

Werner RIESS

# Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Förderung des systemischen Denkens

## Education for sustainable development (ESD) and enhancing system thinking

Vortrag gehalten anlässlich der Fachtagung der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) „Biologische Vielfalt und Bildung“ in Augsburg am 04.03.2010

### Zusammenfassung

Nach einem kurzen Überblick über die Geschichte der Umweltbildung und ihrer Weiterentwicklung zur Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) wird nach den zentralen Gründen für die Entstehung und Formulierung der normativen Leitidee einer nachhaltigen Entwicklung und damit auch der BNE gefragt. Es wird gezeigt, dass in erster Linie die von der Wissenschaft wahrgenommenen und als bedrohlich eingeschätzten Entwicklungen im ökologischen Bereich, den Ausgangspunkt für Diskussionen bildeten, die zur Forderung einer nachhaltigen Entwicklung führten. Die Ursachen für die problematischen Entwicklungen selbst sind vor allem im menschlichen Handeln begründet. Die Menschheit greift gegenwärtig in einer noch nie dagewesenen Qualität in hochkomplexe natürliche Systeme ein, und produziert damit Folgen, die für das Leben anderer Lebewesen und das eigene Leben bedrohlich sind oder noch werden. Mit der Realisierung einer nachhaltigen Entwicklung soll diesem Trend entgegengesteuert werden. Dieses wird aber nur gelingen, wenn die verursachenden (Mensch und gesellschaftliche Systeme) und betroffenen Systeme an sich und in ihren Wechselbeziehungen verstanden werden. Hierfür bedarf es der Fähigkeit zum systemischen Denken. In der Bildung stellt sich somit die Frage, wie diese Fähigkeit beispielsweise im Unterricht wirksam gefördert werden kann.

### Summary

At first a brief overview of the history of environmental education and its evolution to education for sustainable development (ESD) is provided. Then the primary reasons are given why „sustainable development“, and thus ESD, was developed and formulated as a normative guiding principle. It is shown that especially those environmental developments which scientists perceived and considered as threatening started the discussions that led to the necessity of sustainable development. Human actions are the main cause of the problematic trends. Mankind currently interferes in an unprecedented quality with highly complex natural systems and produces effects which threaten the lives of other living beings as well as the lives of present and future generations. Sustainable development should reverse this trend. However, this is only possible when the causative (human and social) systems and affected systems are understood together with their interactions. Therefore, the ability of system thinking is required. In education, for example in the classroom, the question arises how this ability can be enhanced effectively.

### 1. Eine Kurzgeschichte der BNE oder „von der Naturschutzerziehung über die Umweltbildung zur BNE, vom Umweltschutz zur nachhaltigen Entwicklung“

Mit der Erfindung der Dampfmaschine kam es ab Mitte des 19. Jahrhunderts zu einer explosiven Entfaltung der Technik und Industrie. Holz, Kohle, Luft, Boden, Wasser und viele weitere Rohstoffe wurden in immer größeren Mengen genutzt und verbraucht. Ökologische Nebenwirkungen wurden nur nach und nach wahrgenommen, dann aber fast immer verharmlost. Im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse wurden die beobachtbaren Nebenfolgen in Abwägung mit den aus der Industrialisierung zu erwartenden Gewinnen als akzeptierbar bewertet. Auf der Seite der Bildung nahm man die unerwünschten

Entwicklungen im Bereich der Umwelt lange Zeit nicht zur Kenntnis oder sah keinen Handlungsbedarf. Einzelne Forderungen, wie die von Ries, der Naturliebe „als eine Vorstufe zur Humanität“ betrachtete und im Rahmen der Erziehung eine Auseinandersetzung mit der Natur forderte, blieben lange Zeit ungehört (RIES 1897). Erst in der Zeit der Weimarer Republik sah man sich genötigt, um der bedrohten Natur Willen eine Naturschutzerziehung im Rahmen der Heimatkunde zu fordern (BOLSCHO & SEYBOLD 1996; HAUENSCHILD & BOLSCHO 2005 und WELZEL & RUESS 1925).

Ab den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts rückten dann mehr und mehr lokale Umweltprobleme in das öffentliche Bewusstsein und wurden erstmalig im Wahlkampf aufgegriffen. Schon zehn Jahre später stellte die Bundes-

regierung ihr erstes Umweltprogramm auf (1971), in dem erstmals eine Umwelterziehung gefordert wird.

Einen weiteren bedeutenden Einschnitt in der Umweltdiskussion stellte der vom Club of Rome in Auftrag gegebene Bericht „Grenzen des Wachstums“ dar, in dem der Blick auf die Umwelt zum ersten Mal aus einer globalen Perspektive erfolgte (MEADOWS et al. 1973). Im Zentrum dieses Berichts stehen die Warnungen vor einer dramatischen Verschärfung des Ressourcenmangels (vor allem Rohstoffe) und einer zunehmenden Umweltverschmutzung. Der Bericht stieß weltweit auf große Resonanz. Auf Seiten der Bildung reagierte man 1977 mit einer internationalen Konferenz in Tiflis zur Umwelterziehung und es formierte sich die Umweltbewegung. Viele der damals gegründeten Verbände (1972 Bundesverbandes Bürgerinitiativen Umweltschutz, 1975 BUND, 1980 Greenpeace und 1982 Robin Wood) und die Partei Die Grünen (1979) gibt es nach wie vor. Auf pädagogischer Seite wurden drei bedeutende und konkurrierende Konzeptionen entwickelt (die „Problem- und handlungsorientierte Umwelterziehung“ von EULENFELD et al. (1980), die „Ökopädagogik“ von BEER & DE HAAN (1984) sowie die „Naturnahe Erziehung und Bildung“ von GÖPFERT (1988).

Mitte der 80er Jahre wurde dann von den Vereinten Nationen eine Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundtland-Kommission) eingesetzt. In deren 1987 erschienenem Abschlussbericht „Our Common Future“ wurde die Leitidee „Nachhaltige Entwicklung“ entfaltet und anschließend zunächst vor allem in Expertenkreisen diskutiert. In diesem Bericht definiert man nachhaltige Entwicklung als eine Entwicklung, „die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“ (HAUFF 1987). Etwa im gleichen Zeitraum wurden in Deutschland im Bereich der Umwelterziehung die drei genannten Konzeptionen zusammengeführt und unter dem Label „Umweltbildung“ weiterentwickelt.

Die United Nations Conference for Environment and Development in Rio de Janeiro (1992), kurz „Erdgipfel“ genannt, war dann der eigentliche Startschuss für die weltweite Verbreitung der Leitidee der nachhaltigen Entwicklung. Das am häufigsten zitierte Dokument der Rio-Konferenz ist die Agenda 21. Es handelt sich hierbei um ein von über 190 Staaten verabschiedetes Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert. Mit ihm wurden den beteiligten Staaten detaillierte Handlungsaufträge gegeben, um eine nachhaltige Entwicklung auf den Weg zu bringen. In dieser Agenda findet sich außerdem mit dem Kapitel 36 ein eigenes Kapitel zur Bildung. Die Verfasser waren der Überzeugung, dass Menschen zunächst einmal für die Idee einer nachhaltigen Entwicklung aufzuschließen und zur Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung zu befähigen sind. In Kapitel 36 ist deshalb zu lesen: „Bildung ist eine unerlässliche Voraussetzung für die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung...“ (BMU o. J.). Mit anderen Worten: Ohne Bildung ist die Idee einer nachhaltigen Entwicklung nicht oder nur schwer zu verwirklichen.

Schon wenige Jahre danach wird die Idee einer nachhaltigen Entwicklung von der Umweltbildung in Deutschland aber auch in anderen Ländern tatsächlich aufgegriffen. Die Umweltbildung wandelte sich daraufhin in weiten Teilen zur Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE).

## 2. Wichtige Gründe für die Weiterentwicklung von Umweltschutz und Umweltbildung zur nachhaltigen Entwicklung beziehungsweise BNE

Warum hat man diese Idee einer nachhaltigen Entwicklung ins Spiel gebracht? War das Programm Umweltschutz nicht mehr angemessen? Weshalb nun eine BNE, wo es doch schon eine bewährte und gut entfaltete Umweltbildung gab?

Der zentrale Grund für diesen Fortschritt ist darin zu sehen, dass mehr und mehr Personen aus der Wissenschaft auf Entwicklungen und Bedrohungen aufmerksam machen, die eine völlig neue Qualität haben und denen man nicht angemessen mit den „alten Antworten“ begegnen kann. Als zentrale bedrohliche Entwicklungen werden zumeist die explosive Bevölkerungsentwicklung, die Gefährdung globaler Stoffkreisläufe, die Biodiversitätskrise und die Übernutzung der Umwelt angeführt. Von großer Bedeutung bei der Diskussion dieser bedrohlichen Entwicklungen ist die Einsicht, dass bei der Bearbeitung dieser und anderer globaler Umweltprobleme, eine alleinige Betrachtung ökologischer Gesichtspunkte unzureichend und eine Einbeziehung von ökonomischen und soziokulturellen Aspekten für die Lösung von Umweltproblemen zwingend notwendig ist. Diese zusätzlichen Dimensionen waren bis dahin sowohl im Umweltschutz als auch in der Umweltbildung eher weniger beachtet worden. Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt in der Diskussion und Bearbeitung der genannten problematischen Entwicklungen ist die Feststellung, dass sie alle vor allem durch den Menschen verursacht sind und zwar durch Eingriffe in hochkomplexe natürliche Systeme. Häufig erfolgt dabei das Handeln der Menschen in den Systemen ohne Kenntnis oder Berücksichtigung der zumeist langfristigen Folgen und Nebenfolgen, die aus diesem Handeln erwachsen.

Im Sinne von These und Antithese sollen allerdings zunächst die Kritiker der Forderung einer nachhaltigen Entwicklung zu Wort kommen. Sie weisen unter anderem darauf hin, dass:

- a) seit der industriellen Revolution es augenscheinlich jeder Generation besser ging als der vorherigen. Zur Illustration kann auf die immer schnelleren und sicheren Fortbewegungsmittel, das immer reichhaltigere Essen, die zunehmend abwechslungsreicheren und vielfältigeren Freizeitangebote und die sich ständig verbessernde medizinische Versorgung hingewiesen werden.
- b) sich die Prognose eines drohenden Zusammenbruchs der Natur und damit die existentielle Gefährdung des Lebens auf der Erde insgesamt nicht wissenschaftlich nachweisen lässt. Im wissenschaftlichen Kontext gilt eine Hypothese oder Prognose als bewiesen oder bewährt, wenn ein Experiment eine Hypothese/Prognose

se verifiziert (zumindest nicht falsifiziert) ist. Da uns nicht mehrere Erden zur Verfügung stehen und wir keine Experimente durchführen können, muss unser Wissen als unsicher gelten (vergleiche Hsü 2000).

- c) die seit Jahrzehnten gebetsmühlenartig wiederholten Untergangsprophezeiungen sich bisher als nicht richtig erwiesen haben. Schon als Kind in den 70er Jahren bekam der Autor immer wieder die Behauptung zu hören, das Erdöl ginge bis zum Jahre 2000 zu Ende und die Umwelt wäre dann so verschmutzt, dass man sich kaum mehr draußen bewegen könnte. Beide „Prophezeiungen“ haben sich offensichtlich nicht erfüllt.
- d) trotz des Bevölkerungswachstums die individuelle Lebenserwartung weltweit steigt; auch in den Entwicklungsländern.

Und nun zur Antithese, also zu Einschätzungen der Mehrheit der heute lebenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Sie sehen die Menschen mit vier neuartigen Bedrohungen konfrontiert, die das Überleben vieler Menschen gefährden, zumindest aber das Leben vieler Menschen stark beeinträchtigen können:

## 2.1 Die explosive Bevölkerungsentwicklung mit daraus resultierender hoher Siedlungsdichte

Die menschliche Bevölkerung hat heute schon die Sieben-Milliarden-Grenze überschritten. Die Vereinten Nationen rechnen mit über neun Milliarden Menschen im Jahre 2050. Das Wachstum der menschlichen Population gleicht dem exponentieller Wachstumsmodelle. Viele Menschen können sich jedoch ohne eine entsprechende Veranschaulichung ein exponentielles Wachstum und die daraus resultierenden Folgen in natürlichen Systemen nur schwer vorstellen. Diese weit verbreiteten Modelle machen das enorme Populationswachstum sichtbar und die Frage nach möglichen Folgen drängt sich auf.

Das exponentielle Wachstum geht allerdings von unbeschränkten Ressourcen aus. Solche Bedingungen finden sich aber in der realen Welt nicht. Daher kann keine Population unbegrenzt exponentiell wachsen. Mit steigender Populationsgröße verringern sich nämlich beispielsweise die Möglichkeiten für die Einzelorganismen, Nährstoffe für Stoffwechsel, Wachstum und Reproduktion in ausreichenden Mengen zu erhalten. Damit ist die Anzahl der Individuen einer Art begrenzt, die ein bestimmtes Habitat (Lebensraum) bewohnen können. Das trifft auch für die menschliche Population zu.

Ökologen haben zur Beschreibung dieser Grenze ein Maß eingeführt: Die Umweltkapazität  $K$ . Mit ihr wird die maximale Populationsgröße bezeichnet, die ein gegebener Lebensraum unterhalten kann. Warum hat aber die menschliche Population diese Grenze noch nicht erreicht, wann werden wir sie erreichen? Das Geheimnis ist: die Menschen haben sie immer wieder erreicht, dann aber aktiv erweitert. Das veranschaulicht Tabelle 1 (RENN 1996, leicht verändert).

Der Beginn der Viehzucht, vor allem aber der Anbau von Kulturpflanzen hat die Umweltkapazität enorm erweitert. Heute stellt sich die Frage, ob wir die Grenzen der Um-

Produktionsbedingungen	Umweltkapazität pro km <sup>2</sup>
Jäger und Sammler	0,0007–0,6
Hirtenvölker	0,9–1,6
Frühe Agrikultur	2–100
Technisch verbesserte Agrikultur	8–120
Frühindustrialisierung	90–145
Moderne Industriegesellschaft	140–300
Postindustrielle Gesellschaft	?

Tab. 1: Maximale Umweltkapazität für den Menschen bei unterschiedlicher Produktionsweise (Quelle: RENN 1996, leicht verändert).

Tab. 1: Maximum ecological carrying capacity for humans at different methods of production (according to RENN 1996, slightly changed).

weltkapazität nun definitiv erreicht oder gar überschritten haben, oder ob sie sich noch einmal erweitern lässt? Vielleicht mit der Gentechnik und anderen biotechnologischen Verfahren? Gesicherte Erkenntnisse liegen uns in diesen Bereichen noch nicht vor, entsprechende Prognosen sind sehr widersprüchlich und noch mit großer Unsicherheit behaftet. Als gesichert gilt die Erkenntnis, dass eine Steigerung der Nahrungsproduktion mit einem erhöhten Wasserverbrauch einhergeht. Wasser aber ist inzwischen zu einem äußerst knappen Gut geworden (Hsü 2000).

## 2.2 Erstmalige Gefährdung globaler Stoffkreisläufe

Zum ersten Mal in der Menschheitsgeschichte beeinflussen wir die globalen biogeochemischen Kreisläufe der Erde, greifen also aktiv in hochkomplexe Systeme ein, die wir nur in Teilen verstanden haben und deren Wirkungsweise die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unter anderem mit Hilfe aufwändiger Computersimulationen nach und nach zu entschlüsseln versuchen. Fest steht, dass wir durch die Freisetzung von klimawirksamen Gasen (unter anderem CO<sub>2</sub>, Methan, N<sub>2</sub>O), die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und damit auch das Klima (IPCC 2007) verändern. Die zahlreichen negativen Folgen der Beeinflussung der globalen Stoffkreisläufe werden detailliert im IPCC-Bericht (IPCC 2007) genannt. Alle diese Folgen vergrößern menschliches Elend und führen auch zu einer steigenden Häufigkeit von Todesfällen, vor allem bei älteren Menschen und ärmeren Bevölkerungsschichten. Auch pflanzliches und tierisches Leben wird leiden und gefährdet sein. Um diesen negativen Entwicklungen wirkungsvoll begegnen zu können bedarf es, neben der grundsätzlichen Bereitschaft zu einem umweltverträglichen Verhalten, auch eines Verständnisses der Funktion und Wirkungsweise der betroffenen Systeme.

## 2.3 Dramatischer Verlust der Biodiversität (biologische Vielfalt)

In vorsichtigen Schätzungen geht man davon aus, dass augenblicklich etwa 130 Arten pro Tag aussterben (CBD 2008, 2010; WBGU 2000).

Der gegenwärtig zu erlebende Zusammenbruch der biologischen Vielfalt könnte den letzten Zusammenbruch, bei welchem die Saurier vor 65 Millionen Jahren ausstarben, noch übertreffen.

Die möglichen Folgen sind:

- der Verlust der Tier- und Pflanzenarten
- der Verlust ihrer genetischen und physiologischen Baupläne
- der Verlust an Ökosystemvielfalt.

Dabei ist zu bedenken, dass Ökosysteme Leistungen erbringen, die auch für den Menschen von enormer Bedeutung sind, zum Beispiel die Reinigung von Wasser und Luft, die Schaffung und Erhaltung fruchtbarer Böden, die Abschwächung von Dürren und Überflutungen und der Schutz vor Erosion.

Mit dem Verlust an biologischer Vielfalt riskieren wir letztendlich auch eine Schwächung der ökologischen Leistungsfähigkeit des „Systems Erde“ und eine Gefährdung der Welternährung. Zudem verspielen wir wichtige Chancen für die Weiterentwicklung von Forschung und Technologie.

## 2.4 Übernutzung der Umwelt als Rohstofflager und Senke

Der Mensch gebraucht Bestandteile der Natur (Rohstoffe) als Material für Herstellungsprozesse von Gütern und Dienstleistungen. In diesem Zusammenhang spricht man von der Quellenfunktion der Natur. Berechnungen legen nahe, dass die menschliche Population bereits bis zu 40 % der verfügbaren Nettoprimärproduktion (NPP) der Erde beansprucht (vergleiche VITOUSEK et al. 1986). Unter Nettoprimärproduktion rechnet man die Gesamtmenge der von den Pflanzen gebildeten organischen Verbindungen (das was nachwächst), von den Pflanzen selbst nicht verbraucht wird und den heterotrophen Organismen zur Verfügung steht. Man kann sich nun die Frage stellen, ob diese hohe Beanspruchung der Nettoprimärproduktion durch den Menschen noch gesteigert werden kann und darf, und welche Folgen daraus vor allem für das tierische Leben auf der Erde erwachsen. Eine Verschärfung der Biodiversitätskrise gilt als sehr wahrscheinlich. Des Weiteren ist in Folge der wachsenden Weltbevölkerung und der fortschreitenden Industrialisierung eine dramatische Verknappung des trinkbaren Süßwassers zu verzeichnen. Nach Angaben des UN-Umweltprogramms hat sich der weltweite Wasserverbrauch im Laufe des 20. Jahrhunderts versechsfacht (UNEP 2008, 2009). Die hieraus resultierenden Probleme und Konflikte wurden zwar erkannt, übergreifende Lösungen konnten aber (noch?) nicht gefunden werden.

Als zweite Funktion der Natur für den Menschen wird zumeist die Senkenfunktion genannt. Wir Menschen nutzen die natürliche Umwelt als Auffangbecken für die unterschiedlichsten Abfälle (zum Beispiel Abwässer, Abgase, Haus- und Sondermüll). Hierzu gehören auch eine zunehmende Zahl an neuartigen chemischen Verbindungen, die in die Luft, den Boden oder das Wasser entlassen werden sowie eine wachsende Menge toxischer

Abfallstoffe. Welche Folgen daraus für die betroffenen natürlichen Systeme und dadurch auch für den Menschen erwachsen, ist in vielen Fällen nicht geklärt.

## 3. Weitere als problematisch erachtete Entwicklungen

Neben diesen vier negativen Entwicklungen, die der ökologischen Dimension von Nachhaltigkeit zuzurechnen sind, lassen sich auch unerwünschte Entwicklungen ausmachen, die von den Wissenschaftlern den zwei weiteren nachhaltigkeitsrelevanten Dimensionen, der ökonomischen und der sozialen beziehungsweise soziokulturellen, zugeordnet werden.

An dieser Stelle können nur einige Stichpunkte genannt werden:

- Wir leben in einer Welt der globalisierten Märkte: Ein zentrales Merkmal der Globalisierung ist der Bedeutungsverlust von Ort und Zeit für Produktion, Handel und Kommunikation.
- Bisher bewährte Sinnsysteme verfallen: Viele empfinden das als Entwurzelung und Bedrohung. Es gibt Gewinner und Verlierer der Modernisierung. Die Verlierer sind oft ältere Menschen und Menschen in Entwicklungsländern.
- Die explosionsartige Zunahme des Wissens: Der Einzelne fühlt sich mehr und mehr überfordert. Darüber hinaus existieren ungleiche Zugangsvoraussetzungen, um an Wissensressourcen (Datenbanken, Bücher) zu gelangen.
- Die Gerechtigkeitslücke: Die Kluft zwischen reichen und armen Menschen innerhalb eines Landes und zwischen den armen und reichen Ländern wird größer. Eine sich daraus ergebende Folge ist eine schwindende Chancengleichheit.

Es ist nun offensichtlich, dass durch die geforderte Mitberücksichtigung der beiden weiteren nachhaltigkeitsrelevanten Dimensionen die zu bewältigende Komplexität in fast unvorstellbarem Maße steigt. Denn jede dieser Dimensionen bezieht sich auf jeweils hochkomplexe Systeme (Wirtschaftssystem, Finanzsystem, gesellschaftliche Systeme, Gesundheits- und Bildungswesen etc.), die nun auch noch in ihrer Verflechtung mit natürlichen Systemen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung zu gestalten sind. Ohne die Fähigkeit, in Systemen denken zu können, wird der Mensch nicht angemessen mit dieser Komplexität umgehen können.

## 4. Was ist zu tun? Förderung einer nachhaltigen Entwicklung und Ziele einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)

Folgende fünf Strategien wurden schon sehr bald zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung empfohlen und gelten auch heute als weitgehend unumstritten:

- Effizienzstrategie: Hierzu rechnet man Bemühungen, die auf eine Steigerung des Input-Output-Verhältnisses beim Ressourceneinsatz abzielen. Beispiel Auto: Konnte man bisher mit einem Liter Benzin zehn Kilometer fahren, gilt es nun Autos zu konstruieren, mit

denen man mit einem Liter Benzin 20 oder gar 50 Kilometer fahren kann.

- Konsistenzstrategie: Die Schließung von Stoffkreisläufen (zum Beispiel durch Nutzung nachwachsender Rohstoffe, Recycling).
- Permanenzstrategie: Der Begriff Permanenz meint eine Erhöhung der Dauerhaftigkeit von Produkten und Materialien (zum Beispiel Kleidung, Möbel).
- Resilienzstrategie: Nur solche menschliche Aktivitäten können als nachhaltig bezeichnet werden, welche die Resilienz (die Fähigkeit sich rasch von Störungen zu erholen) lebensbedeutsamer Ökosysteme nicht gefährden.
- Suffizienzstrategie: Mit dem Begriff Suffizienz zielt man auf einen Wandel der Einstellungen, der Konsum- und Verhaltensmuster in Richtung ressourcensparendes, umweltschonendes, umfassender: nachhaltiges Handeln.

Gleichzeitig hat man aber auch relativ schnell erkannt, dass diese und vergleichbare Strategien von Menschen tatsächlich realisiert werden müssen, wenn eine nachhaltige Entwicklung Wirklichkeit werden soll. Im Vorfeld hierzu gilt es daher Menschen über Bildung zu befähigen, eine nachhaltige Entwicklung zu realisieren. Was aber sind konkrete Ziele einer entsprechenden Bildung für nachhaltige Entwicklung?

Zurückgegriffen werden kann hier auf eine aktuelle Zielformulierung, die im Rahmen der von der UNESCO im Jahr 2004 ausgerufenen Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ formuliert wurde und auch auf internationaler Ebene als anerkannt gilt. Die globale Vision der Weltdekade „BNE“ ist es, „allen Menschen Bildungschancen zu eröffnen, die es ermöglichen, sich Wissen und Werte anzueignen sowie Verhaltensweisen und Lebensstile zu erlernen, die für eine lebenswerte Zukunft und eine positive gesellschaftliche Veränderung erforderlich sind“ (DUK 2008).

Es liegt in der Natur entsprechender übergeordneter Zielformulierungen, dass sie weitere Fragen aufwerfen. So ist beispielsweise zu klären, welches Wissen, welche Werte anzueignen und deshalb von den in der Bildung Tätigen (zum Beispiel den Lehrkräften) zu vermitteln sind und welche Verhaltensweisen und Lebensstile beispielsweise den Schülerinnen und Schülern nahegebracht werden sollen? Die von Praxis und Wissenschaft vorgeschlagenen und als notwendig erachteten Wissens- und Fähigkeits- und Kompetenzelemente sind Legion (vergleiche RIESS 2010).

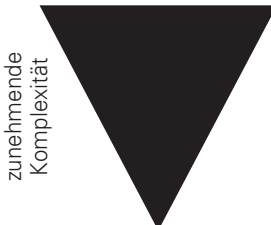
In unserer Forscher- und Arbeitsgruppe empfehlen wir unter anderem die Förderung der Fähigkeit zum systemischen Denken. Hinter dieser Empfehlung steht letztendlich die Annahme, dass Personen sich nur dann an einer umweltgerechten beziehungsweise nachhaltigen Entwicklung beteiligen können, wenn sie komplexe und globale Zusammenhänge erkennen und verstehen können. So erst werden sie in die Lage versetzt, in die Entwicklung komplexer Systeme einzugreifen, um sie im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung beeinflussen zu können. Die Empfehlung systemisches Denken zu fördern ist nicht ganz neu; schon in der Umweltbildung kann man vergleich-

bare Zielformulierungen finden (BOLSCHO & SEYBOLD 1996; KYBURZ-GRABER 1976, 1997). Nun wird dieses Ziel aber mit noch mehr Nachdruck empfohlen (zum Beispiel FRISCHKNECHT-TOBLER et al. 2008; ROST et al. 2003).

## 5. Die systemtheoretische Betrachtungsweise

Grundsätzlich kann man sagen, dass in der Biologie eine systemtheoretische Betrachtung des Gegenstandsreichs als bewährt und allgemein anerkannt gilt (TOWNSEND et al. 2008; zu den Anfängen vergleiche BERTALANFFY 1968). Lebewesen können als äußerst komplizierte Systeme verstanden werden und Lebewesen sind selbst wieder nur Teile noch größerer und noch komplexerer Systeme, von Populationen, Ökosystemen, letztendlich der gesamten Biosphäre. Dabei wird mit dem Begriff System ganz grundsätzlich ein Komplex bezeichnet, dessen Komponenten (= Elemente) miteinander kommunizieren, das heißt in steter Wechselwirkung stehen. Ein System hat durch die Beziehung seiner Einzelteile eine besondere Ordnung oder Struktur und besondere Eigenschaften. Beispielsweise sind lebende Systeme autopoietisch, besitzen dissipative Strukturen und zeigen emergente Eigenschaften (vergleiche SCHAEFER 2003). Die Komplexität von Systemen beruht dabei nicht nur auf der großen Zahl der Bausteine, sondern auf den starken und vielgestaltigen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Bausteinen und ihrer strukturellen und funktionalen Integration in immer größere Gesamtsysteme. Aufgrund der vielen Einflussgrößen und Wechselwirkungen, der meist hohen Nichtlinearität sowie der meist vorhandenen sehr starken Abhängigkeit von Anfangs- oder Randbedingungen sind komplexe Systeme zumeist nicht exakt berechenbar und zeigen oft stochastische Züge (vergleiche SCHURZ 2006). Hieraus resultieren eine zunehmende Einzigartigkeit von Systemen und die Beobachtung, dass komplexe Systeme sich trotz gleicher äußerer Bedingungen unterschiedlich verhalten können. Folglich führt die Untersuchung komplexer Systeme meist zu einer großen Zahl von Regeln, selten jedoch zur Bestimmung strenger Gesetzmäßigkeiten. Die Erforschung entsprechender Phänomene und Eigenschaften komplexer lebender Systeme wird mittlerweile in vielen Teildisziplinen der Biologie geleistet. In den anderen Naturwissenschaften und den Ingenieurwissenschaften untersucht man nichtlebende, komplexe Systeme, in den Sozialwissenschaften soziale beziehungsweise gesellschaftliche Systeme. Grundlegend für die sich durchaus deutlich unterscheidenden Systemtheorien aus den verschiedenen Domänen ist die Annahme genereller Prinzipien, die es gestatten, verschiedene komplexe Wirklichkeitsbereiche als Systeme begreifen und modellieren zu können (zu den generellen Prinzipien vergleiche unter anderem BERTALANFFY 1968; BOSSEL 1992, 2004; zur Verwendung von Systemtheorien in den Ingenieurwissenschaften vergleiche ROPPHL 1975 und in den Sozialwissenschaften vergleiche EGNER et al. 2008).

Welche Folgerungen können aus diesen Überlegungen und Erkenntnissen für das konkrete persönliche, politische, wirtschaftsbezogene. Handeln im Alltag von Per-

	hoch komplexe Systeme; nicht steuer- aber beeinflussbar	unüberschaubar viele Systemelemente und Wechselbeziehungen (Komplexität, Vernetztheit, Intransparenz); stochastische Züge, Emergenz	Systemdenken orientiert sich an Regeln statt an Gesetzmäßigkeiten, „weiche“ Technologien
	einfache Systeme; steuerbar	Anzahl der Systemelemente und der Wechselwirkungen noch erfassbar	einfaches Systemdenken; komplexe Technologien
	Nicht-System; steuerbar	monokausale Beziehungen, einfache Ursache-Wirkung-Zusammenhänge	alltägliches Denken ausreichend; einfache Technologien

Tab. 2: Folgen zunehmender Komplexität für das menschliche Denken.

Tab. 2: Consequences of increasing complexity for human thinking.

sonen erwachsen? Im alltäglichen Umgang mit komplexen und lebenden Systemen sieht sich der Mensch mit ganz unterschiedlichen Herausforderungen konfrontiert. Mit der Tabelle 2 sollen die aus einer zunehmenden Komplexität erwachsenden Konsequenzen für menschliches Denken über Systeme und menschliches Handeln in Systemen verdeutlicht werden. In Nicht-Systemen finden sich einfache Wirkungszusammenhänge, die grundsätzlich mit dem Alltagsverstand erfassbar sind und für die einfache Technologien entwickelt worden sind (wenn ich einen Baum hochklettern möchte, hole ich mir eine Leiter). Auf der Ebene einfacher Systeme ist das Alltagsverständnis nicht mehr ausreichend. Die Anzahl der Systemelemente und Wechselwirkungen kann zwar grundsätzlich bestimmt werden, ist aber so hoch, dass Eigenschaften und Reaktionsweisen des Systems nicht mehr intuitiv erfasst werden können. Eine erfolgreiche Steuerung gelingt nur, wenn das System zuvor analysiert und verstanden wurde (ein Computer ist ein solch einfaches System, das sich dem Alltagsverstand nicht ohne weiteres völlig erschließt). Hochkomplexe Systeme, wie zum Beispiel Ökosysteme, das Finanzsystem, globale Stoffkreisläufe oder das Klima haben einen Komplexitätsgrad erreicht, der von uns Menschen im Detail nicht mehr erfassbar, analysierbar und berechenbar ist. Wir können solche hochkomplexen Systeme zwar beeinflussen und nutzen – und dies geschieht ja gegenwärtig in starkem Maße –, wir können sie aber nicht nach unseren Wünschen beliebig steuern.

Mit der eingangs dargestellten Leitidee einer nachhaltigen Entwicklung hat sich nun die Weltgemeinschaft einer Idee verpflichtet, für deren Verwirklichung das Verständnis einer enorm hohen Komplexität grundlegend ist.

Zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung bedarf es mehr als der Erforschung und des Verständnisses der Wechselwirkungen in ökologischen Systemen. Auch die sozio-kulturelle und die ökonomische Dimension einer nachhaltigen Entwicklung müssen als zwei weitere, in sich hochkomplexe Wirklichkeitsbereiche bei individuellen und gesellschaftlichen Ent-

scheidungsprozessen mitberücksichtigt werden (vergleiche RIESS 2002, 2010).

Dass es zwischen diesen drei Dimensionen selbst noch einmal vielfältige und für den Einzelnen kaum mehr durchschaubare Wechselbeziehungen gibt, ist offensichtlich (vergleiche MANDERSON 2006); das zeigt Abbildung 1.

Eine Gesellschaft besteht als System aus vielen Subsystemen (Wirtschaft, ...). Diese Subsysteme stehen untereinander in vielfältigen Wechselbeziehungen. Alle diese Systeme sind vom Menschen geschaffen. Die menschliche Gesellschaft ist eingebettet in die natürliche Umwelt, welche selbst als ein hochkomplexes System betrachtet werden kann. Viele Elemente der Umwelt und der zwischen ihnen existierenden Wechselwirkungen sind noch unerforscht. Ausgeführt seien: Die Geosphäre oder Erdhülle mit Erde, Wasser und Luft bilden den Lebensraum für alles Leben. Der gesamte von Organismen bewohn-

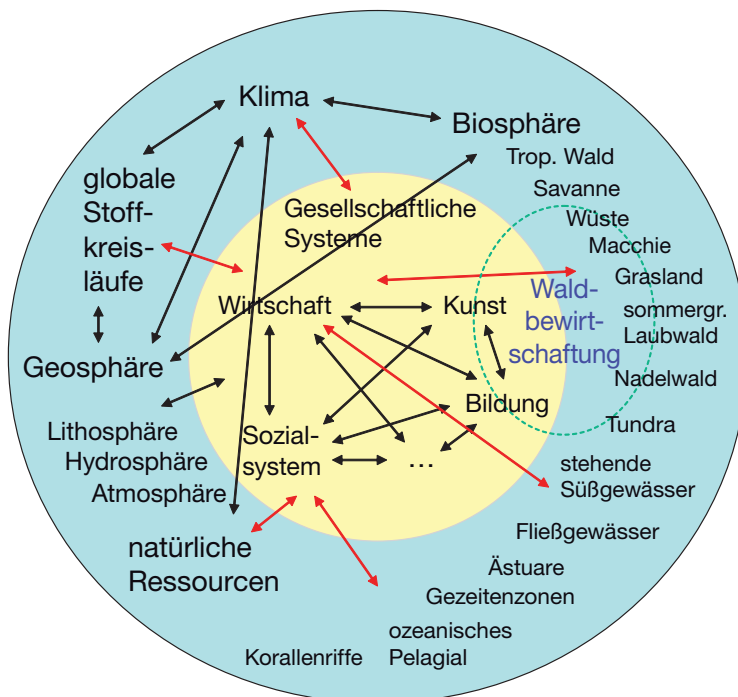


Abb. 1: Vom Menschen geschaffene Systeme sind eingebettet in natürliche Systeme (rote Pfeile: Eingriffe des Menschen in natürliche Systeme, schwarze Pfeile: Wechselwirkungen zwischen Systemen).

Fig. 1: Man-made systems are embedded in natural systems (red arrows: human impacts on natural systems, black arrows: interactions between parts of the system).

te Teil der Erde wird als Biosphäre bezeichnet. Sie setzt sich aus vielen verschiedenen Ökosystemen zusammen, von denen die großen als Biome bezeichnet werden. Zwischen den Elementen der Umwelt bestehen vielfältige Wechselbeziehungen. Gleichzeitig gilt, dass die Gesellschaft auf Vor- und Nachteile der natürlichen Umwelt angewiesen ist. Schon immer hat der Mensch der Umwelt Ressourcen entnommen und die natürliche Umwelt als Senke genutzt.

Neu ist, und darauf sollen die roten Pfeile aufmerksam machen, dass dies in jüngster Zeit auf eine, in quantitativer und qualitativer Hinsicht, neue Art und Weise geschieht. Daraus erwachsen die eingangs geschilderten Bedrohungen, die Gefährdung der Biodiversität, die Beeinflussung globaler Stoffkreisläufe, des Klimas und andere.

## 6. Was ist systemisches Denken?

Systemisches Denken unterscheidet sich grundsätzlich von nichtsystemischem Denken darin, dass die oben genannten, generellen Prinzipien von Systemen (zum Beispiel hohe Nichtlinearität, emergente Eigenschaften, Intransparenz, chaotisches Verhalten, Unberechenbarkeit, große Zahl an Neben- und Fernwirkungen, Vernetztheit, ...) bei der kognitiven Analyse und Repräsentation einbezogen und angewandt werden.

In der Literatur findet man eine größere Zahl von Begriffen, die teilweise synonym für systemisches Denken gebraucht werden oder doch zumindest eine mehr oder weniger starke Übereinstimmung in ihrer Bedeutung aufweisen. Genannt werden können beispielsweise „systemorientiertes Denken“, „ökologisches Denken“, „komplexes Problemlösen“, „vernetztes Denken“ (eine Analyse der Verwendung der genannten Begriffe kann an dieser Stelle nicht erfolgen).

In unserer Arbeitsgruppe verstehen wir unter systemischem Denken die Fähigkeit, Wirklichkeitsbereiche als Systeme erkennen, beschreiben und möglichst auch modellieren zu können (MISCHO & RIESS 2008).

Dazu gehören unter anderem die drei Teilfähigkeiten:

- Systemelemente und Wechselbeziehungen bestimmen zu können
- zeitliche Dimensionen (Dynamiken) erfassen zu können
- die Fähigkeit auf der Basis der Modellierung Erklärungen geben, Prognosen treffen und weiche Technologien entwerfen zu können.

Kennzeichnend für weiche Technologien ist eine herantastende Vorgehensweise beim Eingreifen in Systeme, um diese nicht irreversibel zu schädigen oder zu zerstören.

## 7. Lässt sich das systemische Denken in der Schule fördern, falls ja, wie am besten?

Im schulischen Umfeld hat man sich dem systemischen Denken erstmals in der Physikdidaktik (SCHECKER 1993), der Geographiedidaktik (LEUTNER & SCHRETTENBRUNNER 1989) und der Pädagogischen Psychologie (KLIEME & MAICHLE 1991, 1994) angenommen. In ihrer Hauptstudie (1994) untersuchten beispielsweise Klieme und Maichle

bei 238 Schülern der Jahrgangsstufen neun und zehn verschiedene Teilaspekte des systemischen Denkens (definiert als „Fähigkeit zur Erfassung komplexer Zusammenhänge“) und Möglichkeiten einer unterrichtlichen Förderung. Ergebnisse der Untersuchung waren unter anderem, dass mit Hilfe eines Unterrichts Schüler dieser Altersstufe in den zentralen Indikatoren des Systemdenkens gefördert werden können, und dass „systemisches Denken kein isolierbarer und mit einem einzigen Wert zu kennzeichnender Kompetenzbereich ist, sondern viel eher ein Fähigkeitsbündel...“ (KLIEME & MAICHLE 1994).

OSSIMITZ (2000) entwickelte im Rahmen der Mathematikdidaktik zunächst ein Messinstrument, mit Hilfe dessen die Entwicklung systemischen Denkens erfasst werden sollte. In einer Studie mit 122 Schülern der Sekundarstufe II wurden dann die Effekte einer ca. 20-stündigen Unterrichtseinheit zur Systemdynamik erfasst. Allerdings blieb die konkrete Gestaltung des Unterrichts den jeweiligen Lehrkräften überlassen. Die Ergebnisse waren in Folge dessen eher ernüchternd. Zwar konnte „generell eine erfreuliche Entwicklung der Leistungsparameter festgestellt werden“, gleichwohl stellte sich einzig für die Variable der Lehrperson ein hochsignifikanter erklärender Effekt für die Leistungsentwicklung heraus (OSSIMITZ 2000, 238f).

In Anlehnung an die Arbeiten von OSSIMITZ konnte MAIERHOFER (2001) zeigen, dass der Einsatz von Computersimulationen in der 12. Jahrgangsstufe das systemische Denken von Schülerinnen und Schülern fördern kann. Bei jenen der achten Klassenstufe zeigte ein speziell auf das systemische Denken ausgerichteter Unterricht (mit den Inhalten Wirkungsdiagramme, Rückkoppelungen, Kreisläufe, lineares und nichtlineares Wachstum und so weiter) Effekte (BOLLMANN-ZUBERBÜHLER 2005). Positive Effekte eines Lernprogramms zum Thema Umwelt hinsichtlich des systemischen Denkens zeigten sich in einer Studie von ASSARAF & ORION (2005) bei israelischen Schülern der gleichen Klassenstufe. Eine Wirkungsstudie von SOMMER (2006) untersuchte den Effekt einer zirka zehnstündigen Unterrichtseinheit zum Thema Weißstorch mit einem dazugehörigen Computerlernspiel (keine Simulation!) bei Schülern der dritten und vierten Jahrgangsstufe. Durch den Unterricht konnte die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler im Bereich Systemorganisation (Fähigkeit zur Modellbildung, die es Schülerinnen und Schülern erlaubt, Systemelemente zu identifizieren und Beziehungen zwischen denselben zu knüpfen) deutlich beeinflusst werden, nicht dagegen die Fähigkeit, Systemeigenschaften (beispielsweise die Fähigkeit Ursache-Wirkung-Beziehungen zu knüpfen) zu erfassen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes SYSDENE wurden in einem Teilprojekt unter anderem Unterrichtseinheiten zur Förderung des systemischen Denkens entwickelt und überprüft (RIESS & MISCHO 2008, 2010; zum Forschungsprojekt insgesamt vergleiche FRISCHKNECHT-TOBLER et al. 2008). Die Unterrichtseinheiten wurden für Lernende der 6. Klassenstufe konzipiert, da für diese Altersgruppe bislang noch keine soliden Forschungsbefunde vorlagen. Da sich bei ähnlichen Fragestellungen die Verwendung

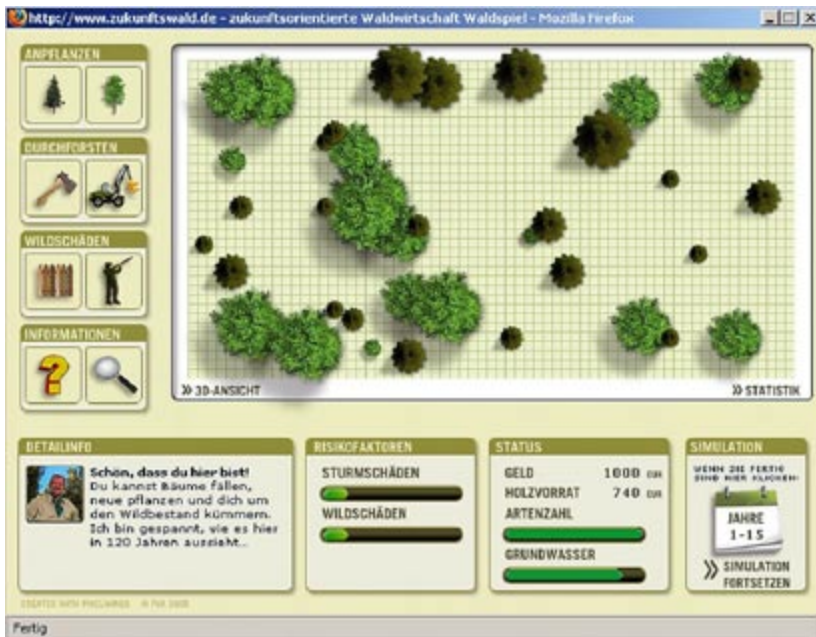


Abb. 2: Benutzeroberfläche des computersimulierten Waldspiels.  
 Fig. 2: Desktop of the computer based simulation game „Waldspiel“.

- zum Thema „Waldwirtschaft“ entwickelt. Insgesamt wurden die folgenden vier Unterrichtsformen untersucht:
- (1) nur computersimuliertes Waldspiel; Dauer zwei Unterrichtsstunden
  - (2) Unterrichtseinheit zum systemischen Denken; Dauer elf Unterrichtsstunden
  - (3) Kombination aus computersimuliertem Waldspiel und Unterrichtseinheit zum systemischen Denken; Dauer elf Unterrichtsstunden inklusive Simulationsspiel
  - (4) Kontrollgruppe mit „herkömmlichem“ Unterricht nach Bildungsplan. Dauer elf Unterrichtsstunden

Der auf die Förderung systemischen Denkens abzielende Unterricht (2 und 3) wurde von speziell ausgebildeten Tutores unterrichtet. Die Benutzeroberfläche des computersimulierten Waldspiels ist in Abbildung 2 zu sehen.

von computersimulierten Szenarien als fruchtbar erwiesen hat, wurde in Zusammenarbeit mit der Forstwissenschaftlichen Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) in Freiburg auch eine realitätsnahe Computersimulation

Bei dieser Computersimulation können die Nutzer Bäume anpflanzen, Bäume mittels Waldarbeiter oder Harvester (Holzerntemaschine) entnehmen, Jungbäume vor Wildverbiss durch Zaunbau schützen oder auf die Jagd gehen. Durch einen Mausklick erhal-

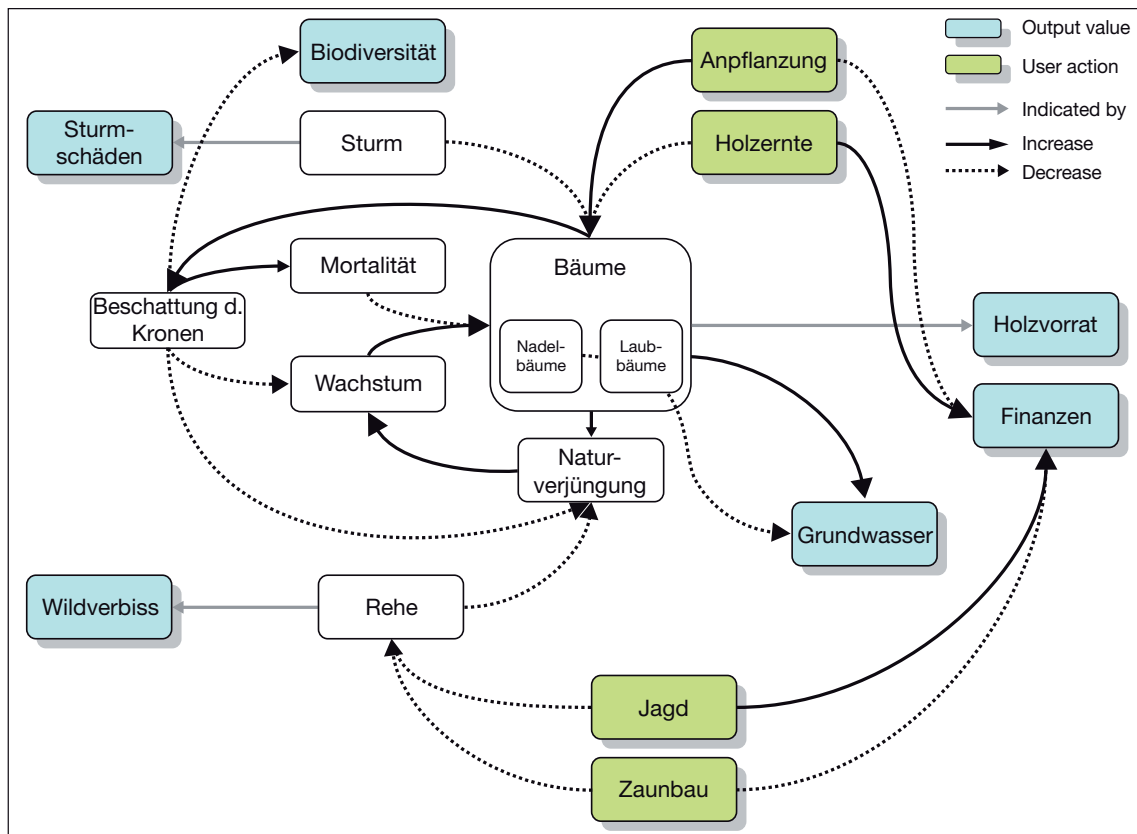


Abb. 3: In der Computersimulation des Waldspiels gezeigte Wechselwirkungen (REINBOLZ et al., in Vorbereitung).  
 Fig. 3: Interactions indicated in the simulation model of the computer game „Waldspiel“ (REINBOLZ et al., in preparation).



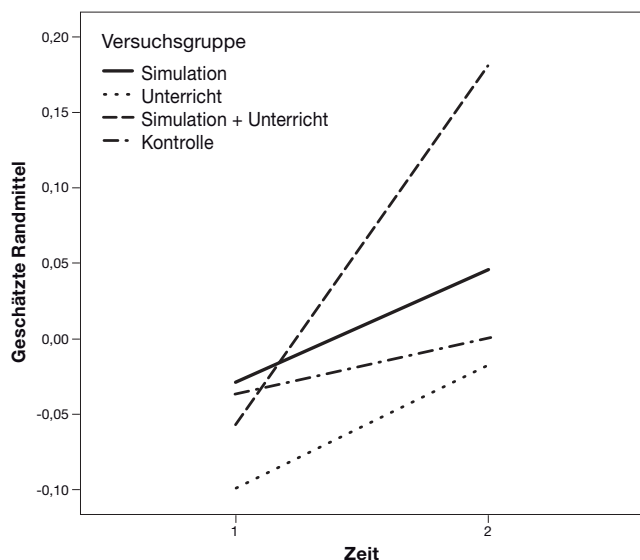


Abb. 4: Plot der Effekte der verschiedenen Experimentalbedingungen auf das systemische Denken.

Fig. 4: Effects of different experimental conditions on system thinking.

ten die Schülerinnen und Schüler Informationen, wie sich der Wald innerhalb der nächsten 15 Jahre entwickeln wird. Sie bekommen ein Feedback hinsichtlich des Holzvorrates, ihres Finanzbudgets, der Qualität des Grundwassers, der Biodiversität und möglicher Sturm- und Wildschäden. Wie in der Realität kosten Anpflanzungen, der Einsatz von Waldarbeitern und Harvestern sowie die Erstellung von Zäunen Geld, gleichzeitig kann über die Holzernte und Jagd Geld verdient werden. Es gibt Naturverjüngung und die Problematik der Beschattung von Jungbäumen durch ältere Bäume. In regelmäßigen Abständen wird ein Kommentar zum aktuellen Zustand des Waldes eingespielt. Nach jeder Runde können neue Eingriffe vorgenommen und die weitere Entwicklung des Waldes (wiederum 15 Jahre später) beobachtet werden. Die in der Computersimulation einbezogenen Wechselbeziehungen sind in Abbildung 3 dargestellt.

Das systemische Denken wurde mit einem eigens entwickelten Fragebogen erfasst, bei dem die Schülerinnen und Schüler teilweise in Form von Multiple-Choice-Antworten, teilweise in offenen Antworten und teilweise in Form von zu zeichnenden Wirkdiagrammen die wichtigsten Elemente und ihre Wechselbeziehungen in biologischen Ökosystemen angeben sollten.

An der Untersuchung nahmen 424 Schülerinnen und Schüler aus 15 sechsten Klassen teil.

Als zentrales Ergebnis zeigte sich, dass sich die Lernenden in der Gruppe „Simulation und spezieller auf systemisches Denken zielender Unterricht“ höchst signifikant in ihrem systemischen Denken verbessern (Abbildung 4).

Nur ein geringer Anstieg fand sich dagegen in der Gruppe des lediglich auf systemisches Denken zielenden Unterrichts. Die Schüler der anderen Gruppen verbesserten sich kaum. Offensichtlich ist es nicht effektiv, die Schü-

ler das computersimulierte Waldszenario eigenständig und ohne didaktische Aufarbeitung und Ergänzung erproben zu lassen. Weshalb jedoch der speziell auf das systemische Denken zielende Unterricht ohne Computersimulation nicht signifikant wirksam wurde, ist eine offene Frage und muss noch genauer untersucht werden. In einer Folgestudie werden deshalb aktuell Wirkungen verschiedener Unterrichtseinheiten, in denen ohne Computersimulation aber in Kooperation mit einem Naturschutzzentrum gearbeitet wird, untersucht ([www.sysdena.de](http://www.sysdena.de)). So hoffen wir zunehmend zu belastbaren Erkenntnissen gelangen zu können, wie im schulischen und außerschulischen Kontext systemisches Denken bei Kindern und Jugendlichen wirksam gefördert werden kann. Das systemische Denken selbst soll dann von den zukünftigen Erwachsenen (auch) für die Gestaltung und Realisierung einer nachhaltigen Entwicklung genutzt werden. Ob dieser Transfer (konkret die Anwendung der erworbenen Fähigkeit zum systemischen Denken) auf konkrete nachhaltigkeitsrelevante Problemsituationen tatsächlich geleistet wird, ist eine weitere bisher noch nicht untersuchte Frage. Auch hieraus wird deutlich, dass die wissenschaftliche Untersuchung der Möglichkeiten und Gelingensbedingungen von BNE weitgehend noch in den Kinderschuhen steckt.

## Literatur

- ASSARAF, O. & ORION, N. (2005): Development of system thinking skills in the context of Earth system education. – *J. Res. Science Teaching*, 42(5): 518–560.
- BEER, W. & DE HAAN, G.; (Hrsg., 1984): *Ökopädagogik. Aufstehen gegen den Untergang der Natur.* – Beltz, Weinheim.
- BERTALANFFY, L. VON (1968): *General System Theory: Foundations, Development, Applications.* – Braziller, New York.
- BMU (=BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT; Hrsg., o. J.): *Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro. Konvention über die biologische Vielfalt.* – Rio-Deklaration. Walderklärung, Bonn.
- BOLLMANN-ZUBERBÜHLER, B. (2005): *Lernwirksamkeitsstudie zum systemischen Denken an der Sekundarstufe I.* – Unveröffentlichte Lizentiatsarbeit; Univ. Zürich.
- BOLSCHO, D. & SEYBOLD, H. (1996): *Umweltbildung und ökologisches Lernen. Ein Studien und Praxisbuch.* – Cornelsen Scriptor, Berlin.
- BOSSEL, H. (1992): *Simulation dynamischer Systeme. Grundwissen, Methoden, Programme.* – Vieweg, Braunschweig.
- BOSSEL, H. (2004): *Systeme, Dynamik, Simulation: Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme.* – Books on Demand GmbH, Norderstedt.
- CAMPBELL, N. & REECE, J. (2004): *Biologie. Dt. Übersetzung hrsg. von J. MARKL.* – Spektrum, Heidelberg, Berlin.
- CBD (= CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 2008): *Ecosystem Approach.*
- CBD (= CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 2010): *Year in Review 2009.* – Montreal.
- DUK (= DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION/NATIONALKOMITEE FÜR DIE UN-DEKADE, 2008): *Nationaler Aktionsplan für die UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“.* – Bonn.

- EGNER, H., RATTER, B. & DIKAU, R.; (Hrsg., 2008): Umwelt als System – System als Umwelt. – Oekom, München.
- EULEFELD, G., BOLSCO, D., PULS, W. & SEYBOLD, H. (1980): Umweltunterricht in der Bundesrepublik Deutschland. – Aulis Verlag Deubner, Kiel.
- FRISCHKNECHT-TOBLER, U., NAGEL, U. & SEYBOLD, H. J. (Hrsg., 2008): Systemdenken – Wie Kinder und Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen. – Pestalozzianum, Zürich.
- GÖPFERT, H. (1988): Naturbezogene Pädagogik. – Dt. Studien Verlag, Weinheim.
- HAUENSCHILD, K. & BOLSCO, D. (2005): Bildung für eine nachhaltige Entwicklung in der Schule. Ein Studienbuch. – Peter-Lang, Frankfurt am Main.
- HAUFF, V. (1987): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundtland-Bericht). – Eggenkamp, Greven.
- HSÜ, K. J. (2000): Klima macht Geschichte – Menschheitsgeschichte als Abbild der Klimaentwicklung. – Orell Füssli Verlag, Zürich.
- IPCC (= INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007): Fourth Assessment Report. Working Group I: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. – Summary for Policymakers, Paris.
- KLIEME, E. & MAICHELE, U. (1991): Erprobung eines Modellbildungssystems im Unterricht : Bericht über eine Pilotstudie zur Unterrichtsevaluation. – Institut für Test- und Begabungsforschung, Bonn.
- KLIEME, E. & MAICHELE, U. (1994): Modellbildung und Simulation im Unterricht der Sekundarstufe I. Auswertung von Unterrichtsversuchen mit dem Modellbildungssystem MODUS.– Bonn, IBF.
- KYBURZ-GRABER, R. (1976): Das Verständnis für ökologische Zusammenhänge im Wald. Eine empirische Untersuchung über die Lehr- und Lernbedingungen im Ökologieunterricht. – Diss. ETH Zürich Nr. 5844.
- KYBURZ-GRABER, R. (1997): Sozio-ökologische Umweltbildung. – Krämer, Hamburg.
- LEUTNER, D. & SCHRETTENBRUNNER, H. (1989): Entdeckendes Lernen in komplexen Realitätsbereichen: Evaluation des Computer-Simulationsspiels „Hunger in Nordafrika“. – Unterrichtswissenschaft, 17: 327–341.
- MAIERHOFER, M. (2001): Förderung des systemischen Denkens durch computerunterstützten Biologieunterricht. – GCA-Verlag, Herdecke.
- MANDERSON, A. (2006): A systems based framework to examine the multi-contextual application of the sustainability concept. – Environment, Development and Sustainability, 8: 85–97.
- MEADOWS, D., MEADOWS, D., ZAHN, E. & MILLING, P. (1973): Die Grenzen des Wachstums. – Rowohlt, Reinbek.
- MISCHO, C. & RIESS, W. (2008): Förderung systemischen Denkens im Bereich von Ökologie und Nachhaltigkeit. – Unterrichtswissenschaft, 36: 346–364.
- OSSIMITZ, G. (2000): Entwicklung systemischen Denkens. – Klagenfurter Beiträge Didaktik Mathematik. – Profil Verlag, München.
- RENN, O. (1996): Ökologisch denken – sozial handeln: Die Realisierbarkeit einer nachhaltigen Entwicklung und die Rolle der Sozial- und Kulturwissenschaften. In: KASTENHOLZ, H. G. et al. (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung – Zukunftschancen für Mensch und Umwelt. – Springer, Berlin und Heidelberg: 79–117.
- RIES, C. E. (1897): Gärtnerei und Volkserziehung. – Grenzboten. Leipzig, 56(2): 155–157.
- RIESS, W. & MISCHO, C. (2008): Wirkungen variierten Unterrichts auf systemisches Denken. In: FRISCHKNECHT-TOBLER, U. et al. (Hrsg.): Systemdenken. – Pestalozzianum, Zürich: 135–147.
- RIESS, W. & MISCHO, C. (2010): Promoting systems thinking through biology lessons. – International Journal of Science Education, 32(6): 705–725.
- RIESS, W. (2002): Bildung für eine nachhaltige Entwicklung – kritisch konstruktive Anmerkungen zu einem „Nachkommen“ der Umweltbildung. – Päd. Rundschau, 5: 441–455.
- RIESS, W. (2010): Bildung für nachhaltige Entwicklung – theoretische Analysen und empirische Studien. – Waxmann, Münster.
- ROST, J., LAUSTRÖER, A. & RAACK, N. (2003): Kompetenzmodelle einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Praxis d. Naturwiss. – Chemie in der Schule, 8(52): 10–15.
- SCHAEFER, M. (2003): Wörterbuch der Ökologie. – Spektrum, Heidelberg, Berlin.
- SHECKER, H. (1993): The didactic potential of computer aided modeling for physics education. – In: FERGUSON, D. L. (Ed.): Advanced Technologies for Mathematics and Science: 165–208. Springer, Berlin.
- SCHURZ, J. (2006): Systemdenken in der Naturwissenschaft. Von der Thermodynamik zur Allgemeinen Systemtheorie. – Carl-Auer-Verlag, Heidelberg.
- SOMMER, C. (2006): Untersuchung der Systemkompetenz von Grundschulern im Bereich Biologie. – Universitätsbib. Kiel.
- TOWNSEND, C., BEGON, M. & HARPER, J. L. (2008): Essentials of ecology. – Blackwell, Oxford.
- UNEP (2008): Water Quality for Ecosystem and Human Health. UN Environment Programme Global Environment Monitoring System/Water Programme.
- UNEP (2009): The UNEP 2008 Annual Report. United Nations Environment Programme – Div. of Communications and Public Information.
- WBGU (= WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN, 2000): Welt im Wandel: Erhaltung und Nutzung der Biosphäre. Jahresgutachten 1999 – Kurzfassung. – Springer, Berlin und Heidelberg.
- WELZEL, H. & RUESS, J. (1925): Der Naturschutz im deutschen Schrifttum. Eine Auswahl, aus Anlaß des ersten Deutschen Naturschutztages in München, hrsg. vom Bayer. Landesausschuß für Naturpflege, München.
- VITOUSEK P., EHRLICH, A. & MATSON, P. (1986): Human appropriation of the products of photosynthesis. – Bio Science, 34: 368–373.

### Anschrift des Autors

Prof. Dr. Werner Rieß  
Pädagogische Hochschule Freiburg  
Institut für Naturwissenschaften, Abteilung Biologie  
Kunzenweg 21  
79117 Freiburg  
[riess@ph-freiburg.de](mailto:riess@ph-freiburg.de)

### Zitiervorschlag

RIESS, W. (2013): Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Förderung systemischen Denkens. – ANLIEGEN Natur 35: 55–64, Laufen.

# ANLIEGEN NATUR

Zeitschrift für Naturschutz  
und angewandte  
Landschaftsökologie  
Heft 35/1 (2013)  
ISSN 1864-0729  
ISBN 978-3-944219-02-8

Die Zeitschrift versteht sich als Fach- und Diskussionsforum für den Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit und die im Natur- und Umweltschutz Aktiven in Bayern. Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Verfasserinnen und Verfasser verantwortlich. Die mit dem Verfassernamen gekennzeichneten Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers beziehungsweise der Schriftleitung wieder.

### Herausgeber und Verlag:

Bayerische Akademie für Naturschutz  
und Landschaftspflege (ANL)

Seethalerstraße 6  
83406 Laufen a.d.Salzach  
[poststelle@anl.bayern.de](mailto:poststelle@anl.bayern.de)  
[www.anl.bayern.de](http://www.anl.bayern.de)

### Schriftleitung und Redaktion:

Dr. Andreas Zehm/AZ (ANL)  
Telefon: +49 8682 8963-53  
Telefax: +49 8682 8963-16  
[andreas.zehm@anl.bayern.de](mailto:andreas.zehm@anl.bayern.de)

Fotos: Quellen siehe Bildunterschriften.  
Satz (Grafik, Layout, Bildbearbeitung): Hans Bleicher  
Bearbeitung: Andrea Burmester (englische Textpassagen),  
Lotte Fabsicz, Wolf Scholz (deutsche Textteile)  
Druck: OH Druck GmbH, Laufen  
Stand: März 2013

© Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL),  
alle Rechte vorbehalten  
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier

Diese Druckschrift wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – ist die Angabe der Quelle und die Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Der Inhalt wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.

### Erscheinungsweise:

Zweimal jährlich digital auf der Seite [www.anl.bayern.de](http://www.anl.bayern.de) und als print on demand-Druckausgabe.

### Bezugsbedingungen/Preise:

Die Zeitschrift beziehungsweise die Beiträge sind als pdf-Datei kostenfrei zu beziehen. Das vollständige Heft ist über das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG) unter [www.bestellen.bayern.de](http://www.bestellen.bayern.de) erhältlich. Die einzelnen Beiträge sind auf der Seite der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) als pdf abrufbar [www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen](http://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen).

Bestellungen der gedruckten Ausgabe (print on demand) sind über [www.bestellen.bayern.de](http://www.bestellen.bayern.de) möglich.

### Zusendungen und Mitteilungen:

Die Schriftleitung freut sich über Manuskripte, Rezensionsexemplare, Pressemitteilungen, Veranstaltungsankündigungen und -berichte sowie weiteres Informationsmaterial. Für unverlangt eingereichtes Material wird keine Haftung übernommen und es besteht kein Anspruch auf Rücksendung. Wertsendungen (und analoges Bildmaterial) bitte nur nach vorheriger Absprache mit der Schriftleitung schicken.

Die Schriftleitung bittet bei Interesse an einem längeren Beitrag um Kontaktaufnahme und das Manuskript entsprechend den Hinweisen für Autoren anzulegen. Bitte beachten Sie zusätzlich die Hinweise zum Urheberrecht in den Manuskriptrichtlinien.

### Verlagsrecht

Das Werk einschließlich aller seiner Bestandteile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der ANL unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.