erfassen zu können, müssen diese im Systemmodell entsprechend repräsentiert werden. Dies ist nicht so einfach, weil wir Menschen Raumgestalten eher erfassen als Zeitgestalten (vgl. Dörner 1987, S. 156ff). Häufig behilft man sich dadurch, dass Zeitgestalten in Raumgestalten umgewandelt werden, wie z.B. bei Aktiencharts oder Fieberkurven, die jeweils den zeitlichen Verlauf eines Systemelements in Form eines Funktionsgraphen mit der Zeit als unabhängiger Variabler darstellen.

Lediglich das *systemgerechte Handeln* ist nicht unmittelbar an bestimmte Darstellungsformen gebunden – es sei denn, man fasst das Verhalten selbst als eine Art Darstellung des Systems auf. Dies ist in gewissen Fällen plausibel: so ergibt z.B. das kollektive Verhalten aller Verkehrsteilnehmer eine durchaus angemessene "Darstellung" eines Verkehrssystems.

### III. Systemisches Denken und systemische Darstellungsformen

Der im ersten Abschnitt postulierte Zusammenhang zwischen Denk- und Darstellungsformen besteht nun auch spezifischer für *systemisches Denken* bzw. *systemische Darstellungen*:

- A Systemisches Denken lässt sich nur durch adäquate systemische Darstellungsformen (bzw. Verhaltensweisen) sichtbar und damit kommunizierbar machen.
- B Die Geschichte systemischen Denkens bzw. systemischer Ansätze ist unmittelbar mit den jeweils verfügbaren Möglichkeiten zur Darstellung von Systemen verbunden. Neue Darstellungstechnologien ermöglichen neue Systemsichtweisen.
- C Verschiedene Systemansätze haben jeweils charakteristische Modi zur Repräsentation und Darstellung ihrer Systemmodelle.
- D Viele Darstellungsformen von Systemen kommen aus der Mathematik oder haben wenigstens einen gewissen mathematischen Charakter.
- E Systemisches Denken zu lernen ist auf das Engste mit dem Lernen entsprechender systemischer Darstellungsformen verbunden.
- F Wenn man die Fähigkeit systemisches Denken empirisch messen möchte, dann muss dieses Denken in geeigneter Weise materialisiert bzw. repräsentiert werden, um in einem Experiment beobachtet werden zu können.
- G Man kann sogar so weit gehen, dass man systemisches Denken überhaupt als den Umgang mit systemische Darstellungsformen definiert.

Ich möchte nun auf diese Punkte näher eingehen und beginne mit dem letztgenannten. Dieser lässt sich etwa bei Richmond (1991, S. 2) beobachten:

"Systems Thinking, in practice, is a continuum of activities which range from the conceptual to the technical:"

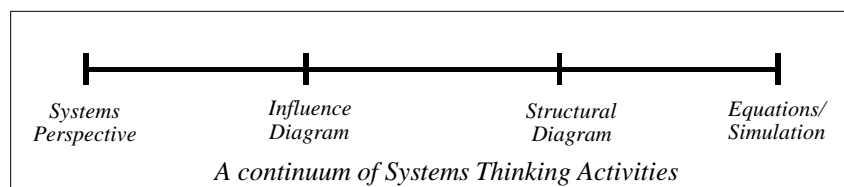


Abb. 1 (nach Richmond 1991, S. 2)

In Abb. 1 gibt Richmond (1991, S. 2) ein "Continuum of Systems Thinking

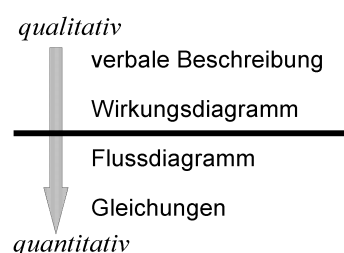


Abb. 2

Activities". Mit Systems Perspective meint Richmond einen Standpunkt, bei dem man quasi wie von einem Berggipfel aus einen Überblick über die Situation hat und nicht von einzelnen Details gefangen genommen wird. Die übrigen drei Markierungen in Abb. 1 sind eigentlich eher systemische Darstellungsformen als Aktivitäten. Sie entsprechen in verblüffender Weise der unabhängig von Richmond in Ossimitz (1991) unter dem Titel "Darstellungsformen in der Systemdynamik" entwickelten Konzeption von verschiedener Stufen qualitativem und quantitativem systemdynamischen Modellierens und Darstellens (Abb. 2). Dabei ist die *verbale Beschreibung von Systemen* die offenste und gleichzeitig am wenigsten formalisierte Darstellungsmöglichkeit, die allerdings auch nur wenige Möglichkeiten zum Operieren bietet. *Wirkungsdiagramme*<sup>1</sup> (vgl. Abb. 4) erlauben es, systemische Vernetzungen qualitativ darzustellen<sup>2</sup>. *Flussdiagramme*<sup>3</sup> (vgl. Abb. 3) sind hingegen bereits quantitative Darstellungen von Systemen: jede in einem Flussdiagramm modellierte Größe ist im wesentlichen eine Zahl. So ist in Abb. 3 z.B. der Bestand an Büchern oder die Variable Menschen im logistischen Modell [3] jeweils die *Anzahl* der Bücher bzw. Menschen und nicht die Bücher bzw. Menschen selbst. Wegen des quantitativen Charakters der Variablen ist es auch möglich, Zusammenhänge zwischen Systemmodellen in Flussdiagrammen in Form von *Gleichungen* zu beschreiben. Diese Gleichungen legen fest, wie sich die aktuellen Werte jeder Modellgröße aus anderen Modellgrößen numerisch errechnen lassen. Mit der Darstellung in Gleichungsform sind wir bereits vollständig im Bereich der quantitativen Darstellung von Systemmodellen angelangt.

#### IV. Zur Evolution Systemischen Denkens und Darstellens

Auch wenn man systemisches Denken nicht so unmittelbar mit bestimmten Darstellungsformen gleichsetzt, wie Richmond (1991) dies tut, so waren in der Geistesgeschichte die Möglichkeiten zu systemischem Denken immer eng mit den dazu verfügbaren Darstellungsmitteln verbunden. Die Erfindung der algebraischen Notation erlaubte im 17. Jahrhundert Newton und Leibniz, den Differenzialkalkül zu entwickeln und damit Differenzialgleichungssysteme zu beschreiben. Genauso ist die Geschichte des System-Dynamics-Ansatzes im

---

<sup>1</sup> Oft auch Ursache-Wirkungsdiagramme, manchmal auch Strukturdiagramme genannt. Im Englischen ist die häufigste Bezeichnung causal loop diagram (CLD) oder structural diagram (wie z.B. bei Richmond 1991).

<sup>2</sup> Die Elemente in Wirkungsdiagrammen können quantitative Größen oder auch qualitative Größen sein. (Vgl. dazu auch Ossimitz 2000, S.71ff)

<sup>3</sup> Gemeint sind Flussdiagramme im Sinne von Forrester (1961, 1968), nicht im Sinne der Informatik, vgl. Abb. 3.

20. Jahrhundert auf das Engste mit zwei spezifischen Darstellungsformen von dynamischen Systemen verbunden: der Darstellung durch Flussdiagramme<sup>3</sup> und der numerischen Simulation dynamischer Stock-Flow-Systeme am Computer.

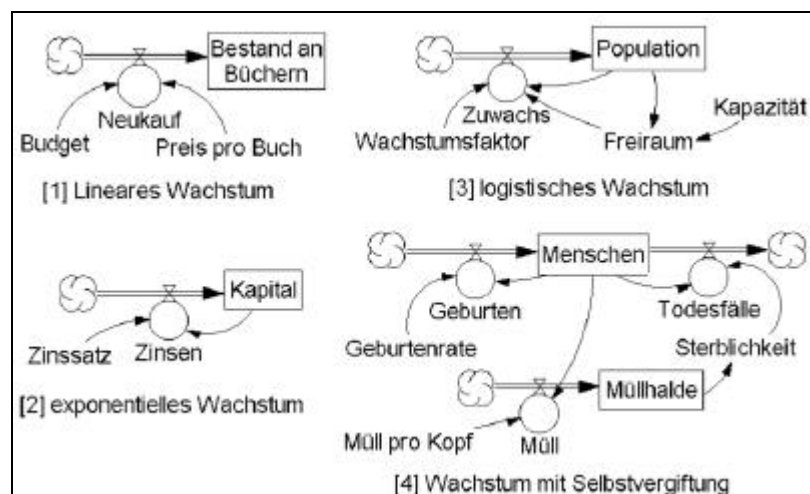


Abb. 3 Vier Wachstumstypen als Flussdiagramm (aus Ossimitz 2000, S. 86)

Viele systemische Ansätze kennen die Idee der Rückkoppelung. Im Buch *Feedback Thought* zeigt George P. Richardson (1991), wie Rückkoppelungskreise in verschiedensten Zweigen der Wissenschafts- und Geistesgeschichte vorkommen und auch unterschiedlich dargestellt wurden. Dabei fallen zwei Dinge auf:

1. Vielfach bleibt der Systemcharakter der von Richardson beschriebenen Systemansätze nur implizit und wird lediglich in einer verbalen Beschreibung oder überhaupt nur durch das Systemverhalten repräsentiert. Dies gilt insbesondere für historisch ältere Systemansätze, wie z. B. das (rein verbal beschriebene) Konzept der "unsichtbaren Hand" beim Nationalökonom Adam Smith, die für ein Einpendeln von Angebot und Nachfrage im Gleichgewicht sorgt.
2. Eine Reihe von Darstellungsformen von Systemen haben einen mehr oder weniger engen Bezug zur Mathematik. Dabei sind es die inhaltlich am wenigsten spezialisierten und damit universellsten Darstellungsformen – wie z. B. Gleichungssysteme oder Systeme von Funktionen, oder auch Wirkungsdiagramme als bewertete Knoten-Kanten-Graphen – die unmittelbar der Mathematik zugerechnet werden können. Dies führt uns zu einer zentralen These dieser Arbeit.

## V. Die Rolle der Mathematik

Die These lautet: *Viele systemischen Darstellungsmittel sind im Wesentlichen mathematische Darstellungsmittel.* Ein Grund dafür scheint mir darin zu liegen, dass Systeme oft quantitativ modelliert werden und damit kommt zwangsläufig mehr oder weniger Mathematik ins Spiel. Kausale Wirkungsbeziehungen zwischen quantifizierten Modellgrößen lassen sich durch Funktionen elegant repräsentieren. Und für Funktionen hat die Mathematik ein reiches Repertoire an Darstellungsmöglichkeiten entwickelt. Funktionen lassen sich als *Gleichung* (z.B.  $f(x)=3x+5$ ), als *Funktionsgraph*, als *Tabelle* oder etwa symbolisch in der Form:  $f: A \rightarrow B$  darstellen. Im Sachkontext könnte  $f$  dann beispielsweise eine Kostenfunktion sein, bei der (vereinfacht gesagt) jeder Produktionsmenge  $A$  bestimmte Kosten  $B$  zugeordnet werden.<sup>4</sup>

Jede dieser Darstellungen von Funktionen eröffnet bestimmte Operationsmöglichkeiten. In die Funktionsgleichung können bestimmte Werte der unabhängigen Variablen eingesetzt und so Werte der abhängigen Variablen errechnet werden, die sich dann als Zahlenpaare in einer Tabelle zusammenfassen oder als Punkte in einem Funktionsgraphen dargestellt werden können.

Funktionen lassen sich unter gewissen Rahmenbedingungen auch iterieren. Aus den Funktionen  $f: A \rightarrow B$  und  $g: B \rightarrow C$  lässt sich eine Art Hintereinanderausführung der beiden Wirkungsbeziehungen der Art  $h(x) = g(f(x))$ :  $A \rightarrow C$  konstruieren. Unter bestimmten Bedingungen können Funktionen auch invertiert werden, was im Sachkontext einer Umkehrung von Ursache und Wirkung entspricht. Insgesamt eignen sich Funktionen damit hervorragend, einzelne Wirkungsbeziehungen oder auch ganze Netzwerke von Wirkungsbeziehungen zu beschreiben und einer quantitativen Analyse zugänglich zu machen. Ein derartiges Systemmodell kann entweder qualitativ (in Form eines Wirkungsdiagramms) oder quantitativ (als systemdynamisches Flussdiagramm oder in Gleichungsform) vorliegen.

Beispiel:

Bei der Herstellung und beim Verkauf eines Produktes gibt es unterschiedliche

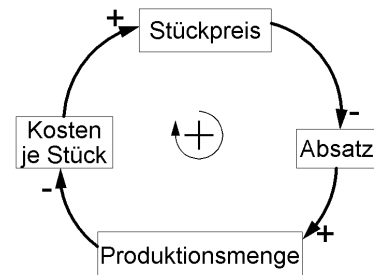


Abb. 4

<sup>4</sup> Genauer sind  $A$  und  $B$  zwei Mengen (i. S. der Mathematik); die Elemente von  $A$  sind alle möglichen Produktionszahlen und die Elemente von  $B$  alle möglichen Kosten. Man ordnet mittels Vorschrift  $f$  jedem Element aus  $A$  genau ein Element aus  $B$  zu.

funktionale Beziehungen: *Produktionsmenge* ? *Kosten* (Kostenfunktion); *Kosten* ? *Stückpreis*; *Stückpreis* ? *Absatz* (Preis-Absatzfunktion); *Absatz* ? *Produktionsmenge*. Üblicherweise werden diese Funktionen unterschiedlichen Teildisziplinen der BWL zugeordnet: Der Zusammenhang zwischen Preis und Absatz ist Sache des Marketing, der Zusammenhang zwischen Produktionsmenge und Kosten ist Angelegenheit der Kostenrechner usw. Dennoch stehen alle diese Aspekte in einem systemischen Zusammenhang mit einander, wie dies das Wirkungsdiagramm Abb. 4 skizziert. Die Vorzeichen bei den Pfeilen signalisieren das Monotonieverhalten der jeweiligen Funktion. Ein „+“ bedeutet einen monoton wachsenden Zusammenhang (z.B.: "Je höher die Kosten je Stück desto höher der Stückpreis"); ein „-“ einen monoton fallenden Zusammenhang (z.B.: "Je höher der Stückpreis, desto geringer der Absatz").

## VI. Das Erlernen systemischen Denkens

Die Wichtigkeit systemischer Darstellungsmittel wird ganz besonders dann deutlich, wenn man systemisches Denken erlernen bzw. lehren möchte. Die betrachteten Systeme bzw. Systemmodelle *müssen* irgendwie dargestellt werden, um im Ausbildungskontext überhaupt thematisiert werden zu können. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass sich der Lernprozess durchwegs an den dabei verwendeten systemischen Darstellungen orientiert. Ein wesentlicher Aspekt ist daher das Kennenlernen systemischer Darstellungsmittel und zu lernen, wie man mit diesen Repräsentationen (z.B. Wirkungsdiagrammen) umgehen kann. Pointiert gesagt vollzieht sich das Lernen systemischen Denkens vor allem im Erlernen von systemischen Darstellungsformen.

Wenn man die Darstellungsebene ausblendet, dann bleiben die Möglichkeiten zum Erwerb und zur praktischen Implementierung systemischen Denkens sehr beschränkt. Als Beleg für diese These möge eine kritische Beurteilung der Schlussfolgerungen dienen, die Dietrich Dörner in seinem Buch "Die Logik des Mislingens" (Dörner 1989) aus mehreren Jahrzehnten kognitionspsychologischer Forschung zum "Komplexen Problemlösen" zieht.<sup>5</sup> Dörner schließt sein Schlusskapitel "Was tun?" mit einem doppelten Fazit:

---

<sup>5</sup> In einer Vielzahl von Studien des Forschungszweiges "Komplexes Problemlösen" mussten Probanden am Computer simulierte komplexe Szenarien so steuern, dass sich das simulierte System gewissermaßen gedeihlich entwickelte. Bekannte Beispiele für solche Szenarien sind *Tanaland* oder *Moro* (beides afrikanische Steppenstämme mit Ackerbau und Viehzucht), *Tailorshop* (eine simulierte Schneiderwerkstätte) oder *Lohhausen* (eine simulierte Kleinstadt, in der die Probanden als "allmächtige Bürgermeister" werken durften). Die innere Struktur der Simulationsmodelle blieb für die Probanden eine Black Box, die nicht direkt einsehbar war.

- Einerseits meint Dörner, dass es systemisches Denken als eine spezifische, isolierbare Fähigkeit gar nicht gäbe, sondern es "ist im wesentlichen die Fähigkeit, sein ganz normales Denken, seinen «gesunden Menschenverstand» auf die Umstände der jeweiligen Situation einzustellen". (Dörner 1989, S. 309)
- Andererseits meint Dörner, dass es wichtig sei, systemisch denken zu lernen: "Weiterhin müssen wir es lernen, in *Systemen* zu denken." (Dörner 1989, S. 307). Die einzige Möglichkeit, dies zu lernen, sieht Dörner darin, sich in Simulationsspielen mit Szenarien a la *Tanaland* zu beschäftigen.

Warum bleiben die Schlussfolgerungen der sehr umfangreichen kognitionspsychologischen Problemlöseforschung derart bescheiden? Einen wesentlichen Grund sehe ich in den systemischen Darstellungsformen, die im Ansatz "Komplexes Problemlösen" verwendet werden oder besser gesagt *nicht* verwendet werden. Die Problemlöseforschung kennt nur eine einzige Form von Darstellung komplexer Systeme: nämlich die Darstellung als Black-Box-Computersimulationsszenario. Da dies (in der Problemlöseforschung!) die *einzig*e relevante Darstellungsform ist, ist dies dem entsprechend auch die einzige Lernmöglichkeit. Und bei einem derart bescheidenen Angebot an systemischen Darstellungsformen verwundert es auch nicht mehr, wenn Dörner systemisches Denken insgesamt auf einen situationsgerecht eingesetzten "gesunden Menschenverstand" reduziert: ohne entsprechende Darstellungsmittel ist es kaum möglich, systemisches Denken in seinem Wesen adäquat zu erfassen.

## VII. Empirische Untersuchungen zum systemischen Denken

Grundsätzlich kann man zwei Ansätze zur empirischen Exploration systemischen Denkens unterscheiden:

- Untersuchung von systemischem Verhalten (Dörner 1989) oder
- Analyse von Systemdarstellungen (Klieme/Maichle 1994, Ossimitz 2000).

Der erstgenannte Ansatz wurde im Forschungszweig „Komplexes Problemlösen“ (siehe Dörner 1989) intensiv praktiziert. Er kommt mit einem sehr bescheidenen Niveau an Darstellungen aus. Vielfach bestanden aus Sicht der Probanden die am Computer simulierten Systeme nur in einem einführenden Text und einigen dürftig erklärten Zahlen am Computerbildschirm.

Bei den von Klieme/Maichle (1994) sowie von Ossimitz (2000, Kap. 5) durchgeführten empirischen Untersuchungen zum systemischen Denken spielte der Aspekt der Darstellung von Systemen hingegen eine zentrale Rolle. In beiden Untersuchungen erhielten die Schüler Texte wie in Abb. 5, die in eine gra-

fische Darstellung umzuwandeln waren. Aus den daraus sich ergebenden Darstellungen wurde versucht, Rückschlüsse auf die systemischen Denkfähigkeiten der untersuchten Schüler zu ziehen.

#### 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!**

Abb.5 Hilu-Text (aus Ossimitz 2000, S. 122)

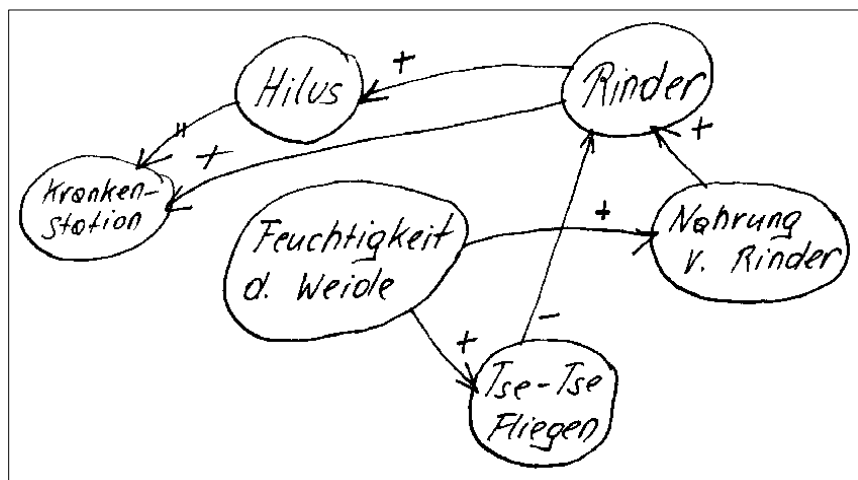


Abb. 6 Lösung von Andrea (14 Jahre) zum Hilu-Test

Bei den Vortests verwendeten die Schüler meist szenische Darstellungen oder cartoonartige Bildsequenzen, um eine Situation wie in Abb. 5 durch eine Skizze darzustellen. Sofern die Schüler im Unterricht Wirkungsdiagramme

kennen gelernt hatten, verwendeten sie diese beim entsprechenden Nachtest signifikant öfter als beim Vortest.

Insgesamt haben die Untersuchungen von Klieme/Maichle (1994) bzw. von Ossimitz (2000) gezeigt, dass eine Förderung im Umgang mit systemischen Darstellungsformen durch schulischen Unterricht möglich ist und dass dadurch die Schüler deutlich mehr Sicherheit im Umgang mit systemischen Situationen gewinnen: Insbesondere die Fähigkeit zu einer adäquaten Darstellung von Systemen (z.B. in Form von Wirkungsdiagrammen) lässt sich bereits durch einen einschlägigen Unterricht von wenigen Stunden Dauer entscheidend verbessern. Das in Abb. 6 wiedergegebene Wirkungsdiagramm von Andrea ist ein schlagendes Beispiel für diese These. Andrea hatte einige Tage vor diesem Test (den ihr Lehrer nicht kannte!) exakt eine Unterrichtsstunde lang systemorientierten Unterricht erhalten (Näheres siehe Ossimitz 2000, S. 157ff). In dieser Stunde erläuterte der Lehrer (neben anderen Dingen) zum Thema Wirkungsdiagramme lediglich zwei ganz einfache Wirkungsdiagramme mit jeweils drei Elementen und drei (mit Vorzeichen versehenen) Pfeilen. Dies reichte bei Andrea (und auch bei beiden anderen, gemeinsam mit ihr untersuchten Mitschülern) bereits aus, um Hilufgabe durch ein sauberes Wirkungsdiagramm darzustellen<sup>6</sup>!

Ein weiteres zentrales Ergebnis der Untersuchungen von Ossimitz (2000) war, dass den *Lehrpersonen* eine Schlüsselrolle bei der Vermittlung systemischer Denk- und Darstellungskompetenzen zukommt. Der Leistungszuwachs bei den ca. 130 in der Hauptstudie von Ossimitz (2000, Kap. 5) untersuchten Schülern hängt weder vom Alter der Schüler (das zwischen 14 und 18 Jahren lag), noch vom Geschlecht; auch nicht von der Mathematiknote, Computervorerfahrung oder vom regionalen Umfeld (Stadt oder Land) ab. Die einzige erklärende Variable, die sich massiv und hochsignifikant auf die Ergebnisse niederschlug, war der unterrichtende Lehrer!

## VIII. Zusammenfassung und Ausblick

Systemisches Denken und systemische Darstellungsformen sollten bewusst als ein zusammengehöriges Paar gesehen werden. Viele leistungsfähige Darstellungsformen von Systemen haben ihren Ursprung in der Mathematik oder zumindest einen mehr oder weniger stark mathematischen Charakter. Dabei ist allerdings darauf Bedacht zu nehmen, dass bei Systemmodellen nicht nur

---

<sup>6</sup> Für mich als Untersuchungsleiter, der zunächst nicht wusste, dass der Lehrer vor diesem "Vortest" bereits eine Stunde mit Wirkungsdiagrammen gehalten hatte, erschienen die drei ohne Zögern angefertigten Zeichnungen zunächst wie eine Zauberei.

eine rein mathematische Struktur vorliegt, sondern in erster Linie ein bestimmter Sachkontext im Vordergrund steht. Die Mathematik hat mehr den Charakter eines Darstellungs- und Kommunikationsmittels im Sinne von R. Fischer (1984).

Besondere Bedeutung haben systemische Darstellungsformen, wenn es um die Erforschung oder auch um das Lehren und Lernen von systemischem Denken geht. Hier ist man ganz entscheidend auf entsprechende Darstellungsmittel angewiesen, wenn man nicht auf eine Beschäftigung mit computersimulierten Szenarien (wie sie etwa in der kognitionspsychologischen Forschung zum "Komplexen Problemlösen" verwendet wurden, siehe Dörner 1989) beschränkt bleiben will.

## IX. Literaturverzeichnis

- Dörner, Dietrich (1989): *Die Logik des Misslingens*. Reinbek: Rowohlt
- Fischer, Roland (1984): *Offene Mathematik und Visualisierung*. *mathematica didactica* 7, S. 14-20
- Forrester, Jay (1961): *Industrial Dynamics*. Cambridge, MA: The MIT Press
- Forrester, Jay (1968): *Principles of Systems*. Cambridge, MA: The MIT Press
- 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*. (S. 175-184). Wien: Hölder-Pichler-Tempsky
- Ossimitz, Günther (2000): *Entwicklung systemischen Denkens*. München: Profil Verlag. ISBN 3-89019-494-X
- Richardson, George P. (1991): *Feedback Thought in Social Science and Systems Theory*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press
- Richmond, Barry (1991): *Systems Thinking: Four Key Questions*. Lyme, NH: High Performance Systems Inc.

Anschrift des Autors:

Mag. Dr. Günther Ossimitz  
Universität Klagenfurt  
Universitätsstraße 65  
A-9020 Klagenfurt

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