

Zürcher Hochschule  
für Angewandte Wissenschaften



Life Sciences und  
Facility Management

## **Diplomarbeit**

von Urs Hofstetter

Diplomstudiengang Umweltingenieurwesen 2004

# **Aquaponic im Unterricht**

Abgabetermin: 15. 02. 2008; 12:00 Uhr

Fachkorrektorinnen

**Frau lic. phil. Wilhelm Hamiti, Sandra**

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Life Sciences und Facility Management, Wädenswil

**Frau Prof. Dr. Junge, Ranka**

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Life Sciences und Facility Management, Wädenswil

## Abstract

„Education with Aquaponic“ is an educational concept, that tries to train students in systematic thinking by using a connected plant and fish culture system. The following themes were used during the lessons:

- What is a system?
- Relationship between system elements
- Retroactive effect in a system
- Selfregulation
- Integrational circle
- Building and planning Aquaponic
- Understanding of an Aquaponicmodel

The education took place with three classes of 7. grade students in Aargau, Mutschellen between October 07 and January 08.

Two hypotheses were reviewed. On one hand systematic thinking should be developed with an Aquaponicsystem in the classroom. The systematic thinking was controlled by a pre- and aftertest. The results show positive development. The student improved significantly in systematic thinking in the aftertest compared to the pretest.

On the other hand genderspecific differences in relationship to learning systematic thinking were compared. This hypothesis could not be controlled thoroughly. The feminine students showed a slide better result than the masculine students. The reasons for the better result could not be restless solved.

In the capture conclusion / evaluation and discussion the results are being discussed.

## Zusammenfassung

„Aquaponic im Unterricht“ ist ein Unterrichtskonzept, das anhand von einer integrierten Fisch- und Pflanzenzucht versucht, mit den Schülern systemisches Denken zu trainieren. Im Unterricht wurde dabei auf die folgenden Thematiken eingegangen:

- Was ist ein System?
- Beziehungen zwischen Systemelementen
- Rückwirkungen im System
- Selbstregulation
- Vernetzungskreis
- Bau und Planung Aquaponic
- Verständnis Aquaponicmodell

Der Unterricht fand mit drei Klassen zwischen Oktober 07 und Januar 08 im Aargau auf dem Mutschellen statt. Die Schüler besuchten die 2. Bezirksschule, was dem 7. Schuljahr entspricht. Die Bezirksschule bereitet die Schüler auf die Kantonsschule vor.

Weiter wurde der Unterricht mit drei 1. Klassen der Bezirksschule durchgeführt. Diese wurden zur Überprüfung der Tauglichkeit des Unterrichtsgegenstandes „Aquaponic im Unterricht“ herangezogen. Insgesamt waren es 68 Schüler und Schülerinnen die am Projekt teilnahmen.

In der Arbeit wurden zwei Hypothesen überprüft. Erstens sollte anhand einer Schulzimmeraquaponicanlage das systemische Denken der Schüler gefördert werden. Es wurde durch einen Vor- und Nachtest überprüft. Die Resultate zeigen positive Entwicklungen auf. Die Schüler steigerten sich gegenüber dem Vortest massiv in der Kompetenz systemisches Denken.

Die zweite Hypothese fragte nach den geschlechtsspezifischen Unterschieden in Bezug auf das Erlernen von systemischen Denkansätzen. Diese Hypothese konnte nicht vollständig geklärt werden. Die weiblichen Probanden zeigten jedoch ein leicht besseres Resultat als die männlichen. Worin jedoch die Gründe für dieses bessere Abschneiden lagen, konnte nicht restlos geklärt werden.

In den Kapiteln Ergebnisse / Evaluation und Diskussion werden die erhaltenen Resultate besprochen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>- 7 -</b>
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b> .....	<b>- 9 -</b>
2.1	<i>Aquaponic - Was ist das?</i> .....	- 9 -
2.1.1	Bau einer Aquaponicanlage .....	- 10 -
2.1.2	Materialliste Aquaponic .....	- 12 -
	Aquarium .....	- 12 -
	Pumpe .....	- 12 -
	Pflanzen.....	- 12 -
	Fisch .....	- 13 -
	Aufwendungen für Verbrauchsmaterial .....	- 14 -
2.1.3	Unterhaltsarbeiten an Aquaponic .....	- 15 -
2.2	<i>Systemisches Denken nach Ossimitz</i> .....	- 16 -
2.2.1	Vernetztes Denken .....	- 16 -
2.2.2	Dynamisches Denken.....	- 16 -
2.2.3	Denken in Modellen.....	- 17 -
2.2.4	Steuerung von Systemen .....	- 17 -
2.2.5	Bedeutung des Begriffs systemisches Denken für diese Diplomarbeit.....	- 17 -
2.3	<i>Grundlagen für das Unterrichtskonzept</i> .....	- 18 -
2.3.1	Rahmenbedingungen .....	- 18 -
2.3.2	Generelle Ziele .....	- 18 -
2.3.3	Klassen .....	- 19 -
2.3.4	Bildungsbedarf.....	- 20 -
2.3.5	Bildungsbedürfnis .....	- 20 -
2.3.6	Didaktische Analyse nach Klafki .....	- 21 -
	Definition der fünf Dimensionen: .....	- 21 -
	1. Exemplarische Bedeutung .....	- 21 -
	2. Gegenwartsbedeutung .....	- 22 -
	3. Zukunftsbedeutung .....	- 23 -
	4. Struktur des Inhalts.....	- 24 -
	5. Zugänglichkeit .....	- 25 -
	Fazit.....	- 25 -
2.3.7	Kompetenzprofil.....	- 26 -
	Fachkompetenz .....	- 26 -
	Methodenkompetenz .....	- 26 -
	Selbstkompetenz .....	- 26 -
	Sozialkompetenz .....	- 26 -
	Vorausgesetzte Kompetenzen .....	- 26 -
	Effektiver Bildungsbedarf.....	- 26 -
2.3.8	Didaktische Prinzipien .....	- 27 -
	Steuerung des Lernprozesses .....	- 27 -
	Inhaltsauswahl .....	- 27 -
	Inhaltserschließung .....	- 28 -
	Lernhandlung.....	- 28 -
	Verschränkung mit der Praxis .....	- 28 -
	Kommunikation / soziales Lernen .....	- 28 -
2.3.9	Grobziele .....	- 29 -
2.3.10	Sequenzierung .....	- 31 -
2.3.11	Lerngefässe.....	- 31 -
2.3.12	Lehr – und Lernarrangements .....	- 31 -
	Aquariumheft .....	- 31 -
	Beobachtungsprotokoll Aquaponic.....	- 31 -
	Vortrag.....	- 32 -
	Theorieinput.....	- 32 -
	Selbststudium .....	- 32 -
	Gruppenarbeit.....	- 32 -

<b>3</b>	<b>Unterrichtsplanung</b> .....	<b>- 33 -</b>
3.1	<i>Grobplanung</i> .....	- 33 -
3.2	<i>Feinplanung</i> .....	- 36 -
3.2.1	Unterrichtseinheit 1, Einstieg.....	- 36 -
3.2.2	Unterrichtseinheit 2, Systemwissen .....	- 37 -
3.2.3	Unterrichtseinheit 3, Vernetzungskreis.....	- 44 -
3.2.4	Unterrichtseinheit 4, Bau & Planung Aquaponic .....	- 46 -
3.2.5	Unterrichtseinheit 5, Systemuntersuchung.....	- 49 -
3.2.6	Unterrichtseinheit 6, Beobachtungsprotokoll.....	- 50 -
3.2.7	Unterrichtseinheit 7, Präsentation Systemuntersuchung .....	- 51 -
3.2.8	Unterrichtseinheit 8, Austrittstest.....	- 51 -
3.2.9	Unterrichtseinheit 9, Aquaponicparty .....	- 52 -
<b>4</b>	<b>Ergebnisse / Evaluation</b> .....	<b>- 53 -</b>
4.1	<i>Methode Eintritts- und Austrittstest und ihre Auswertung</i> .....	- 53 -
4.1.1	Eintritts- und Austrittstest .....	- 53 -
4.1.2	Auswertungsinstrumente.....	- 54 -
	1. Komplexitätsindex .....	- 54 -
	2. Vernetzungsindex.....	- 55 -
	3. Darstellungstyp.....	- 56 -
	4. Strukturindex .....	- 57 -
4.2	<i>Auswertung Eintritts- Austrittstest</i> .....	- 58 -
4.2.1	Komplexitätsindex .....	- 58 -
4.2.2	Vernetzungsindex.....	- 59 -
4.2.3	Darstellungstyp.....	- 59 -
4.2.4	Strukturindex .....	- 60 -
4.2.5	Auswertung der ersten Hypothese.....	- 60 -
4.3	<i>Auswertung der Klassen K7.1-3 im Hinblick auf die Genderproblematik</i> .....	- 61 -
4.3.1	K7.1 .....	- 61 -
4.3.2	K7.2 .....	- 61 -
4.3.3	K7.3 .....	- 61 -
4.3.4	Gruppe 1 vs. Gruppe 6.....	- 62 -
4.3.5	Auswertung der zweiten und dritten Hypothese.....	- 62 -
4.4	<i>Erfahrungsbericht „Aquaponic im Unterricht“</i> .....	- 63 -
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>- 64 -</b>
5.1	<i>Gültigkeit der Resultate</i> .....	- 64 -
5.2	<i>Unterrichtsablauf</i> .....	- 64 -
5.2.1	Aufschaukeln und abschaukeln.....	- 64 -
5.3	<i>Das Aquaponic - Schulzimmermodell</i> .....	- 64 -
5.4	<i>Evaluationsmethode Eintritts- Austrittstest</i> .....	- 65 -
5.5	<i>Genderunterschiede</i> .....	- 66 -
5.6	<i>Ausblick</i> .....	- 66 -
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>- 67 -</b>
<b>7</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>- 69 -</b>
<b>8</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>- 70 -</b>

Wenn immer in dieser Diplomarbeit von Personen die Rede ist, wird Zwecks der besseren Lesbarkeit die männliche Form bevorzugt. Es sind unter dem männlichen Begriff immer beide Geschlechter gemeint.

Die Arbeitsblätter befinden sich im Anhang A.

Die Daten der Evaluation befinden sich im Anhang B.

### **Abkürzungen**

UNR	Umwelt und natürliche Ressourcen
ZHAW	Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften
DA	Diplomarbeit
KSM	Kreisschule Mutschellen
BnE	Bildung für nachhaltige Entwicklung
UE	Unterrichtseinheit
Sch	Schüler und Schülerinnen
AB	Arbeitsblatt

# 1 Einleitung

Statistiker berichten von der beunruhigenden Tendenz, dass immer weniger junge Leute in Europa sich für eine berufliche Laufbahn in Naturwissenschaften entscheiden. Vor diesem Hintergrund setzte die EU einen Forschungsschwerpunkt in „Science and Society“ (Wissenschaft und Gesellschaft). 2004 wurde eine Ausschreibung für Projekte im Bereich „Science education and careers“ lanciert, mit besonderer Betonung auf „Young People in Science“. Wie kann das Interesse von Primarschülern an der Naturwissenschaft geweckt werden, ohne Unterschiede im Gender und ethnische Minoritäten zu vernachlässigen? Die Naturwissenschaftler wurden aufgefordert, ihre Forschung so umzusetzen, dass diese Primarschülern vermittelt werden kann. Jedes der sechs Projektteams entwickelt aus seiner eigenen Ökotechnologiepraxis und -forschung ein Modell, das Primarlehrer im Unterricht anwenden können. Diese Unterrichtsmodelle werden in Zusammenarbeit mit Experten im pädagogischen Bereich und mit involvierten Stakeholdern entwickelt. Mit Aquaponic entwickelte die Fachstelle Ökotechnologie der Fachabteilung UNR der ZHAW ein System, das auf einfache Art und Weise sehr viele, auch komplizierte biologische Zusammenhänge darstellt. Hier erfahren Schüler, welche Rolle Reinigungsprozesse in der Natur spielen und wie man diese Prozesse nutzen kann, um eine nachhaltige Fisch- und Pflanzenproduktion zu ermöglichen. [1]

Aus diesem Anlass hat die Fachabteilung des Instituts UNR an der ZHAW eine DA zum Thema „Aquaponic für das Klassenzimmer“ ausgeschrieben. In einer ersten Besprechung wurde der Titel auf „Aquaponic im Unterricht“ festgelegt, da einerseits mehrere Klassen parallel den Unterricht besuchten und daher der Begriff Klassenzimmer nicht für jede Klasse zutraf und andererseits der Inhalt so abgeändert wurde, dass es in erster Linie nicht mehr um die Reinigungsprozesse der Natur und die nachhaltige Fisch- und Pflanzenproduktion ging, sondern um das Verständnis von Systemen und dem Training von systemischem Denken.

Wie oben beschrieben, hatte die DA zum Ziel, ein Konzept zur didaktischen Umsetzung von Aquaponic für Schüler der 6. und 7. Klasse zu entwickeln. Es sollte eine Unterrichtseinheit konzipiert und getestet werden, die Aquaponic zum Thema hat. Dabei wird geprüft, ob sich die Schüler durch die Beteiligung am Unterricht Kompetenzen in Systemwissen und systemischem Denken aneignen.

Die Schüler dieser Stufen sind empfänglich für systemische Denkmuster und am Erschliessen von Systemen interessiert [2]. Sie besitzen bereits gewisse kognitive Fähigkeiten, die es ihnen ermöglichen, verschiedene Systemelemente auch zu vernetzen und gesamtheitlich zu betrachten [2].

Für die Erarbeitung des Unterrichtskonzeptes wurde auf die Semesterarbeit „Aquaponic - ein Unterrichtsmodul über den geschlossenen Kreislauf von Wasser und Nährstoffen“ [2] zurückgegriffen. Das Konzept beinhaltet einen Vorschlag zur Durchführung eines Unterrichts zur Förderung des systemischen Denkens anhand der Aquaponicanlage. Es wurde im Januar 2007 mit einer 5. Klasse an der Schule Unterägeri erprobt. Es zeigte sich, dass anhand einer Schulzimmeraquaponicanlage die Möglichkeit besteht, systemisches Denken zu trainieren [2]. In dieser DA wird dieses Konzept verfeinert und anschliessend mit drei Klassen als Versuchsunterricht durchgeführt. Die ausgewerteten Daten von drei Klassen können keinen Anspruch auf allgemeingültige Aussagen erheben. Jedoch können Trends wahrgenommen werden. In weiteren Untersuchungen könnten diese Trends genauer überprüft werden.

Der Versuchsunterricht fand im Kanton Aargau an der KSM auf der Stufe Bezirksschule zwischen den Herbstferien 2007 und den Sportferien 2008 statt.

Mit dem Versuchsunterricht galt es folgende drei Hypothesen zu überprüfen:

1. Anhand der Schulzimmerraquaponicanlage als Unterrichtsgegenstand kann das systemische Denken der Schüler gefördert werden.
2. Es gibt geschlechtsspezifische Unterschiede in Bezug auf das Erlernen von systemischen Denkansätzen. Da Mädchen in den naturwissenschaftlichen Fächern tendenziell weniger begabt zu sein scheinen als Knaben, ist zu erwarten, dass dies für „Aquaponic im Unterricht“ ebenfalls zutrifft.
3. Es gibt Unterschiede im Erlernen von systemischen Denkansätzen in Bezug auf die muttersprachliche Herkunft. Es ist zu erwarten, dass Schüler mit einer Fremdsprache als Muttersprache weniger gut abschneiden, als solche Schüler mit Deutsch als Muttersprache.

Nach dem ersten Zusammentreffen mit den drei Klassen stellte sich heraus, dass es keine Schüler mit einer Fremdsprache als Muttersprache gab. Daher wurde diese Hypothese zur Überprüfung hinfällig.

Aquaponic ist ein anschauliches Beispiel, wie zwei Systeme miteinander vernetzt wurden und nun gemeinsam als Ganzes funktionieren. Dies sollen die Schüler nachvollziehen und verstehen lernen, um es dann auch auf andere Systeme anwenden zu können. Aquaponic führt den Schüler die den Systemen zugrunde liegenden Mechanismen wie z.B. Kreisläufe und Rückkoppelungen vor und zeigt ihnen, wie sie sich gegenseitig beeinflussen und somit das System am Leben erhalten.

Wie oben erwähnt, liegt der Schwerpunkt von „Aquaponic im Unterricht“ im Erarbeiten von Systemgrundlagen und im Training von systemischem Denken. Nach Nagel und Wilhelm Hamiti [3] gehört systemisches Denken, also das Denken und Handeln in Systemen, heute zu den Schlüsselkompetenzen in unserer komplexen Welt. Das systemische Denken ist nötig, um auch in einem anderen System als Aquaponic, den Überblick über das zugrunde liegende System zu gewinnen. Die meisten Problemstellungen die unsere Umwelt uns entgegenbringt, sind komplexer Natur und bedürfen eines systemischen Ansatzes, um eine tragfähige Lösung zu erarbeiten. Erst durch die sorgfältige Analyse und durch systemisches Denken können die entscheidenden Systemelemente ausfindig gemacht, vernetzt und somit das System verstanden werden, für welches eine Lösung gefunden werden soll.

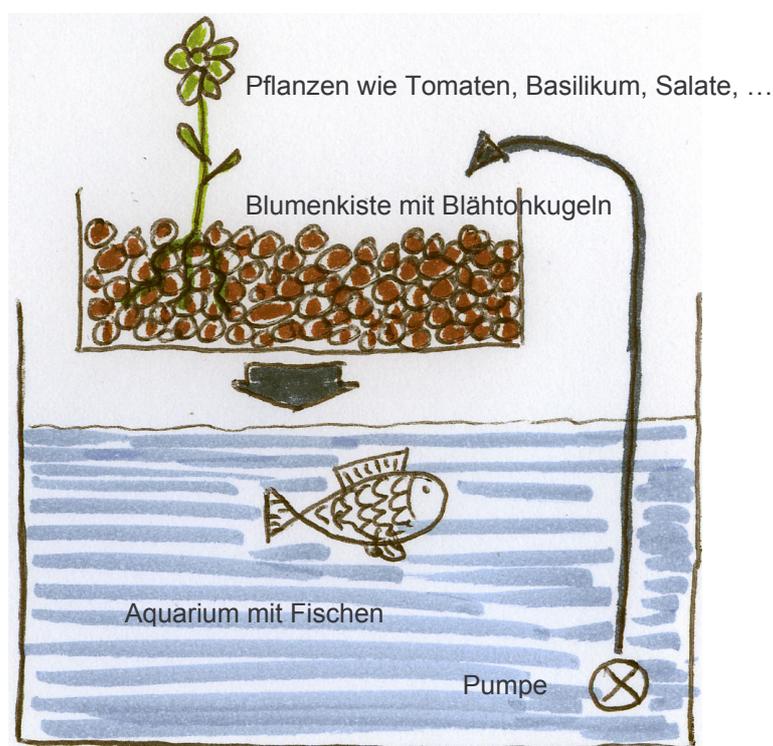
Diese DA ist in fünfteilig aufgebaut. Der erste Teil entspricht der Einleitung. Im zweiten Teil wird unter dem Titel „Theoretische Grundlagen“ erklärt, was unter Aquaponic zu verstehen ist, wie eine Aquaponicanlage aufgebaut wird, was unter dem Begriff „systemisches Denken“ gemeint ist und unter welchen Voraussetzungen das Unterrichtskonzept erstellt wurde. Im dritten Teil werden die Unterrichtseinheiten aus der didaktischen Analyse zuerst in die Grobplanung und in einem weiteren Schritt in die Feinplanung übernommen. Der vierte Teil beschreibt die Ergebnisse und evaluiert sie. Der fünfte Teil besteht aus der Diskussion der Ergebnisse und Evaluation.

## 2 Theoretische Grundlagen

Dieses Kapitel beschreibt die theoretischen Grundlagen von „Aquaponic im Unterricht“. Es wird erklärt, was Aquaponic ist, wie eine Anlage aufgebaut werden kann und welche Pflanzen und Fische sich dafür eignen. Weiter wird der Begriff „systemisches Denken“ genauer definiert. In einem weiteren Kapitel werden die Grundlagen zu den verschiedenen Unterrichtseinheiten erläutert.

### 2.1 Aquaponic - Was ist das?

Aquaponic ist eine Polykultur von Fischzucht und Nutzpflanzenkulturen, welche in den Wasserkreislauf integriert sind. Das Wort setzt sich zusammen aus Aquakultur (Fischproduktion) und Hydroponic (Pflanzenproduktion in Wasser ohne Boden). Das primäre Ziel dieser Anlagen besteht im Recycling der im Fischwasser enthaltenen Nährstoffe [4].



**Abbildung 1:** Schema einer Aquaponicanlage. Die Pfeile symbolisieren den Wasserfluss. Die Aquaponicanlagen in dieser Diplomarbeit wurden auf diese Weise konstruiert.

Kunz und Graber [5] schreiben folgendes über Aquaponic:

Über einen Filter wird das Wasser aus dem Fischbottich in einen Behälter mit Blähtonkugeln gepumpt. Darauf bilden sich Bakterien, welche das Ammonium abbauen, das die Fische ausscheiden. Ammonium ist ein Stoff, der in der Natur beim Abbau von tierischen und pflanzlichen Eiweißen entsteht. Die Fische nehmen von den im Futter enthaltenen Nährstoffen nämlich lediglich einen Drittel auf, den Rest scheiden sie über Kot, Urin und Atmung wieder aus. Die Bakterien auf den Blähtonkugeln verwandeln das Ammonium aus dem Wasser in Nitrat, welches für die Fische ungiftig ist und ein für Pflanzen wichtiger Nährstoff darstellt. Fließt das Wasser dann durch die Blätonschicht wieder zurück ins Fischbecken, erhalten die Fische gebrauchtes, aber gereinigtes Wasser. Der Kreislauf schliesst sich.

Die Vorteile einer Aquaponicanlage sehen für Kunz und Graber [5] wie folgt aus:

- Nährstoffverwertung durch Verwendung des Fischabwassers als Pflanzendünger,
- geringer Wasserverbrauch,
- Pflanzenproduktion zusätzlich zur Fischproduktion,
- keine Verwendung von Pestiziden und Herbiziden

### 2.1.1 Bau einer Aquaponicanlage

Diese Anleitung zum Bau einer Aquaponicanlage ist eine vereinfachte Version für das Schulzimmer. Sie eignet sich für den Nachbau. Für die DA wurde dasselbe Modell sechs Mal von den Schülern aufgestellt. Eine solche Anlage (Aquariumgrösse 40x40x30) wurde mit zwei Fischen und drei Pflanzen bestückt. Im Unterhalt entstanden keine Probleme.

#### Aquarium

1. Aquarium mit gewaschenem Kies, Sand und Steinen auslegen. Wenn der Kies gewaschen ist, geht es weniger lang, bis sich die Trübung gesetzt hat.
2. Mit Steinen Versteckmöglichkeiten für die Fische erstellen. Eine oder zwei Seitenwände abdecken. Die Fische fühlen sich so weniger gestört.
3. Vorsichtig mit Wasser auffüllen und warten, bis sich die Schwebestoffe gesetzt haben.
4. Pumpe mit Schlauch im Aquarium platzieren.
5. Aquarium mit Hasengitter abdecken



#### Pflanzbeet

6. In die Blumenkiste werden Löcher geschnitten, damit das Wasser abfließen kann. Das Wasser darf in der Blumenkiste nicht stehen (Staunässe schadet den Wurzeln).
7. Löcher in der Blumenkiste mit Hasengitter einigermaßen verschliessen, so dass keine Blähtonkugeln durch fallen können.



8. Blumenkiste mit Blähton füllen.
9. Blumenkiste auf das Aquarium stellen oder ins Aquarium hängen. Hängt die Blumenkiste im Aquarium, spritzt es nicht so sehr. So muss weniger Wasser nachgefüllt werden und Schäden wie Wasserflecken, etc. werden minimiert.

hängend



stehend



10. Spritzrohr auf der Blumenkiste mit Kabelbinder befestigen und mit dem Schlauch und mit der Pumpe verbinden. Das Spritzrohr besteht aus einem Aquariumröhrchen, in welches mit der Bohrmaschine 5 mm Löcher gebohrt wurden. Das Spritzrohr wurde mit einem Pfropfen verschlossen.



11. Ein Loch in den Blähton graben und Pflanzen vorsichtig einsetzen. Nicht andrücken, da sonst die Wurzeln gequetscht werden (Genauere Angaben siehe Materialliste Aquaponic / Pflanzen / Umstellung der Pflanzen auf Hydrokultur).

12. Wachstumslampen mit genügend Abstand von den Pflanzen montieren. Die Wachstumslampen werden relativ warm. Es besteht die Möglichkeit, dass sie die Pflanzen versengen.



13. Pumpe einschalten und etwa zwei Wochen laufen lassen. So entwickeln sich die nötigen Bakterien zur „Wasserreinigung“ im Blähton.

### Fische

14. Nach zwei Wochen das Aquarium mit Fischen bestücken.



## 2.1.2 Materialliste Aquaponic

### Aquarium

Nach Gesprächen mit Frau Marbach, sie betreut die Aquarien an der KSM, eignen sich grosse Aquarien besser zur Haltung von Fischen. Je grösser ein Aquarium ist, umso einfacher ist die Bedienung. Die Prozesse innerhalb des Aquariums sind einfacher zu handhaben, wenn die Wassermenge gross ist. Ein 200 bis 300 Liter Aquarium eignet sich am besten.

### Pumpe

Für die DA wurde eine Pumpe eingesetzt, die 1000 l/h förderte. Eine so hohe Förderleistung ist nicht nötig. Es reicht aus, wenn die Pumpe 100 l/h oder weniger fördert. Je kleiner die Förderleistung der Pumpe ist, umso weniger hart wird der Wasserstrahl, der aus dem Spritzröhrchen austritt. So werden die Pflanzen geschont und es gibt weniger Verlust durch Wasserspritzer.

### Pflanzen

Die Pflanzen lassen sich aus Samen ziehen. Die Pflanzenzöglinge ertragen es jedoch nicht sehr gut, wenn sie durch die Spritzrohre ständig mit Wasser besprüht werden. Ihre Blätter faulen und sie sterben ab. Daher empfiehlt es sich Setzlinge zu kaufen, da diese die Blätter bereits in eine gewisse Höhe gehoben haben und daher nicht so sehr auf Spritzwasser reagieren.

Für diese DA wurden Tomaten und Basilikum gewählt. Beide wachsen gut und werfen Ertrag ab. Es ist zu bedenken, dass z.B. Tomaten vom Samen bis zur Frucht vier bis fünf Monate [6] oder mehr Zeit benötigen. Diesem Umstand muss in der Planung des Unterrichts Rechnung getragen werden.

### Welche Pflanzen eignen sich?

Nach Albin und Bamert [7] eignen sich Tomaten und Basilikum gut als Pflanzen in einer Aquaponicanlage. Bananen kommen auch in Frage, brauchen aber viel Platz und bringen kaum Früchte. Wasserpflanzen werden z.T. von den Fischen aufgefressen. Für diese DA wurden Tomaten und Basilikum auf Grund ihres regen Wachstums und ihres grossen Ertrages ausgewählt. Ein weiterer Grund für die Wahl von Tomaten und Basilikum war der, dass die Schüler diese Pflanzen bereits durch ihre Essgewohnheiten kannten.

### Umstellung der Pflanzen auf Hydrokultur (Blähton)

Bamert [8] gibt eine Checkliste vor, nach der das Umstellen der Pflanzen auf Hydrokultur vollzogen werden soll. Die Umstellung der Pflanzen auf Hydrokultur nach der Checkliste verlief problemlos. Es seien hier die wichtigsten Punkte aufgezählt:

1. Die Umstellung auf Hydrokultur gelingt umso besser, je kleiner die Körnung, bzw. je kleiner und häufiger die Hohlräume sind.
2. Die Pflanze im Wurzelbereich gründlich unter Wasser von der Erde befreien. Um den Kälteschock zu vermeiden, wird dafür nur lauwarmes Wasser verwendet. Wenn sich die Erde schlecht löst, sollte die Pflanze für ein paar Stunden in lauwarmes Wasser gestellt werden.
3. Faulige und beschädigte Wurzelteile mit einer scharfen Gartenschere entfernen.
4. Bevor die Pflanze in den Blähton gesetzt wird, sollte sie einen Tag lang in ein Gefäss mit abgekochtem, noch lauwarmem Wasser gestellt werden.
5. Pflanze einpflanzen und mit Blähtonkügelchen auffüllen. Blähton nicht andrücken, da sonst die Wurzeln gequetscht werden.

6. Pflanze in den Aquaponickreislauf einsetzen.
7. Beginnt die Pflanze während dieser Zeit stark zu welken, wird am besten eine Folie genommen und so über den Topf gestülpt, dass möglichst wenige Blätter den Plastik berühren. Unten am Topfrand kann die Folie mit einem Gummi befestigt werden. Mit einer Schere Löcher in die Folie stechen, dass die Luft zirkulieren kann.

## **Fisch**

Für die Durchführung der Unterrichtseinheiten wurden im Hinblick auf die Platzverhältnisse im Aquarium junge Rotfedern verwendet. Die 5 - 7 cm grossen Jungfische wurden aus einem Teich gefangen und in diesem Sinne „wild“. Zu Beginn zeigten sich die Fische scheu und nervös. Im Schwarm waren sie ruhiger. Es empfiehlt sich daher nicht, Wildfangfische zu benutzen, da die Tiere im Aquarium unnötigem Stress ausgesetzt sind. Besser eignen sich Speisefische aus der Zucht. Rotfedern sind zwar essbar, bereiten aber auf Grund ihrer feinen Geräte keinen Gaumenschmaus.

Weitere geeignete Fischarten sind nach Kunz und Graber [5] Tilapien, Egli und Forellen, allesamt vorzügliche Speisefische. Falls Tilapien zur Verwendung kommen, muss das Aquarium auf 29°C aufgeheizt werden. Forellen benötigen tiefe Temperaturen. Sie fühlen sich bei 16°C wohl. Die optimale Produktionstemperatur für Egli ist 24°C. Die eingesetzten Rotfedern für „Aquaponic im Unterricht“ wurden bei Zimmertemperatur (20°C) gehalten. Sie wuchsen in zwei Monaten etwa 1 - 2 cm.

Fischzuchten geben ihre Fische für einen Schulversuch eventuell sogar gratis ab. Sie nehmen sie jedoch kaum zurück, da die zurückgeführten Fische für den Fischbestand in der Fischzucht durch eingeschleppte Krankheiten zu gefährlich werden können.

## Aufwendungen für Verbrauchsmaterial

Unten ist das Verbrauchsmaterial aufgelistet, das für den Betrieb einer Anlage mit der Grösse von 40x40x30 cm aufgewendet werden muss. Diese Anlagen haben die Schüler im Unterricht erfolgreich mit zwei Fischen betrieben. Dies widerspricht den unter Kapitel 2.1.2 gemachten Angaben über die Aquariumgrösse. Es musste daher eine strenge Kontrolle der Wasserqualität geschehen.

Die Verbrauchsmaterialien sind im Baumarkt (B) und in der Tierhandlung (T) erhältlich. Einmalige Investitionen sind für das Aquarium und die Pumpe auszugeben.

Verbrauchsmaterial für eine Anlage	Preis	
<b>Aquariumzubehör:</b>		
- Schlauch ½ Meter (B)	1.50	Fr.
- Spritzrohr, ½ Meter (B), (T)	2.50	Fr.
- Fischfutter, 1 Liter (für zwei Fische reicht das sehr lange) (T)	27.90	Fr.
- Aquariumsilikon (gegen allfällige Lecks) (B), (T)	9.70	Fr.
- Hasengitter (B)		aus dem Materialbestand
- Kabelbinder (B)		aus dem Materialbestand
- Pfropfen für das Spritzrohr (B), (T)		aus dem Materialbestand
<b>Pflanzenzubehör:</b>		
- Blumenkiste, 60 cm (B)	2.95	Fr.
- Blähton, 5 Liter, 8 – 14 mm (B)	3.50	Fr.
- Wachstumslampen 100 Watt, 2 Stück (B)	19.20	Fr.
- Birnenfassung, 2 Stück (B)	7.00	Fr.
- Stromkabel ½ Meter, 2 Stück (B)	2.00	Fr.
- Mehrfachstecker (B)	3.50	Fr.
- Verlängerungskabel, 10 Meter (B)	15.00	Fr.
- Zeitschaltuhr (B)	15.60	Fr.
<b>Total:</b>	<b>108.45</b>	<b>Fr.</b>

**Tabelle 1:** Die Tabelle zeigt die Auflistung der Verbrauchsmaterialien, die für eine Aquaponicanlage mit den Massen 40x40x30 benötigt werden. Die Abkürzung (B) steht für Baumarkt, (T) für Tierhandlung. Die Stückpreise gelten für den Oktober 2007.

### **2.1.3 Unterhaltsarbeiten an Aquaponic**

Läuft die Aquaponicanlage, sind nur noch wenige Arbeiten nötig. So muss darauf geachtet werden, dass der Wasserverlust, der durch die Verdunstung und das Spritzwasser entsteht, immer wieder ausgeglichen wird.

Ab und an sollten die Spritzröhrchen mit einem geeigneten Reinigungsgerät geputzt werden, da sonst die Löcher verstopfen. Vom Reinigen mit Seife wird dringend abgeraten, da durch die Seife ungewünschte Effekte im Aquarium auftreten können.

Der Wasserstrahl aus den Spritzröhrchen soll nicht direkt auf die Pflanzen geleitet werden, dies stört sie im Wachstum. Auch haben es die Pflanzen nicht gerne, wenn ihre Blätter dauernd nass sind. Dem schafft das Einsetzen von genügend grossen Pflanzen Abhilfe.

Die Fische bekommen jeden Tag Fischfutter. Die Menge richtet sich nach dem Hunger der Fische. Es wird so lange zugefüttert, bis die Fische das Futter nicht mehr anrühren. Zu viele Futterrückstände im Wasser belasten das System, daher sollte mit Sorgfalt gefüttert werden. Alle zwei Wochen kann ein Futterstopp erfolgen. Die Fische ertragen eine Diät von mehreren Tagen.

## 2.2 Systemisches Denken nach Ossimitz

Dieses Kapitel widmet sich der Definition von systemischem Denken. Nachdem dieser Begriff bereits einige Male aufgetaucht ist, soll er hier genauer erörtert werden.

Nach Ossimitz [9] beinhaltet das systemische Denken vier zentrale Dimensionen:

1. *Vernetztes Denken*: Denken in Rückkoppelungskreisen
2. *Dynamisches Denken*: Denken in Zeitabläufen
3. *Denken in Modellen*
4. *Systemgerechtes Handeln*

Ossimitz [9] führt aus, dass diese Dimensionen nicht unabhängig voneinander sind. Zusammengefasst ergeben sie ein breites Verständnis von systemischem Denken, das nicht unbedingt auf einen einzelnen Anwendungszusammenhang abgestellt ist.

### 2.2.1 Vernetztes Denken

Ossimitz [9] sieht im vernetzten Denken ein Denken, das mehr berücksichtigt als einfache Ursache - Wirkungs - Beziehungen. Für ihn umfasst vernetztes Denken folgende Fähigkeiten:

- Nicht nur direkte, sondern auch indirekte Wirkung zu erkennen und zu beurteilen;
- dabei insbesondere Rückwirkungen auf die Ursache zu erkennen;
- ganze Netze von Wirkungsbeziehungen aufbauen und verstehen zu können.

Schlüssel für vernetztes Denken ist dabei das Erkennen von Rückkoppelungskreisen und das Denken in solchen Rückkoppelungen.

Vester [10] teilt Rückkoppelungen, Rückkoppelungsschleifen oder Regelkreise in zwei Kategorien, die Positiven und die Negativen, ein. Er definiert sie folgendermassen:

Positive Rückkoppelungen entstehen, wenn Wirkung und Rückwirkung sich gegenseitig verstärken, also gleichgerichtet sind. Positive Rückkoppelung ist nötig, um in Systemen Dinge zum Laufen zu bringen. Sie muss jedoch immer einer übergeordneten Regulation (negative Rückkoppelung) gehorchen. Tut sie dies nicht, so können wahre Teufelskreise entstehen, die nicht mehr unter Kontrolle zu bringen sind.

Die negative Rückkoppelung ist eine der wichtigsten Eigenschaften, mit denen sich natürliche Systeme trotz positiver Rückkoppelung am Leben erhalten. Eine negative Rückkoppelung ist eine dem Ziel entgegengerichtete Wirkung. Sie schwächt die positive Rückkoppelung ab.

### 2.2.2 Dynamisches Denken

Unter dynamischem Denken versteht Ossimitz [9] die Fähigkeit, zeitliche Abläufe zu erkennen und richtig zu beurteilen. Das dynamische Denken hat für ihn folgende Dimensionen:

- Erkennen und Berücksichtigen der Eigendynamik von Systemen.
- Die Fähigkeit, zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten zu identifizieren.
- Erkennen und Bedeutung langfristiger Wirkungen.
- Erkennen und Beurteilen von charakteristischen systemischen Zeitgestalten (Verzögerung, periodische Schwingungen, Wachstumstypen).

- Ein Verständnis für das gleichzeitige Ablaufen mehrerer Vorgänge in einem komplexen System.
- Die Fähigkeit, Zeitgestalten adäquat darzustellen bzw. in Raumgestalten umzuwandeln. Solche Zeitgestalten sind etwa periodische Schwankungen oder zeitliche Verzögerungen.

### **2.2.3 Denken in Modellen**

Ossimitz [9] meint, dass ein dynamisches Denken in vernetzten Strukturen immer ein Denken in Modellen sein muss. Entscheidend für das systemische Denken erscheint ihm, dass die Modelle bewusst wahrgenommen werden, also Vereinfachungen von natürlichen Gegebenheiten darstellen, die auf bestimmten Annahmen beruhen.

Zum Denken in Modellen gehört für Ossimitz [9] auch die Fähigkeit zur Modellbildung. Modelle sollen konstruiert, analysiert, verbessert und weiterentwickelt werden können.

### **2.2.4 Steuerung von Systemen**

Ossimitz [9] erscheint ein systemisches Denken ohne die Fähigkeit zu systemgerechtem Handeln wenig sinnvoll. Es geht ihm dabei nicht um ein intuitives Steuern spezieller Systeme (z.B. Autofahren), sondern um eine bewusst reflektierte Kompetenz mit einem breiteren Spektrum an Einsatzmöglichkeiten, also mit einer gewissen Transferierbarkeit.

### **2.2.5 Bedeutung des Begriffs systemisches Denken für diese Diplomarbeit**

In dieser DA wird der Begriff systemisches Denken nicht streng nach der Definition von Ossimitz [9] ausgelegt. Das Schwergewicht des systemischen Denkens liegt in dieser DA in den Dimensionen „vernetztes Denken“ und „Denken in Modellen“. „Aquaponic im Unterricht“ bearbeitet vor allem diese zwei Dimensionen, da sie dem Unterrichtsgegenstand am besten entsprechen. Einerseits ist Aquaponic als Kreislaufanlage definiert und stellt einen Kreislauf mit Rückkoppelungen dar. Somit deckt es sich mit der Dimension „vernetztes Denken“. Andererseits ist Aquaponic ein vereinfachtes Modell eines Teiches und deckt sich somit mit der Dimension „Denken in Modellen“. Die zwei anderen Dimensionen sind wohl auch im Bildungsgegenstand enthalten, werden jedoch nicht so schwer gewichtet.

Das „vernetzte Denken“ äussert sich vor allem im Erkennen und in der Beurteilung der Regelkreise von Aquaponic. Der Schüler lernt zu verstehen, dass gewisse Stoffe rezyklierbar sind und somit eine Ressource für andere Lebewesen darstellen. In einem Wirkungsgefüge stellt er die verschiedenen Systemelemente von Aquaponic auf und sucht nach den gegenseitigen Beziehungen.

Das „Denken in Modellen“ übt der Schüler in der Planung und Entwicklung der Aquaponicanlage. Er baut das Aquaponicmodell auf und sucht nach Verbesserungsmöglichkeiten, wenn sein Modell nicht optimal funktioniert.

Wie in Kapitel 1 erwähnt, ist das systemische Denken eine Schlüsselkompetenz für den Umgang mit komplexen Systemen und der Findung von Lösungsansätzen von komplexen Problemstellungen. Deshalb soll vom Schüler eine Kompetenz im systemischen Denken aufgebaut werden.

## **2.3 Grundlagen für das Unterrichtskonzept**

### **2.3.1 Rahmenbedingungen**

Für die Umsetzung des Unterrichtskonzepts „Aquaponic im Unterricht“ stehen pro Woche zwei Lektionen Biologie zur Verfügung. In der Zeitspanne von Herbstferien bis Sportferien ergab dies insgesamt etwas über 20 Lektionen, in denen sich die Schüler mit dem Thema Aquaponic beschäftigten. Die einzelnen Klassen kamen nicht alle auf dasselbe Pensum von Lektionen, da schulinterne Aktivitäten die vorgesehenen Lektionen beschnitten.

Am Projekt „Aquaponic im Unterricht“ nahmen total 6 Klassen teil, davon waren drei im 6. und drei im 7. Schuljahr. Die Lektionen der 6. Klasse wurden von Herrn E. Hofstetter durchgeführt. Er übernahm die Vorbereitung wie sie unter Kapitel 3.2 Feinplanung vorgeschlagen wird. Z.T. wurde die Feinplanung von E. Hofstetter seinen Bedürfnissen angepasst. Die Lektionen der 7. Klassen übernahm Urs Hofstetter. Für die Auswertung wurden die Daten der Schüler des 7. Schuljahres herangezogen, da der Unterricht der 6. gegenüber den 7. Klassen zu unterschiedlich ausgefallen war und darum nicht vergleichbar waren. Die drei Klassen des 6. Schuljahres wurden zur Überprüfung der Tauglichkeit des Unterrichtsgegenstandes ausgewertet (siehe Kapitel 4.4).

Die 6. Klassen wurden mit dem Kürzel K6.1-3 abgekürzt, die 7. Klassen mit K7.1-3.

Der methodisch - didaktische Grundsatz für den Unterricht orientiert sich am Konzept der BnE von de Haan [11]. Im Sinne der BnE eignen sich die Jugendlichen Gestaltungskompetenzen an. De Haan [11] schreibt, dass mit Gestaltungskompetenz die Fähigkeit bezeichnet wird, Wissen über nachhaltige Entwicklung anzuwenden und Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung erkennen und beheben zu können.

Auf die BnE wird im Kapitel 2.3.8 Didaktische Prinzipien weiter eingegangen.

Das Unterrichtskonzept richtet sich an Bildungsinstitute, die mit der Altersgruppe der 6. und 7. Klassen arbeiten. Hauptsächlich werden dies die Lehrpersonen dieser Stufen sein. In diesem Sinne sind sie die Bildungsträger. Weiter können auch Institutionen, die im Bereich Umweltbildung arbeiten, Bildungsträger sein.

### **2.3.2 Generelle Ziele**

Das Ziel von „Aquaponic im Unterricht“ ist, dass sich Schüler Werkzeuge aneignen, die ihnen helfen, sich mit vernetztem Denken auseinandersetzen zu können. Sie sollen also in der Lage sein, Systeme zu analysieren, die Systemelemente zu benennen und sich einen Überblick über ein System zu verschaffen.

### 2.3.3 Klassen

Die Schüler sind zwischen 11 und 14 Jahre alt. Sie besuchen die 1. und 2. Bezirksschule im Kanton Aargau, was dem 6. und 7. Schuljahr entspricht. Das Äquivalent in anderen Kantonen zur Bezirksschule ist das Progymnasium. Die Bezirksschule bereitet die Schüler auf die Kantonsschule vor.

Klassen	K6.1	K6.2	K6.3	K7.1	K7.2	K7.3
Anzahl Schüler	24	24	24	22	22	24
Anzahl Mädchen / Knaben	12 / 12	12 / 12	11 / 12	8 / 14	10 / 12	14 / 10

**Tabelle 2:** Die Tabelle zeigt die Klassengrösse der Versuchsklassen und die Verteilung der Mädchen und Knaben in jeder Klasse.

Die Jugendlichen stammen aus der Region Mutschellen mit den Gemeinden Berikon, Widen, Oberwil – Lieli und Rudolfstetten. Diese Gemeinden sind ländlich geprägt. Dennoch gehört die Region Mutschellen zur Agglomeration der Stadt Zürich. Viele Erwerbstätige sind nach Zürich orientiert. Aufgrund der grossen Anzahl an Einfamilienhausquartieren und dem moderaten Steuerfuss von durchschnittlich 94% (Bezirk Bremgarten) [12], kann von einer reichen Region im Kanton Aargau gesprochen werden.

Die Bezirksschüler bringen folgende Qualifikationen mit [13]:

- In der Primarschule erreichten sie in den Fächern Deutsch, Mathematik und Realien einen sicheren Notendurchschnitt von 5.
- Sie sind an selbständiges Arbeiten gewohnt und fähig, ihre eigene Leistungsfähigkeit richtig einzuschätzen.
- Sie bringen eine gleichmässige Begabung und ein breites Interesse an verschiedenen Themen mit.

Die Schüler befinden sich in der Phase der Vorpubertät bis hin zur Pubertät. Sie sind auf der Suche nach ihrer Persönlichkeit. Diese Zeit ist geprägt durch Wettbewerb untereinander und Auflehnung gegen die Strukturen. Finden die Schüler eine Person, welche sie durch ihre Werthaltung und ihr Auftreten überzeugt, nehmen sie sie sich als Vorbild und eifern ihr nach.

Das Interesse an umweltrelevanten Themen sollte vorausgesetzt werden können, da sie die Bezirksschule besuchen. Die Semesternoten führen zu einem gewissen Druck, dem Unterricht zu folgen und Leistung zu zeigen. Klar ist, dass nicht alle Schüler für dieses Thema gleich empfänglich sind. Der Lehrer kann hier motivierend eingreifen. Intellektuell sollten alle Schüler in der Lage sein, den Gedanken hinter dem Aquaponicsystem aufzunehmen und zu verstehen. Sie sind deshalb auch in der Lage, Wirkungsketten und Kreisläufe zu erkennen. Die kommunikativen und kognitiven Fähigkeiten der Schüler sind soweit gediehen, dass sie sich selbst und ihr Umweltverhalten reflektieren können.

Das Unterrichtskonzept muss sich nicht auf die oben erwähnte Altersgruppe beschränken. Ebenso ist denkbar, dass diese Unterrichtsordnung auch für einen Wissenszuwachs bei Erwachsenen nutzbar sein kann. Die Arbeit mit Erwachsenen ist jedoch nicht Teil dieser Diplomarbeit.

### **2.3.4 Bildungsbedarf**

Die Ausführung der Unterrichtseinheit orientiert sich am Lehrplan des Kantons Aargau. Daher hier ein kurzer Blick auf den Biologielehrplan der Bezirkstufe [14]:

Der Biologielehrplan des Kantons Aargau für die Bezirkstufe enthält das Grobziel „eigenes Verhalten im Umgang mit der Natur überdenken und verantwortungsbewusstes Handeln entwickeln“. Es ist im Lehrplan inhaltlich nicht ausformuliert. Wie dieses Grobziel zu erreichen und mit welchen Inhalten es zu füllen ist, ist Sache der Lehrperson.

„Aquaponic im Unterricht“ kann eine Möglichkeit bieten, kleine Lernfortschritte im Bereich dieses oben erwähnten Grobziels zu erreichen. Verantwortungsbewusstes Handeln zu entwickeln, ist mit der Abhandlung eines Themas im Unterricht nicht zu verwirklichen. Vielmehr ist die Befähigung, verantwortungsbewusst zu handeln, ein Prozess, der sich über Jahre hinzieht.

Aquaponic bietet eine Grundlage, auf der mit den Schülern über aktuelle Probleme, wie die Überfischung der Weltmeere oder über die nachhaltige Nahrungsproduktion diskutiert werden kann. Das Aquaponicmodell kann ihnen auch aufzeigen, dass es möglich ist, ein künstliches System zu konstruieren, welches funktioniert und schonend mit seinen Ressourcen umgeht. So steigt eventuell das Verständnis für den Nutzen für die Umwelt der Biogasanlagen oder der natürlichen Abwasserreinigungen.

Das Bildungsangebot soll den Schülern helfen, sich in der Umweltproblematik zu recht zu finden. Sie lernen Basisfunktionen von Ökosystemen kennen und merken, wie sie sich gegenseitig beeinflussen. Aquaponic zeigt auf, wie Abfallstoffe, in diesem speziellen Fall bestehen die Abfallstoffe aus Exkrementen, als Ressource genutzt werden können. Ebenso wird aus Aquaponic ersichtlich, dass Systeme in Kreisläufen organisiert sind.

Der effektive Bildungsbedarf äussert sich darin, dass die Schüler fähig sein sollen, Systeme selbständig zu untersuchen und zu verstehen. Dafür erhalten sie Werkzeuge, die ihnen eine Analyse der Systeme vereinfachen und die Zusammenhänge aufzeigen.

### **2.3.5 Bildungsbedürfnis**

Die Schüler leben in einer Welt, in der umweltrelevante Themen immer stärker dominieren. Sie erwarten von der Schule, dass sie mit dem Rüstzeug ausgestattet werden, das ihnen ermöglicht, diese Themen zu erfassen, zu verstehen und zu bearbeiten. „Aquaponic im Unterricht“ bietet den Schülern die Möglichkeit, sich im systemischen Denken zu trainieren und dies auf ihre eigenen Themen anzuwenden. So können sie die zugrunde liegenden Systeme analysieren und ein Verständnis dafür aufbauen.

Ihre Informationen holen sie sich aus verschiedenen Medien und aus eigenen Erfahrungen und Beobachtungen. Dadurch bilden sie sich eine eigene Meinung. Die Fähigkeit, diese Meinung mit Argumenten zu stützen, erproben sie im täglichen Austausch mit ihren Mitmenschen. Zum Teil können sie sich diese Fähigkeiten auch durch die Schule aneignen.

### 2.3.6 Didaktische Analyse nach Klafki

Die didaktische Analyse nach Klafki [15] hat zum Ziel, den Unterrichtsgegenstand Aquaponic nach den fünf Dimensionen Exemplarische Bedeutung, Gegenwartsbedeutung, Zukunftsbedeutung, Struktur des Inhaltes und Zugänglichkeit zu analysieren. Hält der Inhalt von Aquaponic dieser Analyse stand, ist ein entsprechender Unterricht bildungstheoretisch gerechtfertigt [15].

#### Definition der fünf Dimensionen:

##### 1. Dimension: Exemplarische Bedeutung [15]

Exemplarisch sind Inhalte, die nicht nur für sich stehen, sondern andere Inhalte aufschließen. Exemplarische Inhalte weisen über sich hinaus, verleihen einem Lernfeld Struktur und tragen dazu bei, im Kopf der Lernenden Ordnung zu schaffen.

##### 2. und 3. Dimension: Gegenwartsbedeutung und Zukunftsbedeutung [15]

Ein Kind kann nur durch einen Inhalt gebildet werden, zu dem es einen Bezug "hier und jetzt" hat bzw. zu dem es einen solchen Bezug herstellen kann. Gleichzeitig aber soll dieser Inhalt ein Kind auch auf eine - noch nicht bekannte - Zukunft vorbereiten. Bildung setzt also immer auf "zukunftsbeste" Kompetenzen, hat aber gleichzeitig ein Moment der Unsicherheit.

##### 4. Dimension: Struktur des Inhaltes [15]

Unter pädagogischen Gesichtspunkten wird die Struktur des Inhaltes gegliedert. Die Methoden zur Vermittlung werden von diesem Punkt abgeleitet.

##### 5. Dimension: Zugänglichkeit [15]

Dieser Punkt zeigt die Ansätze auf, wo die Schüler mit dem Unterrichtsgegenstand abgeholt werden können, damit sie möglichst schnell den Zugang zum Unterricht finden.

Die Schule hat sich zur Aufgabe gemacht, den Schülern die Umweltproblematik aufzuzeigen und geeignete Werkzeuge und Kompetenzen zur Verfügung zu stellen, um eben diese Probleme ansatzweise zu lösen. In vielen Lehrplänen für Mensch und Umwelt oder Biologie sind Grobziele verankert, die diesem Umstand Rechnung tragen: z.B. in den Lehrplänen der Kantone Aargau, Zug und Zürich mit den Grobzielen „eigenes Verhalten im Umgang mit der Natur überdenken und verantwortungsbewusstes Handeln entwickeln“ [14], „Pflanzen Tiere und Lebensräume“ [16] und „Einblick in Zusammenhänge gewinnen“ [17]. Die Lehrpläne aus den Kantonen Zug und Zürich haben für diese DA keine Relevanz, da der Unterricht im Kanton Aargau stattfindet. Im Hinblick auf andere Bildungsträger in anderen Kantonen scheint die Erwähnung der Lehrpläne aber sinnvoll.

Die folgende didaktische Analyse beruht auf den Aspekten, wie sie Klafki [15] vorschlägt.

#### 1. Exemplarische Bedeutung

*Welchen grösseren bzw. allgemeinen Sinn- oder Sachzusammenhang vertritt oder erschliesst dieser Inhalt?*

Aquaponic bietet eine Möglichkeit, Ökosysteme und Nahrungsnetze zu thematisieren sowie vernetztes Denken zu trainieren. Anhand dieses Unterrichtsgegenstandes können die Kinder auf naturwissenschaftliche Fragestellungen eingehen. Die Schüler können Erfahrung im wissenschaftlichen Arbeiten sowie mit systemischen Denkprozessen machen.

Das System Aquaponic veranschaulicht die Produktion von Fischen und Pflanzen. Anhand dieses Modells kann der Schüler erste Erfahrungen im Erfassen von Systemen machen. Die zwei ineinander greifenden Systeme Fischproduktion und Pflanzenproduktion sind nicht zu komplex, als dass sie den Schüler überfordern würden.

Der Schüler sollte in der Lage sein, die angewandten Techniken und Werkzeuge auf andere Systeme zu übertragen. Alle Systeme zeichnen sich durch positive und negative Regelkreise, Beziehungen, Schwell- und Grenzwerte und Wachstumskurven aus. Diese Grundlagen erarbeitet sich der Schüler und ist dadurch fähig, auch andere Systeme mit diesen Techniken und Werkzeugen zu untersuchen.

## 2. Gegenwartsbedeutung

*Welche Bedeutung hat der betreffende Inhalt bereits im geistigen Leben der Kinder meiner Klasse, welche Bedeutung sollte er - vom pädagogischen Gesichtspunkt aus gesehen - darin haben?*

Mit der zunehmenden Überfischung der Weltmeere [18] bekommt das Thema einen aktuellen Bezug. Es ist je länger je mehr verpönt, Meerestische zu essen. Mit Aquaponic lassen sich Süßwasserfische nahe am Verbraucher produzieren. Die Nachfrage nach Meerestischen kann so vielleicht reduziert werden.

Ein weiterer Problembereich ist die von Nestléchef Brabeck [19] im Magazin 2007/17 angedeutete politische Spannung, die sich um die Ressource Wasser im Mittleren Osten und anderen Regionen der Welt zeigt. Auch sagt er, dass die Landwirtschaft 93% des gesamten Süßwassers verbrauche. Er postuliert effizientere Methoden für die Nutzung von Wasser in der Landwirtschaft. Hier setzt Aquaponic an, in dem es versucht mit der Ressource Wasser nachhaltig umzugehen. Im Kreislaufsystem wird das Wasser durch die Pflanzen gereinigt und dem System wieder zugeführt. Ein solcher Umgang mit der Ressource Wasser ist nachhaltig. Dies kann bei den Schülern das Verständnis für Kreislaufsysteme vertiefen.

Die Schüler beschäftigen sich wenig mit Systemen, vernetztem Denken und Kreisläufen. Zum größten Teil dominieren lineare Zusammenhänge ihren schulischen Alltag und nicht dynamische Prozesse, Kreisläufe oder Systeme. Trinkt z.B. ein Kind ein Glas Wasser, weiss es durch seine Erfahrung um die Ursache - Wirkungs - Beziehung: Einverleibung von Flüssigkeit erzeugt Wasserlassen. Es sieht diese Beziehung aber kaum als System im Sinne der Entgiftung des Körpers, sondern eher als Kausalzusammenhang, wenn Input, dann Output, also linear.

Vom pädagogischen Gesichtspunkt her betrachtet, ist das Erkennen und Beschreiben von Systemen für die Entwicklung bedeutend. Es gibt im Leben wenige Handlungsoptionen, die linear verlaufen. Vielmehr fügen sie sich in ein System ein und beeinflussen dadurch die Um- und Mitwelt. Oft fällt eine Interaktion in einem System wieder auf einen selbst zurück oder zeigt an einem völlig unerwarteten Ort verheerende Auswirkungen. Es fehlt an Systemwissen, das heisst Wissen über die Art und Weise, wie die Elemente im System zusammenhängen, wie sie sich beeinflussen [20]. Dies geschieht aufgrund mangelnder Analyse der beeinflussten Elemente im System. Das Systemdenken ist jedoch eine wichtige Voraussetzung, um komplexe Problemstellungen zu verstehen und wirksame Lösungsansätze zu kreieren. Es gab schon immer komplexe Probleme, aber besonders für Lösungsansätze der heutigen Umweltprobleme braucht es ein vertieftes Wissen über die Zusammenhänge innerhalb von Systemen. Mit Aquaponic soll die Möglichkeit gegeben werden, dies zu trainieren

### 3. Zukunftsbedeutung

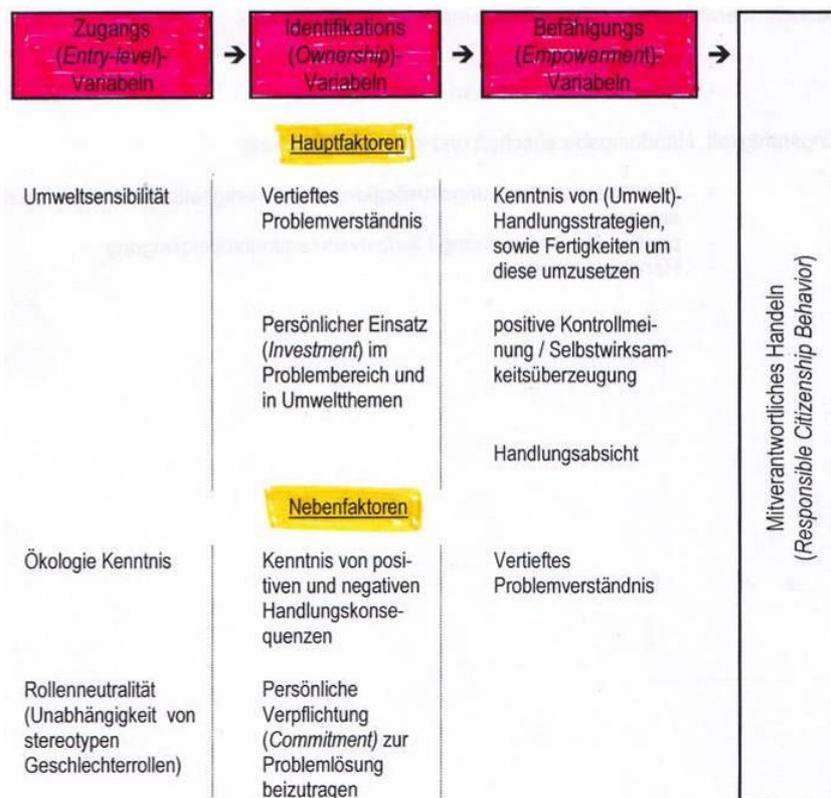
*Worin liegt die Bedeutung des Themas für die Zukunft der Kinder?*

Zukünftig werden Fähigkeiten zur systemischen Betrachtung eines Sachverhaltes von der Gesellschaft vermehrt verlangt werden. Die Menschheit erkennt immer mehr, dass sich die Welt aus Systemen zusammensetzt und Schwierigkeiten sozialer, ökologischer und ökonomischer Art bevorzugt mit einem systemischen Ansatz anzusehen sind. Daher sollen sich die Kinder früh mit solchen Denkmustern vertraut machen und sie üben.

Aquaponic bietet hier eine Trainingsmöglichkeit. Es ist ein künstliches System, welches sehr einem Bach oder Teich gleicht. Die Ähnlichkeiten sind nahe liegend und schnell erfassbar und dennoch ist die Aquaponicanlage nicht dermassen komplex Ausgestaltet wie ein Bach oder ein Teich. So lässt sich das System einfacher begreifen. Die Anlage besteht aus wenigen Systemelementen, die sich mit ein bisschen Übung finden lassen. Der Schüler trainiert so die Analyse eines Systems und sieht, dass viele verschiedene Faktoren erfüllt sein müssen, damit ein System überhaupt funktioniert. Gleichzeitig erkennt er auch, dass das System nicht einwandfrei funktionieren kann, wenn ein Faktor nicht erfüllt ist. Er muss also den einen Faktor finden und manipulieren, damit das Ganze wieder in Schwung kommt.

Hat der Schüler gelernt, wie Systemzusammenhänge erfasst werden können, ist der nächste Schritt, die Erkenntnis in die komplexen Zusammenhänge in der Natur und Gesellschaft zu übertragen. Dabei erkennt und unterscheidet er bestenfalls sinnvolle und unsinnige Verhaltensweisen, die ihm und seiner Mitwelt gemeinsam sind.

Im besten Fall entwickeln die Schüler aus dem Unterrichtsgegenstand Aquaponic eine Sensibilität für die Umwelt. Nach Hungerford und Volk [21] ist Umweltsensibilität die erste Voraussetzung, welche den Schülern, über weitere Zwischenschritte, ein mitverantwortliches Handeln (Responsible Citizenship Behavior) erlaubt.



**Tabelle 3:** Diese Tabelle zeigt die drei Indikatorvariablen (rot) Zugangs-, Identifikations- und Befähigungsvariablen, aufgeschlüsselt nach Haupt- und Nebenfaktoren, für umweltverantwortliches Handeln nach Hungerford und Volk [21]. Es ist ersichtlich, dass Umweltsensibilität der erste Schritt zu Mitverantwortlichem Handeln darstellt. Die Zwischenschritte sind aus der Tabelle zu entnehmen.

#### 4. Struktur des Inhalts

*Welches ist die Struktur des (durch die Fragen 1, 2 und 3 in die spezifisch pädagogische Sicht gerückten) Inhalts?*

Was ist ein System?

Der Begriff System wird durch Anschauungsmaterial und Systemspiele definiert. Die Eigenschaften von offenen und geschlossenen Systemen werden untersucht und nach Erklärungen geforscht. Weiter wird aufgezeigt, dass ein System nie alleine steht, sondern immer mit anderen Systemen gekoppelt, also Vernetzt ist. Jedes offene System kennt ein über- und ein untergeordnetes System. Es gibt also eine Systemhierarchie. Anhand dieser lässt sich die Bedeutung der Funktion des einzelnen Untersystems verstehen.

Beziehungen zwischen Systemelementen

Lineare und exponentielle Wachstumskurven werden anhand von Beispielen aus der Umwelt und Lernspielen anschaulich dargestellt. Hier spielt das Ursache - Wirkungs - Prinzip eine zentrale Rolle. Solange die Effekte linear sind, ist es relativ einfach, das Ursache - Wirkungs - Gefüge aufzuzeigen. Oftmals ist es aber so, dass die Beziehungen in der Natur nicht linear, sondern meistens exponentieller oder logistischer Art sind. Letzteres wird im Unterricht allerdings nicht behandelt. Dörner spricht in seinem Buch „Die Logik des Misslingens“ von der Schwierigkeit, exponentielle Prozesse einzuschätzen [20], da, hat der Prozess erst einmal begonnen, er mit einer sehr grossen Beschleunigung abläuft. In solchen Prozessen ist der Ist - Zustand nicht massgebend, sondern der Aspekt der Zuwachsraten [20].

Manche Prozesse finden erst statt, wenn ein gewisser Grenz- oder Schwellenwert erreicht ist (z.B. überläuft das Glas erst, wenn es voll ist). Anhand von Beispielen (Bogen spannen, Eier in einer Wasserlösung erhitzen) wird dies dargelegt.

Rückwirkungen im System

Positive Rückwirkungen können anhand von Beispielen wie Bevölkerungswachstum, Bankencrash oder Bewegungsarmut anschaulich präsentiert werden. Auch negative Rückwirkungen sind am Beispiel am einfachsten zu erklären. Als Beispiel kann der Nahrungserwerb eines Raubtieres dienen. Negative Rückkoppelungen sind insofern etwas komplizierter, als dass sich die Auswirkungen in jedem Durchgang von fördernd auf mindernd verändern. Dies kann zu Verwirrung bei den Schülern führen.

Selbstregulation

Die Selbstregulation eines Systems ist hauptsächlich durch negative Regelkreise bestimmt. Nur positive Regelkreise lassen ein System explodieren oder sich selbst zerstören. Es ist jedoch so, dass positive Regelkreise die Motoren eines jeden Systems darstellen. Erst wenn die positiven Regelkreise an negative Regelkreise gekoppelt sind, kann sich ein System selbst erhalten.

Vernetzungskreis [23]

Der Vernetzungskreis zeigt auf eine einfache Art auf, wie sich die verschiedenen Elemente im System gegenseitig beeinflussen. Die Schüler brauchen dieses Instrument für die Beschreibung der Beziehungen zwischen den Systemelementen.

Bau und Planung Aquaponic

Mit dem vermittelten Systemwissen gehen die Schüler an die Aufgabe, ein Aquaponicmodell zu entwickeln. In Gruppen untersuchen sie mit dem Vernetzungskreis die Systeme Pflanze und Fisch und versuchen diese zusammenzufügen. Danach planen sie ihr eigenes Modell und halten dies schriftlich fest. Die Pläne können verglichen und verbessert werden und zusammengefügt ergeben sie den Plan, nach dem das Modell aufgebaut wird.

### Beobachtungsprotokoll von Aquaponic

Nachdem das Modell steht und der Kreislauf funktioniert werden verschiedene Indikatoren von Aquaponic (Pflanzenwachstum, pH - Wert, Aktivität der Fische, Wassertemperatur, Wassertrübung, ...) untersucht und überwacht.

### Verständnis Aquaponicmodell

Während dem Monitoring erforschen die Schüler die Funktionsweise ihres Aquaponicmodells. Das Modell wurde nicht aus tieferem Verständnis für die Prozesse innerhalb des Systems Aquaponic erstellt, sondern aus der Betrachtung der Systeme Pflanze und Fisch und deren Koppelung durch das Systemelement Wasser.

Verschiedene Gruppen erarbeiten sich Expertenwissen in den fünf Themengebieten: Wasser, Pflanze, Aquarium, Nitrifizierung und Nahrungskette. Die einzelnen Gruppen entwerfen ein Poster über ihr Themengebiet und vermitteln ihr Wissen mittels Vortrag der ganzen Klasse.

### Abschluss

Zum Schluss werden die Pflanzen geerntet und verspiesen. Je nach Fischart sind auch diese zum Essen geeignet.

## 5. Zugänglichkeit

*Welches sind die besonderen Ereignisse, Situationen, Versuche, in oder an denen die Struktur des jeweiligen Inhalts den Kindern dieser Bildungsstufe, dieser Klasse interessant, fragwürdig, begreiflich, anschaulich, eben zugänglich werden kann?*

- Zucht von Pflanzen und Fischen
- Bau einer Modellanlage
- Modellanlage als Anschauungsmaterial
- Sensibilität für Umweltprobleme wie Wasserknappheit, Überfischung der Meere

### Fazit

Aus den fünf Punkten der Analyse geht hervor, dass der Unterrichtsgegenstand Aquaponic bildungstheoretisch gerechtfertigt ist.

### **2.3.7 Kompetenzprofil**

Im Kompetenzprofil werden die Kompetenzen nach Fachkompetenz, Methodenkompetenz, Selbstkompetenz und Sozialkompetenz aufgelistet, die vom Schüler entwickelt werden sollen.

#### **Fachkompetenz**

- Der Schüler hat Kenntnis über die Eigenschaften von Systemen.
- Der Schüler hat im Speziellen Kenntnis über die verschiedenen Teilsysteme, die in der Aquaponicanlage vorhanden sind, und kann sie erklären.
- Der Schüler kennt den Aquaponickreislauf.
- Der Schüler kann die wichtigen Elemente in einem System feststellen.
- Der Schüler erkennt, dass in der Natur alles in Kreisläufen organisiert ist.
- Der Schüler kann Zusammenhänge in der Natur erkennen.

#### **Methodenkompetenz**

- Der Schüler kann mit Werkzeugen umgehen, die ihm das Verständnis von Systemen erleichtern.
- Der Schüler kann den Aquaponicanlage mit den geeigneten Materialien nachbauen.

#### **Selbstkompetenz**

- Der Schüler kann sein Umweltverhalten reflektieren.
- Der Schüler kann Einstellungen und Wertvorstellungen entwickeln und diese artikulieren.

#### **Sozialkompetenz**

- Der Schüler kann gemeinsam mit anderen Personen übergeordnete Ziele erfolgreich verfolgen.
- Der Schüler kann im Klassenverband über Systeminhalte diskutieren.

#### **Vorausgesetzte Kompetenzen**

- Der Schüler kann seine Gedanken formulieren und im Klassenverband ausdrücken.
- Der Schüler kann ein Probleme analysieren, seine Schlüsse daraus ziehen und wenn nötig Hilfe organisieren.
- Der Schüler kann selbständig arbeiten.

#### **Effektiver Bildungsbedarf**

Der effektive Bildungsbedarf äussert sich darin, dass der Schüler das Wesen von Systemen erfassen soll. Er wird somit befähigt, selbständig über Systeme und deren Elemente zu reflektieren. So soll er erkennen, welche vom Menschen geschaffene Systeme nachhaltig sind und welche nicht.

Für heutige Umweltprobleme ist der Kreislaufgedanke ein zentraler Aspekt. Der Schüler erkennt, dass in der Natur die Abfälle einer Spezies als Ressourcen für eine andere Spezies dienen. Er übernimmt diesen Kreislaufgedanken für künstliche Systeme.

### 2.3.8 Didaktische Prinzipien

Der didaktische Grundsatz für dieses Unterrichtskonzept orientiert sich am Konzept der „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (BnE) von de Haan [11].

De Haan [11] meint dazu, dass BnE speziell dem Gewinn von Gestaltungskompetenz dient. Mit Gestaltungskompetenz wird die Fähigkeit bezeichnet, Wissen über nachhaltige Entwicklung anwenden und Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung erkennen und beheben zu können. Das heisst, aus Gegenwartsanalysen und Zukunftsstudien Schlussfolgerungen über ökologische, ökonomische und soziale Entwicklungen in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit ziehen und darauf basierende Entscheidungen treffen, verstehen und individuell, gemeinschaftlich und politisch umsetzen zu können, mit denen sich nachhaltige Entwicklungsprozesse verwirklichen lassen.

Die Gestaltungskompetenz selber gliedert de Haan [11] in zehn weitere Teilkompetenzen:

1. Weltoffen und neue Perspektiven integrierend Wissen aufbauen.
2. Vorausschauend denken und handeln.
3. Interdisziplinär Erkenntnisse gewinnen und handeln.
4. Gemeinsam mit anderen planen und handeln können.
5. An Entscheidungsprozessen partizipieren können.
6. Andere motivieren können, aktiv zu werden.
7. Die eigenen Leitbilder und die anderer reflektieren können.
8. Selbstständig planen und handeln können.
9. Empathie und Solidarität für Benachteiligte zeigen können.
10. Sich motivieren können, aktiv zu werden.

Vor allem Punkt Nummer 3 der Teilkompetenzen der Gestaltungskompetenz legitimiert das Training von systemischem Denken. Der Schüler gelangt durch systemisches Denken zu Einsichten in die Multiperspektivität der vorhandenen Probleme und realisiert die Komplexität ihrer Bearbeitung.

### Steuerung des Lernprozesses

Der Lernprozess soll zielorientiert sein. Der Lehrer gestaltet den Unterricht so, dass die Schüler die Lernziele erreichen können. Dies ist insofern wichtig, als dass es zum Schluss eine Benotung der Zielerreichung gibt. Der Kanton schreibt eine Benotung der Zielerfüllung vor. Der Lehrer muss demnach überprüfen können, was die Schüler beherrschen und dies bewerten.

Die Verantwortung der Zielerreichung liegt beim Schüler. Er muss in Prüfungen beweisen, dass er den Inhalt des Unterrichtes verstanden hat und anwenden kann.

### Inhaltsauswahl

Die Aquaponicanlage als Bildungsgegenstand ist durch die Fragestellung der Diplomarbeit vorgegeben. Die verschiedenen Teilsysteme von Aquaponic sind bekannt. Dadurch eignet sich diese Anlage besonders für das Training der Systemanalyse und dem vernetzten Denken.

Die Inhaltsauswahl geschieht exemplarisch. Eine vollständige Abdeckung des Unterrichtsgegenstandes ist in der vorgegebenen Zeit nicht möglich.

## **Inhaltserschliessung**

Der Inhalt wird problemorientiert und fachsystematisch erschlossen. Die Schüler werden einerseits vor verschiedene Teilprobleme gestellt, zu denen sie eine Lösung suchen müssen. Andererseits passiert die Vermittlung der Kenntnisse und Werkzeuge, die zur Lösung der Teilprobleme wichtig sind, zirkulär aufbauend.

Den Schülern stellt sich die Frage, wie sie zwei verschiedene Systeme miteinander verbinden können, um so einen Mehrgewinn daraus zu generieren. Dazu benötigen sie Fachwissen und Werkzeuge, die ihnen die Aufschlüsselung der Frage und der Systeme in ihre Einzelteile ermöglichen.

## **Lernhandlung**

Die Lernhandlung ist handlungsorientiert. Die Schüler werden selber aktiv und suchen nach Lösungsansätzen. Sie überprüfen diese immer wieder und kommen so zum Schluss zur Lösung des Problems. Dies fördert das selbständige Denken und Handeln.

## **Verschränkung mit der Praxis**

Im Unterricht ist ein praxisbegleitender Teil vorhanden. Die Schüler können durch ihn ihre Lösungsansätze überprüfen und verbessern.

## **Kommunikation / soziales Lernen**

Der Unterricht gestaltet sich in einer kooperativen Form. Es gibt eine flache Hierarchie, die es ermöglicht, eigene Ideen in den Unterricht einzubringen.

### 2.3.9 Grobziele

Die Grobziele sind in die vier Teilkompetenzen A Fachkompetenz, B Methodenkompetenz, C Selbstkompetenz und D Sozialkompetenz eingeteilt.

A Fachkompetenz	Inhalt
A1 Ich kenne die Eigenschaften von Systemen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Eigenschaften von Systemen werden nach dem Systemverständnis von F. Vester [10] eingeführt.</li> </ul>
A2 Ich wende meine Systemkenntnisse auf ein System an.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ein natürliches oder künstliches System (Wasserkreislauf, Kreislauf der Gesteine, ein Baum, Verkehr, Mobile, Produzenten - Konsumenten - Destruenten, ...) beschreiben und die wichtigen Elemente festhalten.</li> <li>- Mit Vernetzungskreis arbeiten.</li> <li>- Präsentation</li> </ul>
A3 Ich erkenne, dass fast alles in unserer Welt vernetzt und voneinander abhängig ist.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbindung zwischen verschiedenen Systemen suchen.</li> <li>- Stoffkreisläufe erläutern, z.B. Alteisen, Glas, Papier, ...</li> <li>- Mit Vernetzungskreis arbeiten</li> </ul>
A4 Ich kenne die Teilsysteme von Aquaponic und kann das ganze System erklären.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Systeme Fisch, Pflanze und Aquarium den Schülern zugänglich machen.</li> <li>- Die Funktionsweise des Biofilters (Nitrifikation) transparent machen</li> <li>- Input – Output – Grössen im System Aquaponic anschauen und begreifen.</li> <li>- Wirkungsgefüge des Systems herstellen</li> </ul>

B Methodenkompetez	Inhalt
B1 Ich kann das Hilfsmittel Vernetzungskreis anwenden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mit Beispielen am Werkzeug Vernetzungskreis üben.</li> <li>- Verschiedene Systeme mit dem Vernetzungskreis aufschlüsseln.</li> <li>- Das Erkennen von Systemelementen trainieren.</li> </ul>
B2 Ich kann eine Planzeichnung von Aquaponic erstellen und erklären, wie ich System aufbauen würde.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problemstellung: Fisch- und Pflanzenproduktion hat zu viel Wasserverbrauch. Lösung? (Art von Problembasiertem Lernen)</li> <li>- Anwenden von Vernetzungskreis und Systemwissen.</li> <li>- Hilfestellung durch den Lehrer</li> <li>- Gruppenarbeit</li> </ul>
B3 Ich kann ein Wirkungsgefüge aufzeichnen und erklären.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Überblick über ein System gewinnen</li> <li>- Systemelemente sortieren und untereinander in Beziehung bringen.</li> <li>- Einflussgrößen bestimmen</li> <li>- Beziehungen erklären</li> </ul>
B4 Ich kann verschiedene Parameter von Aquaponic in einem Protokoll festhalten.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Aquaponicanlage wird von den Sch. beobachtet und die Beobachtungen werden in ein Protokoll eingetragen.</li> </ul>

C Selbstkompetenz	Inhalt
C1 Ich entwickle meine eigene Einstellung und Wertvorstellung im Bezug auf den Umgang mit natürlichen Ressourcen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Natur schätzen lernen und verstehen, dass die meisten Ressourcen endlich sind. Daraus soll der Sch. sein Verhalten gegenüber von Ressourcen ableiten.</li> </ul>
C2 Ich versuche mich in Diskussionen einzubringen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Systemelemente sind nicht von vornherein definiert. Sie müssen in der Gruppe besprochen werden, damit jeder versteht, was unter einem bestimmten Systemelement gemeint ist.</li> </ul>

D Sozialkompetenz	Inhalt
D1 Ich arbeite mit Klassenkameraden in einer Gruppe zusammen. Gemeinsam finden wir eine Lösung für die gestellten Probleme.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es gibt Zufallsgruppen. In diesen bearbeiten die Schüler eine Problemstellung und kommen gemeinsam zu einer Lösung.</li> <li>- Die Gruppen können immer wieder gewechselt werden, so dass die Sch. immer wieder mit anderen Gruppenmitgliedern zu tun haben.</li> </ul>
D2 In der Gruppen kann ich in Diskussionen meinen Standpunkt darlegen und ihn Begründen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Systemelemente sind nicht klar definiert und erhalten durch die Diskussion in der Gruppe ihre Definition.</li> <li>- Beziehungen unter Systemelementen werden diskutiert und nach ihrer Richtigkeit überprüft.</li> </ul>

### 2.3.10 Sequenzierung

Für das Bildungsangebot stehen ungefähr 20 Lektionen zur Verfügung. In diesen Lektionen ist auch die Prüfung enthalten.

#### Grafische Darstellung der Sequenzierung:

Ein Feld entspricht einer Lektion. Abkürzungen: UE - Unterrichtseinheit, P - Prüfung. Der Eintrittstest entspricht der Unterrichtseinheit 1, der Austrittstest der Unterrichtseinheit 8.

UE1	UE2		UE3	UE4	UE5 und 6						P	UE8	UE9						

Im Kapitel 3.1 Grobplanung ist die Sequenzierung weiter aufgeschlüsselt.

### 2.3.11 Lerngefäße

Es stehen nur Lektionen als Lerngefäße zur Verfügung. Der Lerninhalt muss demnach diesem Umstand angepasst werden.

### 2.3.12 Lehr – und Lernarrangements

#### Aquariumheft

Die Schüler führen ein Aquariumheft. In dieses Heft schreiben sie die Beobachtungen und Unterhaltsarbeiten an ihrer Aquaponicanlage auf. So kann gewährleistet werden, dass die Informationen klassenübergreifend ausgetauscht werden kann.

#### Beobachtungsprotokoll Aquaponic

Die Schüler führen ein Beobachtungsprotokoll. Sie protokollieren die Temperatur, die Wasserverdunstung, den Zuwachs der Pflanzen und der Fische, die Trübung des Wassers, das Verhalten der Fische und die Dauer der Beleuchtung.

### **Vortrag**

Die Schüler präsentieren ihr erarbeitetes Wissen in der Form eines Vortrags.

### **Theorieinput**

Die Schüler erhalten vom Lehrer einen theoretischen Input über den zu behandelnden Stoff und dokumentieren dies in ihrem Heft.

### **Selbststudium**

Die Schüler studieren die Unterrichtsunterlagen.

### **Gruppenarbeit**

Die Schüler untersuchen in der Gruppe ihr System. Sie suchen nach Systemelementen und Rückkopplungsschleifen und stellen das System Aquaponic in einem Wirkungsgefüge dar.

### 3 Unterrichtsplanung

Die Unterrichtsplanung teilt sich in zwei Kapitel auf. Im ersten Kapitel wird die Grobplanung dargestellt, im zweiten Kapitel wird die Grobplanung verfeinert und geht in die Feinplanung über. In der Feinplanung werden zu den einzelnen Schritten jeweils die Feinziele erwähnt.

#### 3.1 Grobplanung

UE	Methode	Schwerpunkt	Inhalt	Ablauf	Grobziele
1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissensabfrage in Testformat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontrolle Systemwissen zu Evaluationszweck</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Eintrittstest</b></li> <li>- Frage: Welchen Grund hat der Bauer den Mist und die Gülle auf die Felder zu bringen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erklärung wozu der Eintrittstest dient</li> <li>- Sch. erhalten Eintrittstest</li> <li>- 20' Zeit, um den Test auszufüllen</li> <li>- Test einsammeln und auswerten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Festhalten des Wissensstandes der Sch.</li> <li>- Erster Referenzwert für Evaluation der DA</li> </ul>
2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lehrvortrag,</li> <li>- Suchauftrag</li> <li>- Ordnen von Bildern</li> <li>- Präsentation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Systemdefinition</li> <li>- Systemeigenschaften</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Was ist ein System? [10] (Vester)</li> <li>- =&gt; System – „Nichtsystem“, Systemvernetzung, Systemhierarchie, Systemgrenze</li> <li>- Suchauftrag für System – „Nichtsystem“</li> <li>- Beziehungen: linear, nicht linear</li> <li>- exponentielles Wachstum</li> <li>- Grenz- und Schwellenwerte</li> <li>- Spiel Ökonetz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Systemdefinition nach Vester [10]</li> <li>- Systembegriff anhand von Bildern einführen</li> <li>- Künstliche Systeme – natürliche Systeme</li> <li>- Eigenschaften eines Systems: Systemvernetzung, Systemhierarchie, Systemgrenze</li> <li>- Suchauftrag: Systeme in der Umgebung der Schule suchen und beschreiben, Vernetzung untereinander aufzeigen</li> <li>- Wachstum im System</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A1</li> <li>- A2</li> </ul>
3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lehrgespräch</li> <li>- Schülerauftrag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vernetzungskreis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vernetzungskreis kennen lernen</li> <li>- Vernetzungskreis an einem Beispiel anwenden</li> <li>- Training der Systemgrundlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung Vernetzungskreis</li> <li>- Text austeilen</li> <li>- Anhand des Textes einen Vernetzungskreis zeichnen</li> <li>- Korrektur des Vernetzungskreises</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A3</li> <li>- B1</li> </ul>

UE	Methode	Schwerpunkt	Inhalt	Ablauf	Grobziele
4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploratives Lernen</li> <li>- Präsentation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planung und Konstruktion Aquaponic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pläne zeichnen</li> <li>- Systemuntersuchung von Fisch und Pflanze, grob</li> <li>- Konstruktion Aquaponic</li> <li>- Einfahren der Anlage</li> <li>- Besatzung mit Pflanzen</li> <li>- Untersuchung zur Pumpe, Wassertemperatur, Menge des Wassers im Aquarium, ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Klären wie man Pflanzen und Fisch zusammenfügen kann</li> <li>- Aquaponic planen</li> <li>- Pläne vergleichen</li> <li>- Pläne verbessern</li> <li>- Pläne umsetzen</li> </ul> <p>Immer eine Gruppe pro Klasse betreut ein Aquarium. 6 Gruppen!</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- B2</li> <li>- C1</li> </ul>
5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problembasiertes Lernen, PBL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Untersuchung natürliche Systeme</li> <li>- Systeme Fisch, Pflanzen, Wasser, Aquarium, Boden...</li> <li>- Wie funktioniert diese Anlage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vernetztes Denken an natürlichen Systemen üben</li> <li>- Systemelemente suchen und beschreiben</li> <li>- Systemelemente vernetzen</li> <li>- Präsentation des Wissens durch Expertengespräche, Vortrag, Poster gestalten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material für die verschiedenen Themen bereitstellen</li> <li>- Gruppeneinteilung</li> <li>- Systemelemente suchen</li> <li>- Systemelemente beschreiben</li> <li>- Beschäftigung mit dem Material</li> <li>- Synthese</li> <li>- Wichtigstes kurz zusammenfassen</li> <li>- PBL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A1</li> <li>- A3</li> <li>- A4</li> <li>- D1</li> </ul>
6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploratives Lernen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beobachtungen am Modell</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beobachtungen von Fisch und Pflanzen</li> <li>- Messen des Pflanzenwachstums</li> <li>- Beobachtung der Fische auf Aktivität</li> <li>- Trübung Wasser protokollieren</li> <li>- Temperatur Wasser protokollieren</li> <li>- pH Wasser protokollieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protokoll als AB</li> <li>- Beobachtungsaufgabe über eine Woche</li> <li>- Passiert parallel zu Unterrichtseinheit 5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- B4</li> <li>- C1</li> </ul>
7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Präsentation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Präsentation Systemuntersuchung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wirkungsgefüge Aquaponic aufzeichnen und präsentieren</li> <li>- Systemelemente: Fisch, Pflanzen, Wasser, Aquarium, Substrat, Dünger, ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfluss der Systemelemente aufeinander in der Gruppe diskutieren</li> <li>- Systemelemente auf grosses Blatt schreiben und mit Pfeilen den Einflüssen angeben (Wirkungsgefüge)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- B3</li> <li>- C2</li> <li>- D1</li> <li>- D2</li> </ul>

UE	Methode	Schwerpunkt	Inhalt	Ablauf	Grobziele
8)	- Wissensabfrage in Testformat	- Kontrolle Systemwissen zu Evaluationszweck	- <b>Austrittstest</b> - Frage: Welchen Grund hat der Bauer den Mist und die Gülle auf die Felder zu bringen.	- Erklärung wozu der Austrittstest dient - Sch. erhalten Austrittstest	- Festhalten des Wissensstandes der Sch. für Evaluation der DA - Schöner Abschluss
9)	- Party	- Pflanzen und Fische ernten und essen	- Tomaten und Mozzarella mit Basilikum		

### 3.2 Feinplanung

#### 3.2.1 Unterrichtseinheit 1, Einstieg

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
<p><b>1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung „Aquaponic im Unterricht“</li> <li>- Ziel des Unterrichts be- kannen geben</li> <li>- Lehrervortrag</li> <li>- Hefte verteilen mit Titel Systemforscher</li> </ul>	<p>Plenum</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vermitteln der Tätigkeit der nächsten 10 Schulwochen</li> <li>- Die nächsten 10 Wochen werden wir uns mit Systemen und Nichtsystemen, Regelkreisen, Rückkopplungen, lineare und exponentielle Beziehungen und vernetztem Denken beschäftigen. Dieses Systemdenken wollen wir praktisch anwenden und uns ein bestimmtes System im Schulzimmer aufbauen. Um eben dieses System zu begreifen, brauchen wir zuerst die Grundlagen, das Systemwissen.</li> <li>- Ringhefte verteilen und Titel gestalten.</li> <li>- Um den Unterricht zu überprüfen und den Lernfortschritt zu messen, gibt es einen Eintrittstest.</li> <li>- <b>Ziele:</b> Ich mache im vernetzten Denken einen Lernfortschritt. Ich kenne die Aquaponicanlage und kann sie nachbauen. Ich kann das erworbene Systemwissen in der Umwelt anwenden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wandtafel</li> </ul>
<p><b>2)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Kontrolltest</b> Systemwissen zu Evaluationszweck</li> </ul>	<p>Einzelarbeit</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Welchen Grund hat der Bauer, den Mist und die Gülle auf das Feld zu bringen?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AB U1 Eintrittstest</li> <li>- Klassenzimmer</li> </ul>
<p><b>3)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Titel</b> schreiben</li> </ul>	<p>Einzelarbeit</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Titel Aquaponic, Bild von Fisch und Pflanze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AB U1 Titelblatt Fisch und Pflanze</li> </ul>

### 3.2.2 Unterrichtseinheit 2, Systemwissen

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
<p>1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung System</li> <li>- PPP Vorführung</li> </ul>	<p>Plenum</p>	<p><b>Was ist ein System?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anhand von Beispielen das Wesen eines Systems herausarbeiten.</li> <li>Beispielbilder: Sandhaufen (Nichtsystem), Blume (System), Müll (Nichtsystem), Fabrik (künstliches System), Müllkippe (Nichtsystem), Atom (sich selbst erhaltendes, dynamisches System).</li> <li>- Systeme bestehen aus verschiedenen Teilen, die untereinander vernetzt strukturiert und organisiert sind.</li> </ul> <p>- Ziel: Ich kenne den Begriff System und den Begriff Nichtsystem</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- U2 PPP Systemeinführung</li> <li>- Eintrag ins Heft später</li> </ul>
<p>2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition des Begriffes System</li> <li>- Titel: das System</li> <li>- Text von der Wandtafel, Hellraumprojektor ins Heft übernehmen</li> </ul>	<p>Plenum</p>	<p><b>Das System</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Text: Ein System ist aus verschiedenen Teilen aufgebaut. Diese Einzelteile liegen aber nicht wahllos nebeneinander, sondern sie sind untereinander organisiert und vernetzt. Somit verhält sich ein System völlig anders, als seine Einzelteile es tun würden. <b>Ein System ist demnach mehr, als die Summe seiner Teile!</b> Die Teile organisieren sich zu einem neuen Ganzen mit neuer Funktion. Es gibt natürliche und künstliche Systeme. Künstliche Systeme sind von Menschen hergestellt. Ein System hat folgende Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es ist aus einzelnen Teilen zusammengebaut.</li> <li>- Die einzelnen Teile sind vernetzt strukturiert und organisiert. Zwischen ihnen besteht eine Wechselwirkung.</li> <li>- Systeme sind ineinander verschachtelt. Ein System fügt sich also in einen grösseren Kontext, ein grösseres System ein.</li> </ul> </li> </ul> <p>- Ziel: Ich kann den Begriff System erklären</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wandtafeltext, Hellraumprojektor</li> <li>- AB U2 Text System</li> </ul>

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
<p><b>3)</b></p> <p>- <b>Zusammenfassung:</b> Was ist ein System, was ein „Nichtsystem“</p>	Plenum	<p><b>System – „Nichtsystem“</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ein System besteht aus verschiedenen Teilen die untereinander organisiert und vernetzt sind.</li> <li>- Ein „Nichtsystem“ besteht aus einer Ansammlung von verschiedenen Teilen die weder organisiert noch vernetzt sind.</li> </ul>	
<p><b>4)</b></p> <p>- <b>Auftrag:</b> Zu Zweit in der Umgebung des Schulhauses nach Systemen suchen und sie aufzeichnen und beschreiben.</p>	Kleingruppen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Ziel:</b> Ich repetiere die Begriffe System und Nichtsystem</li> <li>- Suche nach drei Systemen in der gewohnten Umwelt</li> <li>- Beschreiben und zeichnen der Systeme ins Heft</li> <li>- Erkennen von Systemen in der Umwelt: z.B.: Auto, Schulhaus, Mensch, Pflanzen, Buslinie, ...</li> <li>- <b>Ziel:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ich erkenne Systeme in der Umwelt.</li> <li>- Ich suche und finde in der Umwelt drei sich unterscheidende Systeme.</li> </ul> </li> <li>- Austausch der gesammelten Daten in der Klasse</li> <li>- Vortrag über die gefundenen Systeme, Redezeit 2'</li> <li>- <b>Ziel:</b> Ich teile meine in der Umwelt betrachteten Systeme der Klasse mit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heft und Stift für das Zeichnen und für die Beschreibung der Systeme</li> </ul>
<p><b>5)</b></p> <p>- <b>Auswerten der</b> beschriebenen Systeme</p>	Plenum	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Systemhierarchie</b></li> <li>- Systemelement Mücke: Selber ein System, gehört auch ins System der Mücken (Fortpflanzung), Fische, Vögel und Insekten (Nahrung), Malaria (Krankheitsüberträger), Menschen oder Säugetiere (Parasit).</li> <li>- <b>Text:</b> Jedes System hat ein übergeordnetes System, dem es sich unterordnet. Es ist somit Teil dieses übergeordneten Systems. Systeme sind also ineinander verschachtelt.</li> <li>- <b>Ziel:</b> Ich erkenne, dass Systeme hierarchisch gegliedert sind und kann die verschiedenen hierarchischen Stufen einordnen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zeichnung ins Heft</li> <li>- Input U2 Mücke Systemdarstellung</li> <li>- AB U2 Text Systemhierarchie</li> </ul>
<p><b>6)</b></p> <p>- <b>Definition</b> Systemhierarchie</p> <p>- Titel Systemhierarchie</p> <p>- Zeichnung an WT mit Thematik Mücke</p> <p>- Zeichnung ins Heft mit Thematik Mücke als System und ihre Aufgabe in anderen Systemen, Vorlage AB U2 Systemdarstellung Mücke</p>	Plenum		

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
<p>7)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition Systemgrenze</li> <li>- Titel Systemgrenze</li> <li>- Systemgrenze in Bild (Punkt 8) von Mücke eintragen.</li> </ul>	<p>Plenum</p>	<p><b>Systemgrenze</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Text:</b> Um eine Mücke als Mücke zu betrachten, ist es nicht nötig, alle ihre Interaktionen mit anderen Lebewesen ebenfalls in die Betrachtung mit einzubeziehen. Die Grenze der Betrachtung, also die Systemgrenze, kann der Körper der Mücke sein. Systemgrenzen sind willkürlich, also vom Menschen angelegt und haben wenig mit einem System zu tun. Sie begrenzen die Aufmerksamkeit für den zu untersuchenden Gegenstand.</li> <li>- <b>Ziel:</b> Ich kann die Systemgrenze ziehen und kann die Gründe aufführen, wieso ich die Systemgrenze so gezogen habe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Text ins Heft</li> <li>- AB U2 Text Mücke</li> </ul>
<p>8)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Auftrag</b> Betrachtung der Klasse</li> </ul>	<p>Einzelarbeit</p>	<p><b>Übung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betrachtung der Klasse. Die Systemgrenze zeigt auf, wo die Klasse aufhört. Man kann sich die Frage stellen, wer alles gehört zur Klasse.</li> <li>- <b>Anleitung auf dem AB U2 Betrachtung der Klasse:</b> Überlege dir, welche der unten aufgeführten Wörter Teil deiner Klasse sind. Markiere sie erst einmal mit Bleistift. Grenze nun die gefundenen Wörter durch das Ziehen eines Kreises von den anderen Wörtern ab. Alle markierten Wörter sollen im Kreis enthalten sein. Den Kreis, den du nun gezogen hast, nennst man Systemgrenze. Alle diese Wörter im Kreis gehören zu dem Begriff „Meine Klasse“. Schreibe die Systemgrenze mit „Meine Klasse“ an.</li> <li>- <b>Ziel:</b> Ich übe an einem Beispiel die Systemgrenze zu ziehen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AB U2 Betrachtung der Klasse</li> </ul>

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
<p>9)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Theorieinput Systemvernetzung</li> <li>- Titel Vernetzung von Systemen</li> <li>- Text ins Heft</li> </ul>	<p>Plenum</p>	<p><b>Systemvernetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Text:</b> Es gibt keine abgeschlossenen Systeme: In der Realität sind alle Systeme offen – mit anderen vernetzt. Geschlossene Systeme gibt es nur in der Theorie, da sich mit ihnen besser rechnen lässt. Ein System, das lebt, ist immer dynamisch, immer fließend. Aus ihnen strömt etwas hinaus – in sie strömt etwas hinein.</li> <li>- <b>Spiel:</b> [22] Das Netz wird aufgebaut. Jede Person denkt sich eine Rolle als Teil der Natur aus, z.B.: „Ich bin ein Fuchs, ich eine Waldmaus, ich eine Himbeere, ich eine Buche, ich die Sonne, ich eine Kohlmeise, ich ein Waldbach... usw.“ Sobald das Netz steht, hat jede Person die Möglichkeit, aufgrund eines Impulses aus dem Netz auszusteigen, z.B.: „Ich bin die Waldmaus und soeben hat mich der Fuchs gefressen“, oder „Ich bin die Buche und ein großer Sturm hat mich umgeworfen“ usw.</li> <li>- Durch die fehlende Verankerung der Schnur am Platz des ausgefallenen Gruppenmitgliedes ist das Netz nicht mehr gespannt. Die übrig gebliebenen Personen müssen nun versuchen, die Spannung im Netz wieder herzustellen, indem sie so weit wie nötig die ursprüngliche Kreisform verlassen. Das Netz nimmt durch die verschiedenen Aufgangaktionen immer neue Formen an.</li> <li>- Es ist auch möglich, wieder in das Netz einzutreten („Der Wind hat sich gelegt und aus der alten Buche wächst eine neue“, ...) und einfach irgendwo an der Schnur zu ziehen. Auch diese Aktion führt zu einer Veränderung des ganzen Netzes, da ja immer etwa die gleiche Spannung auf der Schnur angelegt sein soll. Dies führt tendenziell eher wieder zu einer kreisförmigen Netzstruktur.</li> <li>- Diskutiert anschließend miteinander die im Netz beobachteten Vorgänge und stellt Verbindungen zu den Vorgängen in der Natur an.</li> </ul> <p>- <b>Ziel:</b> Ich weiss, dass Systeme untereinander vernetzt sind.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AB U2 Text Systemvernetzung</li> <li>- Spiel Ökonetz [22]</li> <li>- Material: Schnur</li> </ul>

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
<p>10)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Auftrag:</b> Die oben unter Punkt 4 beschriebenen Systeme in einen globalen Kontext setzen.</li> <li>- <b>Frage</b> ins Heft notieren</li> <li>- Lösung als Zeichnung und Text</li> </ul>	<p>Kleingruppen</p>	<p><b>Systemvernetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Frage:</b> Das grösste System der Erde ist das System Erde selber. Wie stehen die beschriebenen Systeme der Umgebung mit dem System Erde in Verbindung?</li> <li>- Beschreibung System Erde mit ihren unter Punkt 8 gefundenen Untertemen anhand einer Skizze.</li> <li>- <b>Ziel:</b> Ich kann ein ausgewähltes System mit seinen in der Hierarchie höheren und tieferen Systemen vernetzen.</li> </ul>	<p>- Heft</p>
<p>11)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Definition</b> positive Rückkoppelung, anhand der Systemvernetzung</li> <li>- Aufschaukeln am Beispiel der Bevölkerungsexplosion ins Heft</li> <li>- Abschaukeln am Beispiel der Muskelschlaffung bei Bewegungsmangel ins Heft</li> </ul>	<p>Plenum</p>	<p><b>Positive Rückkoppelung, positive Rückwirkung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Positive Rückkoppelungen entstehen, wenn Wirkung und Rückwirkung sich gegenseitig verstärken, also gleichgerichtet sind. Positive Rückkoppelung ist nötig, um in Systemen Dinge zum Laufen zu bringen. Sie muss jedoch immer einer übergeordneten Regulation (negative Rückkoppelung) gehorchen. Tut sie dies nicht, so können wahre Teufelskreise entstehen, die nicht mehr unter Kontrolle zu bringen sind.</li> <li>- Bevölkerungsexplosion als Aufschaukeln</li> <li>- Bewegungsarmut – Muskelschwäche als Abschaukeln</li> <li>- Weiteres Beispiel Abschaukeln: Einen Crash einer Bank ist auch ein gutes Beispiel für das Abschaukeln. (Angekratztes Vertrauen =&gt; Kunden ziehen Geld ab =&gt; weniger flüssige Mittel =&gt; Vertrauensschwund =&gt; Kunden ziehen ihr Geld ab =&gt; Run auf die Kasse, Schlangenstehen um Geld abzuheben =&gt; Bank macht Pleite, bevor sie genügend Mittel flüssig machen konnte =&gt; Auswirkungen auf Firmen =&gt; Auswirkungen auf Arbeitsplätze)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bild (Aufschaukeln) und Graph der Bevölkerungsexplosion an WT</li> <li>- Bild (Abschaukeln) und Regelkreis der Bewegungsarmut</li> <li>- Muskelschwund an die WT</li> <li>- AB U2 Aufschaukeln</li> <li>- AB U2 Abschaukeln</li> <li>- AB U2 Positive Rückkoppelung</li> </ul>

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
<p>12)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Definition</b> negative Rückkoppelung</li> <li>- Zeichnung an WT mit negativer Rückkoppelung, siehe AB negative Rückkoppelung, ins Heft übernehmen</li> <li>- Text ins Heft übernehmen</li> </ul>	<p>Plenum</p>	<p>- <b>Ziel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Ich kann anhand eines Beispiels die Aufschaukelnde Wirkung von positiven Rückkoppelungen aufzeigen.</li> <li>-Ich kann anhand eines Beispiels die Abschaukelnde Wirkung von positiven Rückkoppelungen aufzeigen.</li> <li>-Ich weiss, dass es zwei positive Rückkoppelungen gibt: ein Aufschaukeln und ein Abschaukeln.</li> </ul> <p><b>Negative Rückkoppelung, negative Rückwirkung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die negative Rückkoppelung ist eine der wichtigsten Eigenschaften, mit denen sich natürliche Systeme trotz positiver Rückkoppelung am Leben erhalten. Eine negative Rückkoppelung ist eine dem Ziel entgegen gerichtete Wirkung. Sie schwächt die positive Rückkoppelung ab.</li> <li>- Zeichnung negative Rückkoppelung</li> <li>- <b>Text für Zeichnung:</b> Eine solche negative Rückwirkung ist das Grundprinzip aller Regelkreise, mit dem sich Systeme in einem stabilen Gleichgewicht (ökologisches Gleichgewicht) halten. Anders als bei positiven Rückwirkungen verstärkt sich hier nicht Ursache und Wirkung gegenseitig, sondern die Wirkung hemmt wieder die Ursache.</li> </ul> <p>- <b>Ziel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Ich kann ein Beispiel für eine negative Rückkoppelung zeichnen und beschreiben.</li> <li>-Ich erkenne, dass negative Rückkoppelungen für ein System wichtig sind und kann die Gründe dafür nennen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AB U2 Negative Rückkoppelung System</li> <li>- AB U2 Text Negative Rückkoppelung</li> </ul>

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
<p>13) - Zusammenfassung Rückkoppelungskreise</p>	<p>Plenum</p>	<p><b>Rückkoppelungskreise</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rückkoppelungskreise können positiv oder negativ sein (siehe Punkt 14 und 15). Sobald in einem Rückkoppelungskreis eine ungerade Anzahl negativer Rückwirkungen vorhanden sind, kann man von einem negativen Rückkoppelungskreis sprechen. Er hat eine abschaukelnde Wirkung. Bei einer geraden Zahl von negativen Rückkoppelungen hat der Rückkoppelungskreis eine positive, also aufschaukelnde Wirkung.</li> <li>- <b>Ziel:</b> Aus einem Wirkungsnetz kann ich die zwei verschiedenen Arten von Rückkoppelungskreise erkennen und markieren.</li> </ul>	
<p>14) - Regelkreis mit Hilfestellung erstellen - Text ins Heft</p>		<p><b>Wirkungsnetze</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- AB Wolf, Hase und Pflanze</li> <li>- Rückkoppelungskreise benennen</li> <li>- <b>Text:</b> Solche Wirkungsnetze spielen im Zusammenleben aller Tier- und Pflanzenarten eine grosse Rolle. In Gegenden wo Pflanzen spärlich wachsen, schützen die Wölfe letzten Endes auch die Hasen vor dem Aussterben, weil sie die deren Vermehrungsrate klein halten und dadurch eine Hungerkatastrophe verhindern. Aus dem Schema ergibt sich: je mehr Wölfe, umso weniger Hasen, umso mehr Pflanzennahrung für die verbleibenden Hasen. Dieses Gleichgewicht wird zwar immer wieder durch Wachstum und Fortpflanzung gestört, was aber durch die vernetzten Regelkreise wieder abgefangen wird. Dies bezeichnet man als „ökologisches Gleichgewicht“.</li> <li>- <b>Ziel:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ich übe den Umgang mit Rückkoppelungen und Rückkoppelungskreisen.</li> <li>- Ich kann ein angefangenes Wirkungsnetz vervollständigen.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AB Wolf, Hase und Pflanze</li> <li>- AB Text Wolf, Hase und Pflanze</li> </ul>

### 3.2.3 Unterrichtseinheit 3, Vernetzungskreis

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt Fragestellung, Erkenntnisgewinn	Material, Diverses
1) - Vernetzungskreis einführen	Plenum	<p><b>Vernetzungskreis [23]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Frage:</b> Wie kann eine Skizze von einem komplexen System am einfachsten dargestellt werden?</li> <li>- Der Vernetzungskreis ist ein Denkwerkzeug, um zu verstehen, wie ein System funktioniert [23]. Durch den Vernetzungskreis werden verschiedene mögliche Verbindungen eines Systems sichtbar gemacht. Die Komplexität in einem System wird dadurch, dass sie durchschaubar gemacht wird, auch vereinfacht. Es wird besser ersichtlich, was sich verändert und zwischen welchen Elementen eine Verbindung oder gar eine Rückkopplung besteht.</li> </ul>	- Input U3 Vernetzungskreis PDF
2) - Vernetzungskreis kennen lernen	Plenum	<p><b>Regeln Vernetzungskreis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nimm Elemente, die alle drei der folgenden Kriterien erfüllen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Sie sind wichtig für die Veränderung</li> <li>-Es sind Nomen oder Nomensätze</li> <li>-Sie werden grösser oder kleiner / mehr oder weniger / nehmen zu oder ab</li> </ul> </li> <li>- Schreibe diese Elemente um einen Kreis herum. Nimm nicht mehr als 5 – 10.</li> <li>- Finde die Elemente auf dem Kreis, die bewirken, dass etwas anderes grösser oder kleiner / mehr oder weniger wird / zu- oder abnimmt.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Zeichne einen Pfeil von der Ursache zur Wirkung.</li> <li>-Die Verbindung zwischen den beiden Elementen muss direkt sein.</li> </ul> </li> <li>- Schau nach Rückkopplungsschleifen aus, bei denen der Pfeil wieder zum Ausgangselement zurückführt.</li> </ul> <p><b>- Ziel:</b> Ich kenne die Regeln zur Erstellung eines Vernetzungskreises</p>	- Input U3 Vernetzungskreis PDF

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
<p><b>3)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Text Klimawandel freut die Wildsau lesen</li> <li>- Systemelemente herausfiltern</li> <li>- Systemelemente auf Kreis schreiben</li> <li>- Systemelemente verbinden</li> <li>- Nach Regelkreisen Ausschau halten</li> <li>- Am Schluss gemeinsam den definitiven Vernetzungskreis erstellen</li> </ul>	<p>Gruppen</p>	<p><b>Vernetzungskreis erstellen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- In Gruppen den Text Klimawandel freut die Wildsau [24] (TA, 18.11.05) lesen und Vernetzungskreis zeichnen. Gruppen können den Vernetzungskreis auch ausserhalb des Schulzimmers erstellen.</li> <li>- Pfeile, die einen positiven Wirkung beschreiben werden mit + gekennzeichnet, negative Wirkungen werden mit – bezeichnet.</li> <li>- Regelkreise beschreiben: Aufschaukelnd, abschaukelnd, negativ</li> <li>- <b>Ziel:</b> Ich kann selbständig einen Vernetzungskreis aufzeichnen.</li> </ul>	<p>- AB U3 Klimawandel freut die Wildsau [24] Vernetzungskreis erstellen</p>
<p><b>4)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Übung</b> Moris</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Übung:</b> (und ev. Hausaufgabe) AB U3 Fischzucht der Moris [9], zu zweit lösen</li> <li>- <b>Ziel:</b> Das Erstellen von Vernetzungen üben.</li> </ul>	<p>- AB U3 Fischzucht der Moris [9]</p>

### 3.2.4 Unterrichtseinheit 4, Bau & Planung Aquaponic

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt Fragestellung, Erkenntnisgewinn	Material, Diverses
1) - Einführung in Unterrichtseinheit 4	Plenum	- Fragestellung Gemüsebauer - Systemforscher	- AB Auftrag Planung Aquaponic
2) - Gruppeneinteilung	Plenum / Gruppe	- Die Gruppen werden von der Lehrperson eingeteilt -Vorschlag: Jede Gruppe betreut ein Aquarium klassenübergreifend. Es wird ein Kontakttheft geführt. Gruppe 1 ist eine reine Mädchengruppe, Gruppe 6 eine reine Knabengruppe.	- Gruppeneinteilung der Klassen - Gruppentische - Kontakttheft
3) - Lesen der Fragestellung Gemüsebauer - Systemforscher - Klärung des Auftrages - Vorgehensweise	Plenum	<b>Klärung Inhalt Fragestellung</b>  - Was hat der Gemüsebauer bereits? -Künstliche Erde, Beispiel zeigen -Fischtank  - Was will der Gemüsebauer erreichen? - Vorgehensweise der Untersuchung klären. -Systemelemente Pflanze und Fisch suchen -Beziehung zwischen den Systemelementen suchen -Synthese: Wie lässt sich Wasser sparen?	- Skizze an WT - Vorgehensweise an WT -Systemelemente Pflanze und Fisch suchen -Beziehung zwischen den Systemelementen suchen -Synthese: Wie lässt sich Wasser sparen?
4) - Systeme Pflanze und Fisch untersuchen	Gruppe	<b>System Pflanze und Fisch untersuchen</b>  - Wichtige Systemelemente aufschreiben - Was benötigen die zwei Systeme, um zu überleben?  - <b>Ziel:</b> Ich kann das Werkzeug Vernetzungskreis auf die Systeme Pflanze und Fisch anwenden.	- Skizzierpapier
5) - Beziehungen zwischen den Systemelementen suchen	Gruppe	<b>Beziehungen</b>  - Welche Systemelemente stehen miteinander in Beziehung.	- Aufzeichnen

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
6) - Zusammenfügen der Systeme Pflanze und Fisch	Gruppe	<b>Synthese</b> - Wie lässt sich Wasser sparen? - Welche technischen Möglichkeiten kenne ich, um dieses Modell zum laufen zu bringen? <b>Modell aufzeichnen</b> - Erstellen eines Planes wie die zwei Systeme Pflanze und Fisch als Modell betrieben werden können. - Auf Flipchart aufzeichnen - <b>Ziel:</b> Ich kann gewonnene Erkenntnisse in einem Plan darstellen.	- Flipchart oder grosse Papierbögen (A3)
7) - Umsetzung der Synthese - Planung eines Modells	Gruppe	<b>Pläne zeigen</b> - Vorstellen der Pläne der Modellanlagen - Kurzvortrag und Diskussion der verschiedenen Lösungsvorschläge <b>Masterplan</b> - Extraktion aus allen Plänen zu einem Masterplan	- Pläne aufhängen
8) - Überprüfung der verschiedenen Pläne	Plenum		
9) - Masterplan bestimmen	Plenum		

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
<p><b>10)</b> - Masterplan umsetzen</p>	Plenum	<p><b>Umsetzung Masterplan</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betrachtung Aquaponicanalge im Praktikumsraum</li> <li>- Im Praktikumsraum den Masterplan umsetzen.</li> <li>- Aufgaben                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Aquarium anschreiben (Gruppe)</li> <li>-Aquarium putzen</li> <li>-Aquarium einrichten</li> <li>-Aquarium abdecken</li> <li>-Storm einziehen</li> <li>-Pumpe anschliessen</li> </ul> </li> </ul>	<p>- Material für Aquaponic</p>
<p><b>11)</b> - Verrichtete Arbeit der nächsten Gruppe kommunizieren</p>	Gruppe	<p><b>Aquariumheft nachführen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aquaponicplan einkleben</li> <li>- Alle Aufgaben die erledigt wurden ins Heft notieren</li> </ul>	<p>- Aquariumheft</p>

### 3.2.5 Unterrichtseinheit 5, Systemuntersuchung

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, inhalt Fragestellung, Erkenntnisgewinn	Material, Diverses
<p>1) - Einführung Systemuntersuchung</p>	Plenum	<p><b>Klärung Inhalt Fragestellung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ziel: Wirkungsgefüge Aquaponic erstellen</li> <li>- Auftrag erklären</li> <li>- Formulare erklären</li> <li>- Gemeinsame kurze Analyse der Systemelemente zur Klärung der Vorgehensweise</li> </ul> <p><b>Erkennen der Systemelemente von Aquaponic</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- In der Gruppe die Systemelemente suchen</li> </ul>	<p>- Formulare</p>
<p>2) - Erkennen der Systemelemente von Aquaponic und deren Systemelemente</p>	Gruppe	<p><b>Systemelemente einordnen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Systemelemente werden in die Subsysteme Pflanze, Fisch, Wasser und Substrat eingeordnet</li> </ul> <p><b>Beschrieb Systemelemente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die gefundenen Systemelemente werden anhand des Formulars beschrieben</li> </ul>	<p>- Formular Systemelement</p>
<p>3) - Einordnen der Systemelemente in die Subsysteme</p> <p>4) - Beschreiben der Systemelemente</p>	Gruppe	<p><b>Abgleich Systemelemente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Systemelemente auf die Tauglichkeit überprüfen</li> <li>- Unnötige oder doppelte Systemelemente eliminieren</li> <li>- Ungenau definierte Systemelemente genauer beschreiben</li> </ul>	

<b>Tätigkeit</b>	<b>Soz. Form</b>	<b>Ziel, Inhalt</b> <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	<b>Material, Diverses</b>
6) - Einfluss der Systemelemente aufeinander klären	Gruppe	<b>Einflussmatrix</b> - Systemelemente in Einflussmatrix gegenüberstellen - Beziehungen zwischen den Systemelementen bewerten (+ / - / 0)	- Einflussmatrix Vorlage
7) - Wirkungsgefüge Aquaponic erstellen	Gruppe	<b>Wirkungsgefüge</b> - Die Systemelemente in einem Wirkungsgefüge darstellen - Beziehungen einzeichnen und Einfluss (+ / - / 0) darstellen	

### 3.2.6 Unterrichtseinheit 6, Beobachtungsprotokoll

<b>Tätigkeit</b>	<b>Soz. Form</b>	<b>Ziel, Inhalt</b> <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	<b>Material, Diverses</b>
1) - Einführung ins Beobachtungsprotokoll		<b>Klärung Beobachtungsprotokoll</b> - Tätigkeit bei den einzelnen Punkten im Beobachtungsprotokoll erklären - Fragen zum Beobachtungsprotokoll klären	- Beobachtungsprotokoll
2) - Beobachtungsprotokoll anwenden und ausfüllen		<b>Anwendung</b>	

### 3.2.7 Unterrichtseinheit 7, Präsentation Systemuntersuchung

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
1) - Auftrag erklären	Plenum	<b>Poster erstellen</b>	
2) - Posterpräsentation erarbeiten	Gruppe	- Wirkungsgefüge Aquaponic auf dem Poster darstellen <b>Systemelemente und ihre Beziehungen</b>  - Entwurf gestalten - Gesammelte Systemelemente anordnen und die Beziehungen einzeichnen	
3) - Poster gestalten	Gruppe	<b>Poster gestalten</b>  - Wirkungsgefüge aus UE 5 auf einem Poster darstellen	- Flipchartbogen, grosses Papier

### 3.2.8 Unterrichtseinheit 8, Austrittstest

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
1) - <b>Kontrolltest</b> Systemwissen zu Evaluationszweck	Einzelarbeit	- Welchen Grund hat der Bauer, den Mist und die Gülle auf das Feld zu bringen?	- AB U8 Eintrittstest - Klassenzimmer

### 3.2.9 Unterrichtseinheit 9, Aquaponicparty

Tätigkeit	Soz. Form	Ziel, Inhalt <i>Fragestellung, Erkenntnisgewinn</i>	Material, Diverses
1) - Abschluss der Unterrichtseinheit, Essen der Tomaten und des Basilikums	Plenum, Gruppe	- Gemütlicher Abschluss, die Sch. organisieren in der Gruppe ihren eigenen Tomaten - Basilikum - Salat.	- Tomaten und Basilikum - Salatsauce - Besteck und Teller

## 4 Ergebnisse / Evaluation

Die Evaluation zielt einerseits darauf ab, den Lernfortschritt der Schüler im „systemischen Denken“ nach der unter Kapitel 2.2.5 aufgeführten Definition zu erheben, andererseits wird der Unterricht im Hinblick auf die Durchführbarkeit überprüft.

### 4.1 Methode Eintritts- und Austrittstest und ihre Auswertung

Die Bemessung des Lernfortschritts im „systemischen Denken“ geschieht durch einen Vortest und einen Nachtest. Im Unterrichtskonzept wird von Eintritts- und Austrittstest gesprochen. Beide Tests sind gleich konzipiert und haben den gleichen Inhalt. Durch den unterschiedlichen Zeitpunkt der Durchführung dieser Tests, den Eintrittstest zu Beginn, den Austrittstest zum Schluss der Unterrichtseinheit, haben die Schüler entsprechend unterschiedliche Fertigkeiten und Kompetenzen, wie sie Systeme analysieren und abbilden und so ihrem Wissen Ausdruck verleihen können.

Bollmann [25] schlägt vor, diese Unterschiede einerseits in der Darstellung des Sachverhaltes, also in einer Skizze oder dem Darstellungstyp, zu zeigen und andererseits in drei verschiedenen Indizes, dem Komplexitätsindex, dem Vernetzungsindex und dem Strukturindex auszudrücken. Diese Auswertungsmethode der einzelnen Indizes nach Bollmann [25] wird nachfolgend erläutert.

#### 4.1.1 Eintritts- und Austrittstest

Der Auftrag im Eintritts- wie auch im Austrittstest ist wie erwähnt die gleiche. Der Text der Aufgabenstellung soll die Schüler bei emotional bekanntem abholen und ihnen grosse Interpretationsmöglichkeiten offen lassen. Die Lösung der Frage soll nicht aus dem Text herauszulesen sein.

Die Schüler wuchsen in einem ländlich geprägten Gebiet mit einigen Bauernhöfen auf, deshalb sollten sie die beschriebene Situation kennen.

Die Schüler mussten folgende Fragen beantworten:

„Oftmals, an schön lauschigen Frühlingstagen auf dem Land, wenn die Fenster offen stehen und die Vögel ihre Frühlingsmelodien ausprobieren, schleicht ein nicht ganz angenehmer Duft durch die offenen Fenster ins Haus. „Nein, muss das denn sein!“, ruft die Mutter entrüstet aus, „Kann der das nicht woanders tun?! Schnell, hilf mir die Wäsche nach drinnen zu bringen, sonst beginnt sie zu stinken!“. Was ist geschehen? Der Bauer Abacher hat wieder einmal seine Gülle und seinen Mist auf die Felder gebracht. Jetzt zieht der unangenehme Jaucheduft durchs Dorf und lässt die Bewohner durch den Mund atmen, um den Gestank nicht in die Nase zu bekommen.

Wieso macht der Bauer das? Welche Gründe hat er, die Gülle und den Mist auszufahren?

Skizziere und beschreibe die obige Frage auf die Rückseite dieses Blattes. Schreibe auch deinen Namen auf das Blatt.“

Diese Fragen wurden in einem Vorlauf mit einer Klasse ausprobiert. Dieser Vorlauf zeigte sich als auswertbar. Die wichtigsten Fakten wie „der Mist ist Dünger“, „die Pflanzen wachsen schneller“, „Kühe fressen Pflanzen“ oder „wo soll der Bauer sonst den Mist hinbringen“ wurden rückgemeldet.

## 4.1.2 Auswertungsinstrumente

Auswertungsinstrumente im Sinne von Bollmann [25] sind die Indizes Komplexitätsindex, Vernetzungsindex und Strukturindex sowie der gewählte Darstellungstyp. Im Folgenden wird beschrieben, wie sich die verschiedenen Indizes zusammensetzen und die Darstellungstypen zu unterscheiden sind.

### 1. Komplexitätsindex

Komplexitätsindex: Summe aller auf der Skizze vorhandenen Bezeichnungen, Icons, Pfeile, Pfeilketten, Verzweigungen und Kreisläufe.

Bollmann [25] sagt, dass für die Bildung des Komplexitätsindex die einzelnen Summanden, also die Bezeichnungen, Icons, Pfeile, Pfeilketten, Verzweigungen und Kreisläufe folgendermassen ausgezählt werden müssen:

- **Bezeichnungen:** Als Bezeichnung gilt ein einzelnes Wort wie „Dünger“ oder ein kurzer Text zur Erläuterung eines Sachverhalts wie „die Pflanzen wachsen schneller“.
- **Icons:** Als Icons werden Symbole oder kleine Bilder mit einer eindeutigen Bedeutung gezählt. Z.B.: Kuhfladen, Feld, Traktor. Waren die Icons zusätzlich mit Bezeichnungen versehen, so wurde entweder die Bezeichnung oder das Icon gewertet.
- **Pfeile:** Pfeile, welche zwei Systemelemente (Beschreibungen, Icons) über eine gerichtete Beziehung verbinden, werden in die Wertung aufgenommen. Nicht gewertet wurden hingegen Hinweispeile, welche einem Element eine Erklärung zuwiesen oder Pfeile, welche vom Zusammenhang her als überflüssig betrachtet werden mussten.
- **Pfeilketten:** Jede Abfolge von mindestens drei Ursachen - Wirkungspfeile wurde als Pfeilkette gezählt. Pfeilketten treten auch unter dem Namen Wirkungsketten in dieser DA auf. Bei einer Verzweigung wird mit dem Zählen neu begonnen.
- **Verzweigungen:** Wenn zu einem Systemelement mindestens zwei Pfeile hinführen, bzw. davon wegführen, so entspricht dies einer Verzweigung.
- **Kreisläufe:** Als Kreisläufe werden alle geschlossenen Ketten von Pfeilen gewertet. Der kleinste Kreislauf ist eine einfache Rückkoppelung.

Systemisch betrachtet bilden die Icons und Bezeichnungen die Systemelemente, alle anderen stehen für systemische Beziehungen.

Das Erheben des Komplexitätsindex verlief bei allen Probanden problemlos.

Der Komplexitätsindex zählt auf, wie viel Systemelemente und systemische Beziehungen ein Schüler in seiner Skizze untergebracht hat. Systemelemente und systemische Beziehungen werden nicht unterschieden. Der Komplexitätsindex macht eine Aussage über die „Vollständigkeit“ des abgebildeten Systems. Die „Vollständigkeit“ eines Systems hängt von der Definierung der Systemgrenze und der Analyse des Systems ab. Je weiter die Systemgrenze definiert ist und je detaillierter die Analyse des Systems, umso höher wird der Komplexitätsindex. Der Komplexitätsindex lässt hier nur eine quantitative Aussage zu, da die Systemgrenze nicht vordefiniert war.

## 2. Vernetzungsindex

Vernetzungsindex: Durchschnittliche Anzahl aller hinführenden und wegführenden Pfeile pro Systemelement (Bezeichnungen und Icons).

Nach Bollmann [25] gibt der Vernetzungsindex die durchschnittliche Anzahl aller hinführender und wegführender Pfeile pro Systemelement wieder. Werden zwei Systemelemente mit einem Pfeil verbunden, so beträgt der Vernetzungsindex eins. Zur Berechnung wird daher die doppelte Anzahl Pfeile durch die Summe der Systemelemente geteilt.

**Formel:**  $\text{Vernetzungsindex} = \frac{2 \times \text{Pfeile}}{(\text{Bezeichnungen} + \text{Icons})}$

Alle Skizzen ohne gerichtete Ursache - Wirkungsbeziehung, also ohne Pfeile oder mit Strichen, hatten einen Vernetzungsindex von null.

Die Erhebung des Vernetzungsindex war etwas schwieriger als diejenige des Komplexitätsindex. So waren z.T. die gezeichneten Pfeile nicht eindeutig zuordnungsbar. Es erforderte einer Taktik, die nicht eindeutig zuordnungsbaeren Pfeile auszusortieren und die korrekten Pfeile zu zählen. Es empfiehlt sich, entweder die Enden der Pfeile oder nur die Pfeilköpfe zu zählen.

Für die Schüler war es schwierig, direkte und indirekte Beziehungen zwischen Systemelementen zu unterscheiden. So zeichneten sie z.B. die Pfeile zwischen den Systemelementen Mist → Dünger → Pflanzen aber auch Mist → Pflanze. Mit dem Systemelement Dünger verläuft die Beziehung nicht von Mist → Pflanze, sondern eben von Mist → Dünger → Pflanze. So konnte der Pfeil Mist → Pflanze nicht gezählt werden.

Z.T. haben die Schüler jedes Systemelement mit jedem anderen Systemelement mit der Begründung, dass ja alles mit allem zusammenhängt, verbunden. In diesem Fall war eine Auswertung schier unmöglich. Dieser Fall trat aber nicht in den Eintritts- und Austrittstests auf, sondern in den Übungen zum Thema Systeme darstellen.

### 3. Darstellungstyp

Bollmann [25] gliedert die Darstellungstypen in folgende fünf Kategorien: Szenische Darstellung, Stadienbild, lineares Wirkungsdiagramm, Wirkungsdiagramm und Netzdiagramm. Hinzu kommt eine Restgruppe mit Darstellungen, welche den anderen fünf Kategorien nicht eindeutig zugeordnet werden können. Sie wird mit Andere Darstellungen bezeichnet. Diese fünf Kategorien können nach Bollmann [25] wiederum in zwei Gruppen eingeteilt werden. Die Szenische Darstellung, das Stadienbild und die Anderen Darstellungen gehören der ersten Gruppe ohne und die anderen drei der zweiten Gruppe mit strukturell komplexen Wirkungsbeziehungen wie Pfeilketten, Verzweigungen und Kreisläufe an.

Die Darstellungsform Keine Skizze wurde zusätzlich angefügt.

Gruppe	Darstellungstyp	Kennzeichnendes Merkmal
1	Keine Skizze	-
	Szenische Darstellung	Szenen ohne logische Verknüpfung.
	Stadienbild	Logische Abfolge von mindestens drei Szenen.
	Anderer Diagramme	Alle den anderen fünf Darstellungen nicht eindeutig zuordnungsbaeren Diagramme.
2	Lineares Wirkungsdiagramm	Mindestens eine Pfeilkette (drei aufeinander folgende Pfeile).
	Wirkungsdiagramm	Mindestens eine Verzweigung (zwei hinführende oder zwei wegführende Pfeile zu einem Systemelement).
	Netzdiagramm	Mindestens eine Rückkoppelung oder geschlossene Kette von Wirkungspfeilen (Kreisläufe).

**Tabelle 4:** Tabelle nach Bollmann [25] (erweitert): Auflistung der Zuordnungsmerkmale der verwendeten Darstellungstypen.

- **Keine Skizze**
- **Szenische Darstellung:** Szenische Darstellungen umfassen mehrere Icons und/oder Zeichnungen. Die Bildelemente waren Teil einer oder mehrerer unabhängigen Szenen.
- **Stadienbild:** Ein Stadienbild zeichnet sich durch eine zeitliche oder logische Sequenz von mindestens drei abgrenzbaren szenischen Darstellungen oder Beschreibungen aus. Die Abfolge der Szenen wird in der Regel durch Schrägstriche, Gleichheitszeichen oder Nummern gekennzeichnet.
- **Lineares Wirkungsdiagramm:** Lineare Wirkungsdiagramme enthalten mindestens eine Pfeilkette, also eine Abfolge von drei Pfeilen. Es liegen jedoch keine Verzweigungen, Rückkoppelungen und Kreisläufe vor.
- **Wirkungsdiagramm:** Zu den Wirkungsdiagrammen werden jene Darstellungen gezählt, welche mindestens eine Verzweigung aufweisen.
- **Netzdiagramm:** Als Netzdiagramme werden Wirkungsdiagramme bezeichnet, welche mindestens einen Rückkoppelungskreis enthalten.

- **Andere Diagramme:** Zu dieser Gruppe werden Diagramme gezählt, welche obigen Gruppen nicht eindeutig entsprechen. Dabei handelt es sich um:
  - Kombinierte Darstellungen.
  - Metaplanartige Darstellungen: Metaplanartige Darstellungen gleichen Baumdiagrammen, enthalten Verzweigungen, jedoch keine Pfeile.
  - Zeitdiagramme.

Bollmann [25] schreibt, dass beim systemischen Denken über die Erfassung der Darstellungstypen Aussagen über die Modellbildung gemacht werden können. In der Untersuchungsgruppe müsste sich durch das Lerntraining eine Verschiebung der verwendeten Darstellungstypen von den Szenen- und Stadienbildern hin zu den Wirkungs- und Netzdiagrammen zeigen.

Falls mehrere Diagramme für den gleichen Sachverhalt auftauchten, wurde immer das komplexere Diagramm gewertet. Das Erheben des Darstellungstyps verlief bei allen Probanden problemlos.

#### 4. Strukturindex

Strukturindex: Summe aller Pfeilketten, Verzweigungen und Kreisläufe bezogen auf die Anzahl verwendeter Systemelemente

Nach Bollmann [25] kann mit dem Strukturindex die beiden Gruppen von Darstellungen klar unterschieden werden (vgl. Tabelle 5, Unterkapitel Darstellungstyp). In der ersten Gruppe ist der Strukturindex stets null, da keinerlei strukturell komplexe Beziehungen auftreten. Die zweite Gruppe beinhaltet hingegen solche Beziehungen.

Wie Bollmann [25] sagt, haben Diagramme aus der zweiten Gruppe bezüglich Strukturindex einen Wert grösser null. Wenn durch das Lerntraining zum systemischen Denken vernetztes Denken gefördert wird, so müsste sich in der Untersuchungsgruppe das Verhältnis von strukturell komplexen Beziehungen zu den Systemelementen im Austrittstest gegenüber dem Eintrittstest verbessert haben.

**Formel:**  $\text{Strukturindex} = (\text{Pfeilketten} + \text{Verzweigungen} + \text{Kreisläufe}) / \text{Systemelemente}$

## 4.2 Auswertung Eintritts- Austrittstest

Die Schüler fühlten sich beim Ausfüllen des Eintrittstests zum Teil etwas vor den Kopf gestossen. Sie waren selten mit einer solchen Form von Test konfrontiert und hatten Probleme, ihre Gedanken und ihr Wissen auf das Papier zu bringen. Sie kannten kein geeignetes Werkzeug, um dies zu tun. Viele versuchten es in schriftlicher Form und nicht mit einer Skizze. Von der Lehrerseite gab es daher einen Input bezüglich des Vorgehens, der wie folgt lautete:

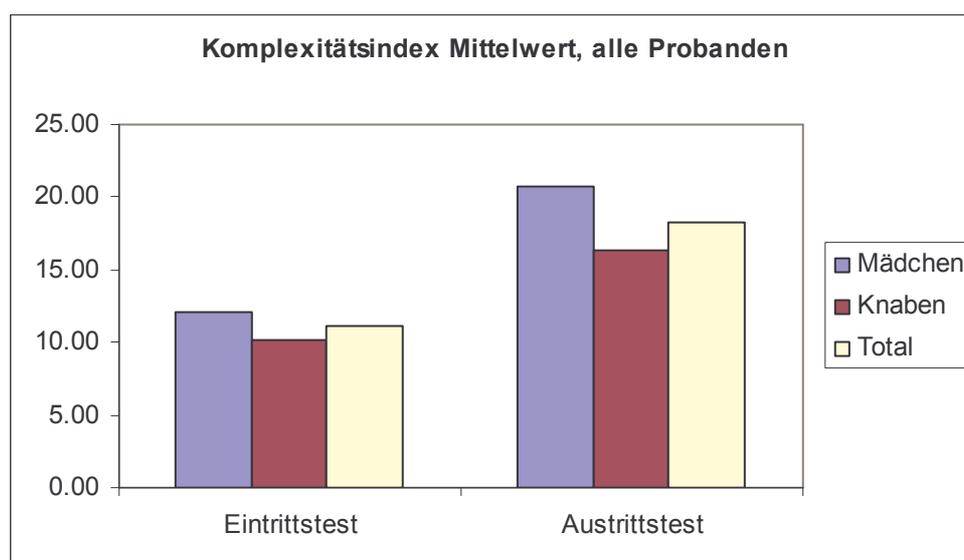
„Beschreibt zuerst die Lösung der Frage und fertigt dann eine Skizze an!“

Trotzdem konnten nicht alle Schüler eine Skizze anfertigen.

Der Eintrittstest wurde von 68 Schülern geschrieben. Davon waren 32 Personen weiblich und 36 Personen männlich.

Der Austrittstest wurde von 64 Schülern geschrieben. Davon waren 28 Personen weiblich und 36 Personen männlich. Vier waren zum Zeitpunkt des Tests krank.

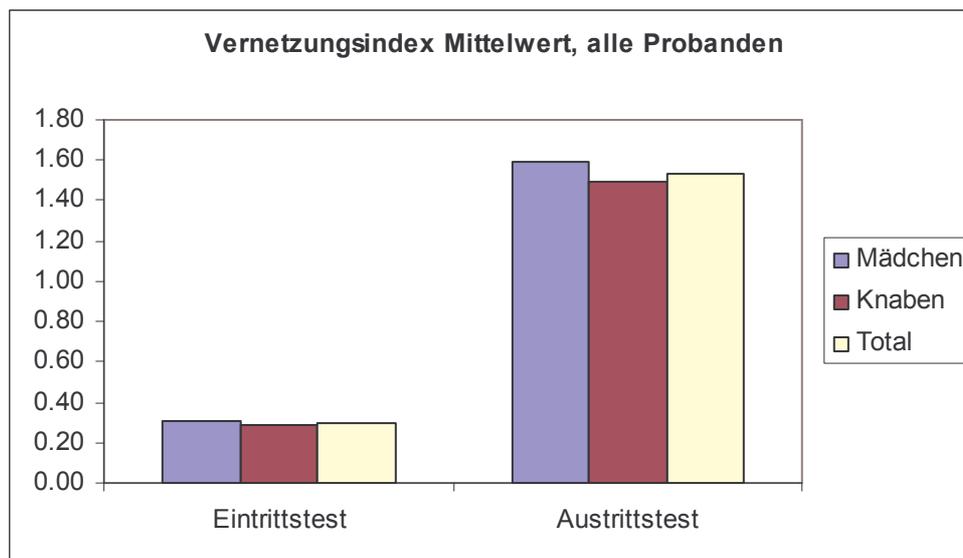
### 4.2.1 Komplexitätsindex



**Tabelle 5:** Das Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Komplexitätsindex aller Probanden aus K7.1-3 für Mädchen, Knaben und beide Gruppen zusammen (Total).

Es ist ein deutlicher Unterschied zwischen dem Eintrittstest und dem Austrittstest ersichtlich. Die Schüler haben gegenüber dem Eintrittstest mehr Systemelemente und mehr systemische Beziehungen aufgezeichnet. Daraus lässt sich schliessen, dass sie nach der Unterrichtseinheit „Aquaponic im Unterricht“ sensibilisierter darauf waren, Systemelemente und systemische Beziehungen zu erkennen. Erstaunlich ist, dass im Austrittstest die Mädchen einen um mehr als vier Punkte besseren Komplexitätsindex vorwiesen als die Knaben. Ein solcherart besseres Abschneiden wurde nicht erwartet, sondern vielmehr ein ähnlich hoher Komplexitätsindex bei Mädchen und Knaben. Total haben sich die Schüler um 55% verbessert.

## 4.2.2 Vernetzungsindex



**Tabelle 6:** Das Balkendiagramm zeigt den Mittelwert des Vernetzungsindex der Klassen K7.1-3 für Mädchen, Knaben und beide Gruppen zusammen (Total).

Der Vernetzungsindex ist im Eintritts- wie auch Austrittstest zwischen den Geschlechtern wie erwartet ausgeglichen. Die Schüler erreichten eine Steigerung von 415%! Der Grund für das Steigen des Vernetzungsindex dürfte der Hinweis sein, dass die Beziehungen zwischen Systemelementen mit Pfeilen besonders gut angezeigt werden können. Die meisten Schüler haben den Pfeilen mit der Bezeichnung + oder – eine Wertung der Beziehung mitgegeben.

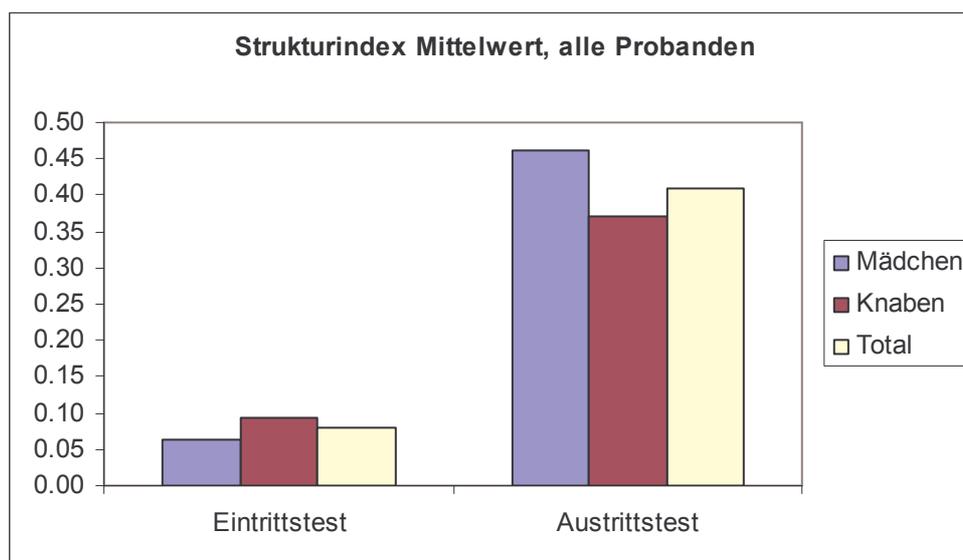
## 4.2.3 Darstellungstyp

	Keine Skizze	Szenische Darstellung	Stadienbild	Lineares Wirkungsdiagramm	Wirkungsdiagramm	Netzdiagramm	Anderere Diagramme	Total	
<b>Total:</b>									
Eintrittstest	3	38	17	4	1	2	3	68	
Austrittstest	3	10	5	3	1	40	2	64	4 Personen krank
<b>Knaben:</b>									
Eintrittstest	3	22	7	0	0	1	3	36	
Austrittstest	3	5	3	0	1	24	1	36	
<b>Mädchen:</b>									
Eintrittstest	0	16	10	4	1	1	0	32	
Austrittstest	0	5	2	3	0	17	1	28	4 Personen krank

**Tabelle 7:** Diese Tabelle zeigt die Verteilung der Darstellungstypen auf. Im Eintrittstest sind vermehrt die „einfachen“ Diagrammtypen, wie Szenische Darstellung und Stadienbild anzutreffen. Für den Austrittstest verwendeten die Schüler eher die komplexeren linearen Wirkungsdiagramme, Wirkungsdiagramme und Netzdiagramme.

Die Schüler erhielten mit dem Vernetzungskreis ein Werkzeug, das ihnen ermöglichte, komplexe Zusammenhänge grafisch darzustellen. Dies schlägt sich in der obigen Tabelle 7 nieder. Zeichneten sie für den Eintrittstest hauptsächlich „einfache“ Diagramme wie Stadienbilder und Szenische Darstellungen, versuchten sie im Austrittstest das System mit komplexen Diagrammen wie einem Wirkungs- oder Netzdiagramm darzustellen.

#### 4.2.4 Strukturindex



**Tabelle 8:** Das Balkendiagramm zeigt den Mittelwert des Strukturindex der Klassen K7.1-3 für Mädchen, Knaben und beide Gruppen zusammen (Total).

Waren die Darstellungstypen im Eintrittstest eher „einfache“ Diagramme, mag es nicht verwundern, dass der Strukturindex, er gibt die strukturell komplexen Beziehungen in einer Darstellung an, tief ausgefallen ist. Die Werte begründen sich in den wenigen komplexen Darstellungsformen, die für den Eintrittstest gezeichnet wurden. Der höhere Wert des Austrittstests ist ebenfalls in den komplexen Darstellungsformen wie Wirkungs- und Netzdiagramm zu suchen. Die Schüler erreichten eine Steigerung von 416%.

#### 4.2.5 Auswertung der ersten Hypothese

Die erste in der Einführung aufgestellte Hypothese lautet wie folgt:

„Anhand der Schulzimmerraquaponicanlage als Unterrichtsgegenstand kann das systemische Denken der Schüler gefördert werden.“

Die Auswertungen zeigen eine deutliche Steigerung in allen vier Kriterien. Demzufolge kann anhand des Unterrichtsgegenstandes „Aquaponic im Unterricht“ das systemische Denken trainiert und gefördert werden. Unter dem Kapitel Diskussion finden sich weitere Aspekte zu diesem Thema.

### **4.3 Auswertung der Klassen K7.1-3 im Hinblick auf die Genderproblematik**

Die Auswertung der einzelnen Klassen wird ohne Tabellen vorgenommen. Die Tabellen befinden sich im Anhang B.

Für die Unterrichtseinheit wurden die Schüler in die Gruppen 1-6 eingeteilt. Jede einzelne Gruppe betreute eine Aquaponicanlage und agierte zusammen im Unterricht. Dabei bestand die Gruppe 1 nur aus Mädchen und die Gruppe 6 nur aus Knaben. Alle anderen Gruppen waren durchmisch. Unter dem Kapitel 4.3.4 Gruppe 1 vs. Gruppe 6 werden die reinen Mädchen- und Knabengruppen einander gegenübergestellt.

#### **4.3.1 K7.1**

In der Klasse K7.1 gibt es 8 Mädchen und 14 Knaben. Die Auswertung dieser Klasse war in diesem Sinne überraschend, als dass die Mädchen in den drei Indizes der Auswertung deutlich besser abschnitten als die Knaben. Mögliche Gründe dafür lassen sich vermutlich in der schulischen Reife der Mädchen finden.

Das bessere Abschneiden der Mädchen im Strukturindex lässt sich durch die gewählten Darstellungstypen im Austrittstest erklären. Sechs von acht Mädchen zeichneten ein Netzdiagramm. Dies ist ein komplexes Diagramm und schlägt sich im Strukturindex nieder. Von den Knaben wählte die Hälfte ein Netzdiagramm.

Ein weiterer Grund für die besseren Resultate der Mädchen kann die höhere Konzentrationsfähigkeit sein. Die Lektionen fanden jeweils am Donnerstagnachmittag von 15.10 bis 17.10 statt. Die Schüler kamen nach bereits sieben Schullektionen in den Biologieunterricht. Die Knaben waren meistens nicht mehr in der Lage, ihre Konzentrationsfähigkeit über eine nützliche Zeit aufrecht zu halten. Die Mädchen dagegen hatten damit weniger Probleme.

#### **4.3.2 K7.2**

Die Klasse K7.2 besteht aus 10 Mädchen und 12 Knaben. Der Unterschied des Komplexitätsindex und des Strukturindex zwischen Eintritts- und Austrittstest fiel mit der Steigerung von 9.55 auf 10.84 und 0.1 auf 0.24 weniger deutlich aus als in den anderen Klassen. Ein Grund dafür kann das „genug haben von Systemen“ sein. Mehrmals äusserte die Klasse eine negative Einstellung gegenüber der Systemanalyse.

Ein Grund für den geringen Unterschied des Strukturindex ist die Verteilung der Darstellungstypen im Austrittstest. Die Schüler haben für den Austrittstest sechs Mal das „einfache“ Diagramm Szenische Darstellung gewählt. Diese Darstellungsform ist weniger komplex als ein Netzdiagramm und schlägt sich vor allem im Strukturindex nieder.

Da der Eintritts- wie auch der Austrittstest nicht benotet wurde, kann hier ein Grund für das tiefe Abschneiden liegen. Die Schüler gaben sich nicht so sehr „Mühe“. So könnte auch der niedrige Wert des Komplexitätsindex erklärt werden.

#### **4.3.3 K7.3**

Die Klasse K7.3 besteht aus 14 Mädchen und 10 Knaben. Es zeigt sich von Beginn weg ein anderes Bild als in den Klassen K7.1 und K7.2.

Der Komplexitätsindex dieser Klasse zeigt praktisch keinen Unterschied zwischen Mädchen und Knaben.

Interessant wird es, wenn der Vernetzungs- und Strukturindex genauer betrachtet wird. Die Knaben konnten in dieser Klasse ihren Punktevorsprung in diesen zwei Indizes ausbauen.

Alle Knaben haben für den Austrittstest die Darstellungsform Netzdiagramm gewählt. Von den Mädchen waren es 10 von 13. Das erklärt ein Stück weit das bessere Abschneiden der Knaben.

#### **4.3.4 Gruppe 1 vs. Gruppe 6**

In der Gruppe 1 und 6 wurden drei bis vier Mädchen und Knaben eingeteilt. Die Einteilung wurde vom Lehrer übernommen. Die jeweils drei oder vier Mädchen, je nach Anzahl in der Klasse, am Ende der alphabetisch geordneten Klassenliste wurden zusammengenommen. Ebenso wurde mit den Knaben verfahren, jedoch in umgekehrter Reihenfolge, also diejenigen zu Beginn der alphabetisch geordneten Klassenliste wurden zusammen eingeteilt.

Die Mädchen schnitten bei den Indizes, bis auf eine Ausnahme (Eintrittstest Strukturindex), mit einer höheren Punktzahl ab als die Knaben. Dies kann mehrere Gründe haben. Es kann sein, dass die individuellen intellektuellen Fähigkeiten der Mädchen im Ganzen höher waren als diejenigen der Knaben. Beweisen lässt sich dies jedoch nicht. Es kann auch sein, dass die Mädchen „fleissiger“ waren als die Knaben und somit die Daten der Auswertung zu ihren Gunsten beeinflussten.

#### **4.3.5 Auswertung der zweiten und dritten Hypothese**

Die zweite in der Einführung aufgestellte Hypothese lautet wie folgt:

„Es gibt geschlechtsspezifische Unterschiede in Bezug auf das Erlernen von systemischen Denkansätzen. Da Mädchen in den naturwissenschaftlichen Fächern tendenziell weniger begabt zu sein scheinen als Knaben, ist zu erwarten, dass dies für „Aquaponic im Unterricht“ ebenfalls zutrifft.“

Die Mädchen schneiden tendenziell etwas besser ab als die Knaben. Daraus einen geschlechterspezifischen Unterschied in Bezug auf das Erlernen von systemischen Denkansätzen zu konstruieren, scheint fragwürdig, ist doch einerseits die Datenmenge für eine statistische Aussage zu klein und andererseits spielen andere Faktoren, wie der Bezug zu der Lehrperson oder die momentane persönliche Leistungsbereitschaft eine nicht zu unterschätzende Rolle. Unter dem Kapitel 5.5 wird weiter darauf eingegangen.

Die dritte in der Einführung aufgestellte Hypothese lautet wie folgt:

„Es gibt Unterschiede im Erlernen von systemischen Denkansätzen in Bezug auf die muttersprachliche Herkunft. Es ist zu erwarten, dass Schüler mit einer Fremdsprache als Muttersprache weniger gut abschneiden, als solche Schüler mit Deutsch als Muttersprache.“

Wie in der Einleitung erwähnt, wurde diese Hypothese hinfällig, da keine Schüler eine andere Muttersprache als Deutsch hatten.

#### **4.4 Erfahrungsbericht „Aquaponic im Unterricht“**

*Bericht über die Unterrichtseinheiten 1 bis 9 unter dem Arbeitstitel „Aquaponic im Unterricht“, angewandt Oktober 2007 bis Januar 2008 bei 3 ersten Biologieklassen (6. Schuljahr) an der Bezirksschule Mutschellen.*

##### **Didaktische Beurteilung von „Aquaponic im Unterricht“:**

„Aquaponic im Unterricht“ ist ein geeignetes Unterrichtsmodul, um Schüler und Schülerinnen zum vernetzten und systemischen Denken und Handeln anzuleiten. Einerseits entstehen Unterrichtssituationen, die der Teamarbeit sehr förderlich sind, andererseits werden die Schülerinnen und Schüler an eine ganzheitliche Denk- und Handlungsweise herangeführt, welche ihnen Möglichkeiten zur Interaktion schafft.

Arbeitsformen und didaktische Figuren werden häufig gewechselt und sinngemäss angewandt. Lernmodule zur Anwendung vernetzten systemischen Denkens sind darin eingebaut.

##### **Erfahrungen mit „Aquaponic im Unterricht“:**

Das Arbeiten mit den Unterrichtseinheiten war sehr anregend. Die Schüler wurden sehr schnell mit dem Denken in Systemen und Subsystemen vertraut gemacht. Eine zum Teil recht anspruchsvolle Sache, wenn man bedenkt, dass Rückkoppelungsvorgänge, Regelkreise, aufschaukelnde und abschaukelnde Systeme erkannt werden mussten.

Es ist sehr darauf zu achten, dass in jede Unterrichtsstunde mehrere praktische Aufträge eingebaut werden sollten. Die Wahl der didaktischen Figuren spielt dabei eine Nebenrolle.

Gute Ergebnisse erzielten wir mit Gruppen, welche sich gegenseitig anspornten und neue Strategien entwickeln konnten.

Der Unterricht mit „Aquaponic im Unterricht“ war sehr ansprechend. Die Thematisierung systemischer Denkweisen an einem Projekt war neu. Die Erfahrungen waren durchweg positiv. Es wurden Impulse gegeben, den projektorientierten Naturunterricht mit mehr systemischen Denkinhalten zu gestalten.

Dank „Aquaponic im Unterricht“ war es möglich, die 6. Klässler mit einer neuen Denk- und Handlungsweise zu konfrontieren. Prompt haben einzelne Schülerinnen und Schüler ihr systemisches Wissen auch auf verwandte Fächer wie z.B. Geografie angewandt. (Dort ging es um Vorträge über Abhängigkeiten zwischen Wassertransportwegen, Industrie und Bevölkerungsdichte.)

Transferleistungen einzelner Schüler in anderen Schulsituationen waren ein weiterer positiver Aspekt des Ganzen.

Ernst Hofstetter, Biologie BEZ KSM

## 5 Diskussion

Die Diskussion beruht auf den gesammelten Informationen in den Aktionsforschungsheften. Sie wurden nach der Methode von Altrichter und Posch [26] zusammengetragen. Andererseits wurden die Daten der Auswertung des Eintritts- und Austrittstests werden auch verwendet.

### 5.1 Gültigkeit der Resultate

In dieser Arbeit konnten Tendenzen festgestellt werden, wie sich das Unterrichtskonzept auf die Erlernbarkeit des systemischen Denkens und einen eventuellen geschlechterspezifischen Unterschied auswirkt. Für eine repräsentative Stichprobe müsste die Anzahl Schüler massiv erhöht werden. Der Datensatz von 68 Schülern ist für eine statistische Auswertung zu wenig breit.

Die für die Evaluation ausgewählten Schüler besuchten die Bezirksschule im Kanton Aargau. Die Bezirksschule ist derjenige Schulort, in der die schulisch erfolgreichen Schüler zusammengefasst und unterrichtet werden. Die Schüler bringen weit reichende schulische Kompetenzen mit und sind wenig repräsentativ für die Gesamtheit der Schüler. Sie sind sozusagen die „Intelligenz“ der Schulgemeinden Berikon - Widen, Oberwil - Lieli und Rudolfstetten. Es lässt sich daher nur eine Aussage über die Bezirksschüler der 7. Klassen der KSM machen.

### 5.2 Unterrichtsablauf

Der Unterrichtsablauf von „Aquaponic im Unterricht“ stellte den Schülern zuerst die Systemgrundlagen zur Verfügung und danach wurde eine Aquaponicanlage aufgebaut. Für das Verständnis der Systemgrundlagen ist es sicherlich von Vorteil, wenn ein Aquaponicmodell bereits besteht und die Grundlagen davon abgeleitet werden können. Der Ablauf des Unterrichtes könnte in diesem Sinne abgeändert werden, dass die Erstellung des Aquaponickreislaufes in den ersten Lektionen geschieht.

Diese Umstellung könnte die Schüler mehr motivieren, da für sie die eher trockene Materie der Systemgrundlagen am Beispiel der Aquaponicanlage besser fassbar wird.

#### 5.2.1 Aufschaukeln und abschaukeln

Unter UE2 wurde von den verschiedenen Rückkoppelungen gesprochen. Es gibt positive und negative Rückkoppelungen. Die Positiven könne wiederum in zwei Kategorien, die aufschaukelnden und die abschaukelnden, eingeteilt werden. Die Schüler hatten grosse Probleme diese zwei positiven Rückkoppelungen auseinander zu halten. Sie verwechselten vor allem die abschaukelnde Rückkoppelung mit einer negativen Rückkoppelung. Es ist daher besser von Rückkoppelungen zu sprechen die sich verstärken, also je mehr, desto mehr (positive Rückkoppelungen) und von solchen die zum Ziel haben, das System zu besänftigen (negativer Rückkoppelungen).

### 5.3 Das Aquaponic - Schulzimmermodell

Die Aquaponicanlage für das Schulzimmer, wie sie hier unter Kapitel 2.1.1 im Aufbau beschrieben wird, eignet sich hervorragend zum selbständigen Aufbau durch die Schüler. Mit zwei Fischen und drei Pflanzen läuft es sehr stabil und bereitet in der Handhabung kaum Schwierigkeiten. Die einzige Gefahr besteht darin, dass die Schüler den Fischen zu viel Futter ins Aquarium geben. Zu viel Futter bedeutet zu viel Nährstoffe im System und dies kann dazu führen, dass das System aus dem „ökologischen Gleichgewicht“ kippt.

Es ist einzig ein Verlust zu verzeichnen. Trotz dem Hasengitter, das über das Aquarium gespannt wurde, gelang es einem Fisch das Aquarium zu verlassen, worauf er am Boden verendete.

Die zu setzenden Pflanzen sollten, wie unter Kapitel 2.1.2 Titel Pflanzen angetönt, die Blätter bereits genügend hoch tragen, so dass das durch die Spritzröhrchen austretende Wasser die Blätter nicht erreicht. Die Pflanzen ertragen es nicht, wenn ihre Blätter dauernd nass sind und können absterben. Ebenso ist darauf zu achten, dass das aus dem Spritzröhrchen austretende Wasser direkt in der Blähtonschicht versickert und nicht den Stiel der Pflanze trifft. Es besteht ebenfalls die Gefahr, dass die Pflanzen dadurch absterben.

Als Vorsichtsmassnahme sollte der Boden mit einem Plastik abgedeckt werden, damit der Parkett oder der Teppich nicht zu arg strapaziert werden. Je nach Einstellung der Spritzröhrchen kann es sein, dass das Wasser nicht nur die Blähtonschicht benetzt, sondern auch den Boden.

Mit „Aquaponic im Unterricht“ werden Pflanzen und Fische gezüchtet. Den Schülern leuchtet dies schnell ein und sie sind in ständiger Erwartung, die Früchte zu ernten und die Fische zu verspeisen. Tomaten brauchen etwa vier bis fünf Monate, um Früchte hervorzubringen. Fische ernten geht noch länger!

#### **5.4 Evaluationsmethode Eintritts- Austrittstest**

Die Methode Bollmann [25] eignete sich für die Auswertung von Darstellungen komplexer Systeme. Die verschiedenen Indizes zeigen, wie komplex die Schüler den Sachverhalt darstellen können und lassen Rückschlüsse auf ihre Fertigkeiten im systemischen Denken zu.

Schwierigkeiten bei der Erhebung der Daten zur Auswertung traten dann zu Tage, wenn die Schüler den Sachverhalt in zwei oder drei verschiedenen Darstellungstypen erklären wollten. In diesen Fällen konnte nicht jedem Darstellungstyp Rechnung getragen werden, sondern es wurde die komplexeste Darstellungsform ausgewertet. Z.T. ergab dies für den einzelnen Probanden weniger Systemelementen und demzufolge einen tieferen Komplexitätsindex, jedoch eine Steigerung des Darstellungstyps und der Vernetzungs- und Strukturindizes.

Eine weitere Problematik bei der Erhebung der Daten zur Auswertung war diejenige, dass einige wenige Schüler ganz auf eine graphische Darstellung verzichteten und sich auf eine Darstellung des Sachverhaltes in Textform konzentrierten. In diesem Fall wurde der Text ausgewertet. Es zeigte sich schwierig, die Systemelemente aus den Texten genau zu definieren, wie auch Wirkungsketten, Verzweigungen und Kreisläufe herauszulesen. Wirkungsketten waren oftmals durch einen eingeschobenen Satz so unterbrochen, dass sie nicht mehr als Wirkungsketten gezählt werden konnten. Dasselbe gilt für Kreisläufe. Verzweigungen waren leichter zu erkennen.

Eine Auswertung nach der Methode Bollmann [25] zieht die Frage nach sich, was denn überhaupt evaluiert wurde. Während dem Unterricht trainierten die Schüler den Umgang mit dem Vernetzungskreis und das Erstellen eines Wirkungsgefüges. Stellte ein Schüler den Sachverhalt nicht in einer solchen Form dar, bescheinigte ihm die Auswertung nach Bollmann [25] wenig Fertigkeiten im systemischen Denken, obwohl dies so vielleicht nicht stimmt. Die Schüler mussten ein Werkzeug anwenden, welches ihnen im Unterricht zur Verfügung gestellt wurde. Je besser sie dieses Werkzeug beherrschten, umso besser schnitten sie in der Auswertung ab.

Dem entgegenzuhalten wäre, dass die Schüler in der Wahl der Systemelemente frei waren und sie die Beziehungen zwischen den Systemelementen selber bewerten mussten. Wer viele Systemelemente

mit vielen Beziehungen aufzeigte, schnitt in der Auswertung besser ab als andere. Mit anderen Worten bewiesen eben diejenigen Schüler mit breitem Allgemeinwissen und hohem Detailierungsgrad, dass sie durchaus fähig waren, vernetzt zu denken.

## **5.5 Genderunterschiede**

Die im Kapitel 4.2 und 4.3 ausgewerteten Daten zeigen eine leicht höhere Fertigkeit der Mädchen im Umgang mit systemischem Denken. Wie schon unter den genannten Kapiteln angesprochen, ist es schwierig, daraus allgemeingültige Schlüsse zu ziehen.

Das bessere Abschneiden der Mädchen kann vielerlei Gründe haben. So waren Mädchen tendenziell gewissenhafter im Umgang mit dem schulischen Stoff und zeigten die Fähigkeit, sich länger auf ein Thema zu fokussieren. Die Knaben zeigten sich kompetent im Aufbau der Aquaponicanlage. Ihnen waren die Vorteile des Aquaponickreislaufes schnell klar.

## **5.6 Ausblick**

Um genauere Resultate im Hinblick auf die Genderunterschiede zu erhalten, sind weitere Nachforschungen in diese Richtung nötig. Es ist offen, ob eine nochmalige Durchführung dieses Unterrichtskonzeptes die erhaltenen Resultate bestätigen könnte.

Sicherlich wäre es interessant, eine repräsentative Stichprobe in Bezug auf das Trainieren und Erlernen von systemischen Denkansätzen zu erhalten.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Junge, R., Kærgaard, I. (2006): Mit Ökotechnologie das Interesse der Primarschüler an Naturwissenschaften wecken, unr.intern 02/06, S. 13.
- [2] Hofstetter, U. (2007): Aquaponic - ein Unterrichtsmodul über den geschlossenen Kreislauf von Wasser und Nährstoffen, Semesterarbeit HSW, unveröffentlicht.
- [3] Nagel, U. Wilhelm Hamiti, S. (2008): Komplexität erproben und erleben - Elemente einer Didaktik des systemischen Denkens, <http://www.umweltbildung.at/cgi-bin/cms/af.pl?contentid=10415>, (13.2.08).
- [4] Anon. (1999): Was ist Aquaponic?, Institute for Ecological Engeneering HSW: [http://www.polykulturen.ch/aquaponic/aquaponic\\_d.htm](http://www.polykulturen.ch/aquaponic/aquaponic_d.htm), (22.9.07).
- [5] Kunz. M. , Graber. A. (2007): Schweizer Fisch aus ökologischer Zucht - ein Wegweiser zur eigenen Fischproduktion. Hochschule Wädenswil, Fachstelle Ökotechnologie.
- [6] Seymour, J. (2002): The New complete book of Self-Sufficiency. Dorling Kindersley Limited.
- [7] Albin, V. Bamert, R. (2005): Aquaponic als Unterrichtsmodell, Semesterarbeit HSW, unveröffentlicht.
- [8] Bamert, R. (2007): Aquaponic - Kreislaufanlagen in der Fischzucht als Lernmodell für Kinder, Diplomarbeit HSW, unveröffentlicht.
- [9] Ossimitz, G. (2000): Entwicklung systemischen Denkens. Theoretische Konzepte und empirische Untersuchungen, Profil Verlag, München Wien.
- [10] Vester, F. (1978): Unsere Welt - ein vernetztes System, Ernst Klett Verlag, Stuttgart.
- [11] de Haan, G. (2007): Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Sekundarstufe I, Programm Transfer - 21 Koordinierungsstelle Freie Universität Berlin (Hrsg.), S.9.
- [12] Aargauer Zeitung Online (2007): Jeder zweite Steuerfuss ist gerutscht, <http://www.azonline.ch/pages/index.cfm?dom=113&id=101728078&rub=100211841&arub=100211841&orub=100211474&osrub=100211482&sda=0>, (14.11.07).
- [13] Anon.: Die aargauische Bezirksschule, <http://www.kreisschule.ch/Bezirksschule/Portrait/portrait.html>, (25.9.07).
- [14] Anon.: Lehrplan für die Volksschule des Kantons Aargau, <http://www.ag.ch/lehrplan/shared/dokumente/pdf/realien.pdf>, (24.9.2007).
- [15] Klafki, W. (1957): Bildungstheoretische Didaktik, Didaktische Analyse, [http://www.didaktik.uni-jena.de/did\\_06/analyse.htm](http://www.didaktik.uni-jena.de/did_06/analyse.htm), (30. 12. 2006).

- [16] Kommission Mensch und Umwelt der Bildungsdirektoren - Konferenz Zentralschweiz, (2000): Lehrplan für die Primarschule Mensch und Umwelt, [http://www.zebis.ch/inhalte/bildungsregion/lehrplaene/lp\\_mensch\\_und\\_umwelt\\_bkz.pdf](http://www.zebis.ch/inhalte/bildungsregion/lehrplaene/lp_mensch_und_umwelt_bkz.pdf), (12.10.07).
- [17] Anon. (2003): Lehrplan für Mensch und Umwelt des Kanton Zürich, <http://www.kanton.zh.ch/portal/de/portalhome.search.html?id=1&search=lehrplan+mensch+und+umwelt&sort=5>, (12.10.07).
- [18] Greenpeace (2007): Fischerei - Beitrag zur Arterhaltung, : <http://www.greenpeace.ch/de/-themen/meer/fischerei/ueberfischung> (5.11.07).
- [19] Jungbluth, R., Rohwetter, M. (2007): Es gibt kein Menschenrecht auf einen Swimmingpool, das Magazin 2007/17.
- [20] Dörner, D. (2006): Die Logik des Misslingens, 5. Auflage, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Hamburg.
- [21] Hungerford, H.R., Volk, T.L. (1990): Changing Learner Behaviour Through Environmental Education, The journal of Environmental Education, Vol 21, No 3.
- [22] Niederberger, K. (2004): Naturerlebnis Wald, rex Verlag, Luzern.
- [23] Quaden, R. Ticotsky, A. (2004): The Shape of Change, Action, MA: Creative Learning Exchange.
- [24] Nussbaumer, H. (2005): Klimawandel freut die Wildsau, TA, 18.11.05.
- [25] Bollmann - Zuberbühler, B. (2005): Lernwirksamkeitsstudie zum systemischen Denken an der Sekundarstufe I, Lizentiatsarbeit an der Philosophischen Fakultät der Universität Zürich, Psychologisches Institut, (Publikation in Vorbereitung).
- [26] Altrichter, H. Posch, P. (2007): Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht, Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn.

## 7 Abbildungsverzeichnis

**Abbildung 1:** Schema einer Aquaponicanlage. Die Pfeile symbolisieren den Wasserfluss. Die Aquaponicanlagen in dieser Diplomarbeit wurden auf diese Weise konstruiert. .... - 9 -

## 8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Die Tabelle zeigt die Auflistung der Verbrauchsmaterialien, die für eine Aquaponicanlage mit den Massen 40x40x30 benötigt werden. Die Abkürzung (B) steht für Baumarkt, (T) für Tierhandlung. Die Stückpreise gelten für den Oktober 2007. .... - 14 -
Tabelle 2:	Die Tabelle zeigt die Klassengröße der Versuchsklassen und die Verteilung der Mädchen und Knaben in jeder Klasse..... - 19 -
Tabelle 3:	Diese Tabelle zeigt die Indikatorvariablen, aufgeschlüsselt nach Haupt- und Nebenfaktoren, für umweltverantwortliches Handeln nach Hungerford und Volk [21]. Es ist ersichtlich, dass Umweltsensibilität der erste Schritt zu Mitverantwortlichem Handeln darstellt. Die Zwischenschritte sind aus der Tabelle zu entnehmen..... - 23 -
Tabelle 4:	Tabelle nach Bollmann [25] (erweitert): Auflistung der Zuordnungsmerkmale der verwendeten Darstellungstypen. .... - 56 -
Tabelle 5:	Das Balkendiagramm zeigt den Mittelwert des Komplexitätsindex aller Probanden aus K7.1-3 für Mädchen, Knaben und beide Gruppen zusammen (Total). .... - 58 -
Tabelle 6:	Das Balkendiagramm zeigt den Mittelwert des Vernetzungsindex der Klassen K7.1-3 für Mädchen, Knaben und beide Gruppen zusammen (Total). .... - 59 -
Tabelle 7:	Diese Tabelle zeigt die Verteilung der Darstellungstypen auf. Im Eintrittstest sind vermehrt die „einfachen“ Diagrammtypen, wie Szenische Darstellung und Stadienbild anzutreffen. Für den Austrittstest verwendeten die Schüler eher die komplexeren linearen Wirkungsdiagramme, Wirkungsdiagramme und Netzdiagramme. .... - 59 -
Tabelle 8:	Das Balkendiagramm zeigt den Mittelwert des Strukturindex der Klassen K7.1-3 für Mädchen, Knaben und beide Gruppen zusammen (Total). .... - 60 -
Tabelle 9:	Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Komplexitätsindex der Klasse K7.1. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt. .... - 98 -
Tabelle 10:	Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Vernetzungsindex der Klasse K7.1. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt. .... - 98 -
Tabelle 11:	Diese Tabelle zeigt die Verteilung der Darstellungstypen der Klasse K7.1. .... - 99 -
Tabelle 12:	Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Strukturindex der Klasse K7.1. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt. .... - 99 -
Tabelle 13:	Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Komplexitätsindex der Klasse K7.2. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt. .... - 100 -
Tabelle 14:	Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Vernetzungsindex der Klasse K7.2. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt. .... - 100 -
Tabelle 15:	Die Tabelle zeigt die Verteilung der Darstellungstypen der Klasse K7.2 im Eintritts- und Austrittstest. .... - 101 -

Tabelle 16:	Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Strukturindex der Klasse K7.2. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt. .... - 101 -
Tabelle 17:	Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Komplexitätsindex der Klasse K7.3. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt. .... - 102 -
Tabelle 18:	Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Vernetzungsindex der Klasse K7.3. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt. .... - 102 -
Tabelle 19:	Diese Tabelle zeigt die Verteilung der Darstellungstypen der Klasse K7.3. .... - 103 -
Tabelle 20:	Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Strukturindex der Klasse K7.3. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt. .... - 103 -
Tabelle 21:	Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Komplexitätsindex der Gruppe 1 (Mädchengruppe) gegenüber der Gruppe 6 (Knabengruppe). .... - 104 -
Tabelle 22:	Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Vernetzungsindex der Gruppe 1 (Mädchengruppe) gegenüber der Gruppe 6 (Knabengruppe). .... - 104 -
Tabelle 23:	Diese Tabelle zeigt die Verteilung der Darstellungstypen der von der Knabengruppe gegenüber der Mädchengruppe. .... - 105 -
Tabelle 24:	Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Strukturindex der Gruppe 1 (Mädchengruppe) gegenüber der Gruppe 6 (Knabengruppe). .... - 105 -

## Anhang A - Arbeitsblätter

<b>Anhang A - Arbeitsblätter</b> .....	<b>- 72 -</b>
<i>UE1</i> .....	- 73 -
Eintrittstest .....	- 73 -
<i>UE2</i> .....	- 74 -
AB Das System .....	- 74 -
AB Systemdarstellung Mücke .....	- 75 -
AB Systemhierarchie .....	- 76 -
AB Mücke .....	- 77 -
AB Betrachtung der Klasse .....	- 78 -
AB Systemvernetzung .....	- 79 -
Systemspiel Ökonetz [22] .....	- 80 -
AB Positive Rückkoppelung - Aufschaukeln .....	- 82 -
AB Positive Rückkoppelung - Abschaukeln .....	- 83 -
AB Negative Rückkoppelung .....	- 84 -
AB Wolf, Hase und Pflanze .....	- 85 -
<i>UE3</i> .....	- 86 -
AB Vernetzungskreis [22] .....	- 86 -
AB Klimawandel freut die Wildsauern .....	- 87 -
AB Fischzucht der Moris [8] .....	- 89 -
Lösung zu Fischzucht der Moris .....	- 90 -
<i>UE4</i> .....	- 91 -
AB Auftrag Planung Aquaponic .....	- 91 -
<i>UE5</i> .....	- 92 -
AB Systemelement .....	- 92 -
AB Einflussmatrix .....	- 93 -
<i>UE6</i> .....	- 94 -
Vorlage Beobachtungsprotokoll .....	- 94 -
<i>UE8</i> .....	- 96 -
Austrittstest .....	- 96 -

## **UE1**

### **Eintrittstest**



Oftmals, an schön lauschigen Frühlingstagen auf dem Land, wenn die Fenster offen stehen und die Vögel ihre Frühlingmelodien ausprobieren, schleicht ein nicht ganz angenehmer Duft durch die offenen Fenster ins Haus. „Nein, muss das denn sein!“, ruft die Mutter entrüstet aus, „Kann der das nicht woanders tun?! Schnell, hilf mir die Wäsche nach drinnen zu bringen, sonst beginnt sie zu stinken!“. Was ist geschehen? Der Bauer Abacher hat wieder einmal seine Gülle und seinen Mist auf die Felder gebracht. Jetzt zieht der unangenehme Jaucheduft durchs Dorf und lässt die Bewohner durch den Mund atmen, um den Gestank nicht in die Nase zu bekommen.

Wieso macht der Bauer das? Welche Gründe hat er, die Gülle und den Mist auszufahren?

Skizziere und beschreibe die obige Frage auf die Rückseite dieses Blattes. Schreibe auch deinen Namen auf das Blatt.

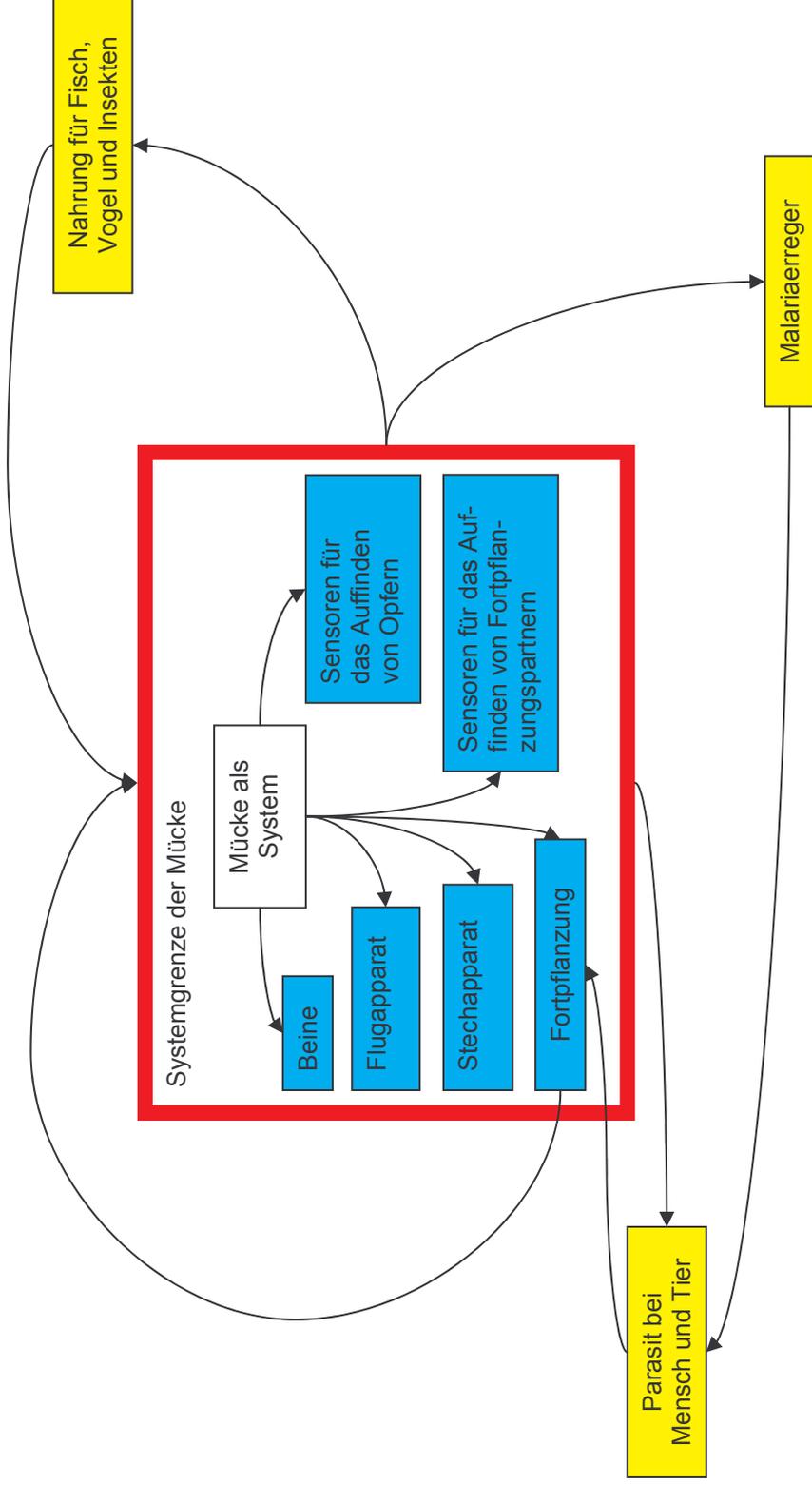
## **UE2**

### **AB Das System**

Ein System ist aus verschiedenen Teilen aufgebaut. Diese Einzelteile liegen aber nicht wahllos nebeneinander, sondern sie sind untereinander organisiert und vernetzt. Somit verhält sich ein System völlig anders, als seine Einzelteile es tun würden. Ein System ist demnach mehr, als die Summe seiner Teile! Die Teile organisieren sich zu einem neuen Ganzen mit neuer Funktion. Es gibt natürliche und künstliche Systeme. Künstliche Systeme sind von Menschen hergestellt. Ein System hat folgende Eigenschaften:

- Es ist aus einzelnen Teilen zusammengebaut.
- Die einzelnen Teile sind vernetzt strukturiert und organisiert. Zwischen ihnen besteht eine Wechselwirkung.
- Systeme sind ineinander verschachtelt. Ein System fügt sich also in einen grösseren Kontext, ein grösseres System ein.

## AB Systemdarstellung Mücke



## **AB Systemhierarchie**

Jedes System hat ein übergeordnetes System, dem es sich unterordnet. Es ist somit Teil dieses übergeordneten Systems. Systeme sind also ineinander verschachtelt.

## **AB Mücke**

Um eine Mücke als Mücke zu betrachten, ist es nicht nötig, alle ihre Interaktionen mit anderen Lebewesen ebenfalls in die Betrachtung mit einzubeziehen. Die Systemgrenze kann der Körper der Mücke sein. Systemgrenzen sind willkürlich, also vom Menschen angelegt und haben wenig mit einem System zu tun. Sie begrenzen die Aufmerksamkeit für den zu untersuchenden Gegenstand.

## AB Betrachtung der Klasse

Überlege dir, welche der unten aufgeführten Wörter Teil deiner Klasse sind. Markiere sie erst einmal mit Bleistift. Grenze nun die gefundenen Wörter durch das Ziehen eines Kreises von den anderen Wörtern ab. Alle markierten Wörter sollen im Kreis enthalten sein. Den Kreis, den du nun gezogen hast, nennt man Systemgrenze. Alle diese Wörter im Kreis gehören zu dem Begriff „Meine Klasse“. Schreibe die Systemgrenze mit „Meine Klasse“ an.



## **AB Systemvernetzung**

Es gibt keine abgeschlossenen Systeme: In der Realität sind alle Systeme offen – mit anderen vernetzt. Geschlossene Systeme gibt es nur in der Theorie, da sich mit ihnen besser rechnen lässt. Ein System, das lebt, ist immer dynamisch, immer fließend. Aus ihnen strömt etwas hinaus – in sie strömt etwas hinein.

## Systemspiel Ökonetz [22]

### Ablauf

Jedes Gruppenmitglied sucht einen Tannzapfen (oder sonst einen Waldgegenstand, der ohne Verletzungsgefahr geworfen werden kann) und legt ihn auf einen Haufen. Um diesen Haufen bildet die Gruppe einen grossen Kreis.

Nun wirfst du jemandem einen Tannzapfen zu und rufst laut seinen Namen. Die angesprochene Person wirft den Zapfen einer weiteren Person mit Namensaufruf zu usw. Der Wurfgegenstand fliegt so kreuz und quer im Kreis herum (jedes Mal zu einer neuen Person), bis er zuletzt wieder bei dir landet. Alle merken sich, an wen sie den Gegenstand weiter geworfen haben. Zum leichteren Aufbau der ersten Runde setzen sich diejenigen hin, welche bereits an der Reihe waren.

Um die „Zuverlässigkeit“ der Beziehungen zu testen, wird nochmals eine Proberunde durchgeführt. Im weiteren Verlauf gibst du von deinem Zapfenhaufen sukzessive mehr Wurfgegenstände ins Spiel. Bei zunehmender Anzahl der Wurfkörper entsteht eine immer wildere Folge der aufgerufenen Namen. Nach und nach gibst du die bei dir ankommenden Gegenstände nicht wieder weiter, sondern legst sie vor dich hin. Zuerst unmerklich, dann immer deutlicher nimmt die Anzahl der Namen - und damit auch bis anhin intakten Verknüpfungen ab.

### Auswertung

Stellt euch vor, das Ganze sei ein funktionierendes Ökosystem mit einer Vielzahl von Beziehungen irgendwelcher Art und diskutiert dann, was passiert ist, als du die Gegenstände nicht mehr weitergereicht hast. In der Natur ist es meist nicht so, dass beim Ausfall eines „Kettengliedes“ gleich das ganze System blockiert wird. Es ist möglich, dass ein anderes Element in die frei gewordene Lücke springt. Versucht diesen Fall einmal durchzuspielen. Durch das verdeckte Los erhält ein Gruppenmitglied die Rolle, nach einer gewissen Zeit das System zu blockieren. Sobald eine Person merkt, dass bei ihr keine Gegenstände mehr ankommen, bedeutet dies den Ausfall des eine Station vor ihr stehenden Gliedes. Nun muss schleunigst mit der zwei Stationen davor stehenden Person Kontakt aufgenommen und die Lücke überbrückt werden.

Noch spannender wird's, wenn mehrere Gruppenmitglieder die Rolle zum Ausfallen erhalten. Gelingt es der restlichen Gruppe, das Kreisen der Gegenstände aufrechtzuerhalten? Es wird bald auch klar, dass bei allzu vielen Ausfällen das System schliesslich doch zusammenbricht.

### Variationen und weitere Unterrichtsideen

#### *Variante 1*

Die Gruppenmitglieder stehen im Kreis und du hältst einen Knäuel Schnur bereit. Nun wird gemäss dem oben beschriebenen Vorgehen ein Beziehungsnetz aufgebaut: Statt der Tannzapfen wird der Schnurknäuel geworfen und beim Weiterwerfen behält jede Person einen Faden in der Hand. Das Entstehen und Wachsen des Beziehungsgefüges wird dadurch auch optisch verdeutlicht. Am Schluss landet der Knäuel wieder bei dir. Der Zusammenhang der verschiedenen Elemente kann nun auf verschiedene Arten zum Ausdruck kommen:

Impuls auf die Reise schicken (kurzes Ziehen an der Schnur). Dort, wo der Impuls deutlich ankommt, wird er weitergegeben. Auch mehrere Impulse können gleichzeitig unterwegs sein.

Alle schliessen die Augen. Jede Person „denkt“ sich einen Ton aus, der jeweils während etwa 10 Sekunden gehalten wird, sobald ein Impuls ankommt.

Anstelle eines Tones entscheidet sich jede Person für einen Laut (in einer späteren Runde kann dies auch ein Tierlaut sein). Der Laut wird aktiviert, sobald ein Impuls ankommt.

### *Variante 2*

Das Netz wird aufgebaut wie oben beschrieben, nur dass sich jede Person eine Rolle als Teil der Natur (im Speziellen des Waldes) ausdenkt, z.B.: „Ich bin ein Fuchs, ich eine Waldmaus, ich eine Himbeere, ich eine Buche, ich die Sonne, ich eine Kohlmeise, ich ein Waldbach... usw.“ Sobald das Netz steht, hat jede Person die Möglichkeit, aufgrund eines Impulses aus dem Netz auszusteigen, z.B.: „Ich bin die Waldmaus und soeben hat mich der Fuchs gefressen“, oder „Ich bin die Buche und ein grosser Sturm hat mich umgeworfen“ usw.

Durch die fehlende Verankerung der Schnur am Platz des ausgefallenen Gruppenmitgliedes ist das Netz nicht mehr gespannt. Die übrig gebliebenen Personen müssen nun versuchen, die Spannung im Netz wieder herzustellen, indem sie so weit wie nötig die ursprüngliche Kreisform verlassen. Das Netz nimmt durch die verschiedenen Auffangaktionen immer neue Formen an.

Es ist auch möglich, wieder in das Netz einzutreten („Der Wind hat sich gelegt und aus der alten Buche wächst eine neue“ ...) und einfach irgendwo an der Schnur zu ziehen. Auch diese Aktion führt zu einer Veränderung des ganzen Netzes, da ja immer etwa die gleiche Spannung auf der Schnur angelegt sein soll. Dies führt tendenziell eher wieder zu einer kreisförmigen Netzstruktur.

Diskutiert anschliessend miteinander die im Netz beobachteten Vorgänge und stellt Verbindungen zu den Vorgängen in der Natur an.

### *Variante 3*

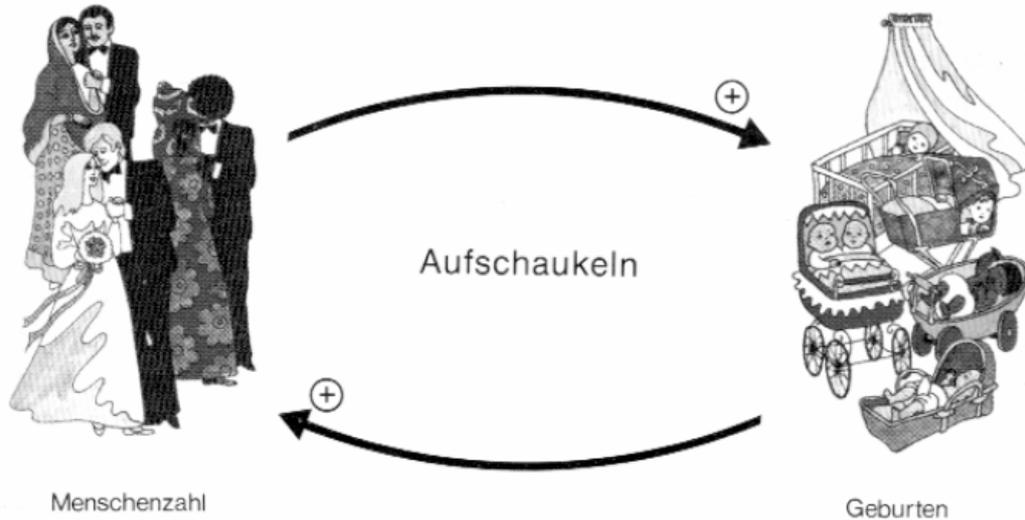
Die Kinder bilden einen Kreis und du stellst dich in den Kreis nahe am Rand mit einem Knäuel Schnur in der Hand. Dann fragst du: „Wer kennt eine Pflanze, die in dieser Gegend wächst?“ ... „Löwenzahn“. Diejenige Person, welche den Löwenzahn genannt hat, spielt nun diese Rolle und erhält das eine Ende der Schnur. Sie fragt: „Und wer frisst den Löwenzahn?“ ... „Kaninchen“ ... Der Schnurknäuel wandert zu jener Person, welche das Kaninchen genannt hat. Nach und nach werden so alle Kinder miteinander verbunden und es entsteht das Bild, dass alle miteinander in Beziehung stehen und voneinander abhängen (Aufbau eines Ökosystems).

Um zu demonstrieren, wie wichtig jeder Einzelne für die Gemeinschaft ist, lässt du auf plausible Weise ein Lebewesen aus der Kette wegfallen. Zum Beispiel tötet ein Feuer einen Baum. Wenn der Baum fällt, reisst das Kind, welches ihn verkörpert, an der Schnur in seiner Hand. Jede Person, die den Ruck spürt, ist vom Tod des Baumes betroffen und zieht nun ihrerseits an der Schnur... und so weiter, bis alle merken, dass durch die Zerstörung des Baumes das ganze Netz (Gleichgewicht) betroffen ist.

Das Spiel lebt von der Bewegung, die durch die Ausfälle bzw. Wiedereintritte im Netz entstehen. Animiere die Kinder, sich schnell plausible Vorgänge auszudenken und dadurch aktiv das Geschehen zu beeinflussen. Betrachtet miteinander die Vorgänge, die im Spiel passieren, und sucht Parallelen mit dem tatsächlichen Naturgeschehen.

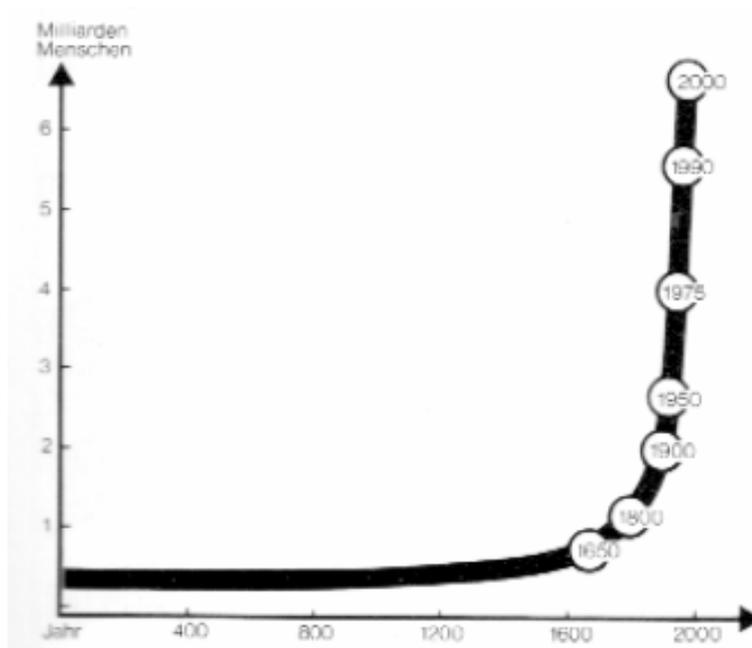
## AB Positive Rückkoppelung - Aufschaukeln

Aufschaukeln



Ein Aufschaukeln entspricht einem positiven Regelkreis. Die Wirkung wird verstärkt.

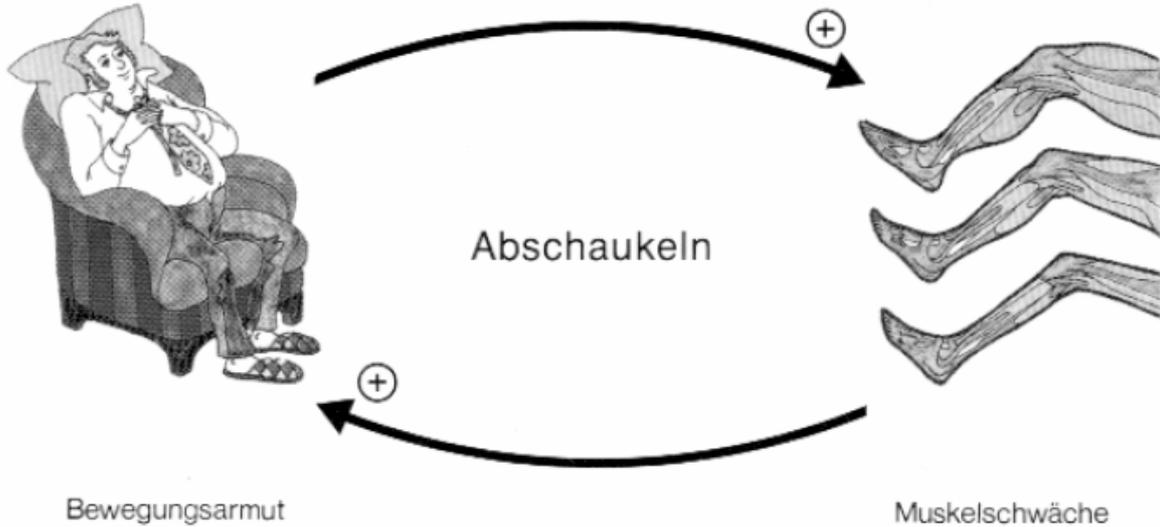
Bevölkerungswachstum der Erde:



Positive Rückkoppelungen entstehen, wenn Wirkung und Rückwirkung sich gegenseitig verstärken, also gleichgerichtet sind. Positive Rückkoppelung ist nötig, um in Systemen Dinge zum Laufen zu bringen. Sie muss jedoch immer einer übergeordneten Regulation (negative Rückkoppelung) gehorchen. Tut sie dies nicht, so können wahre Teufelskreise entstehen, die nicht mehr unter Kontrolle zu bringen sind.

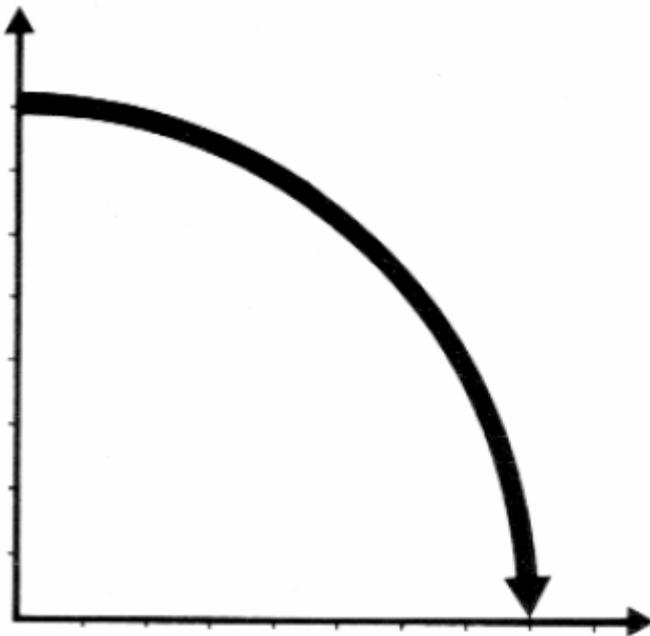
## AB Positive Rückkoppelung - Abschaukeln

Abschaukeln



Das Abschaukeln entspricht auch einem positiven Regelkreis. Die Wirkung wird minimiert, bis das zur Zerstörung des Systems führt.

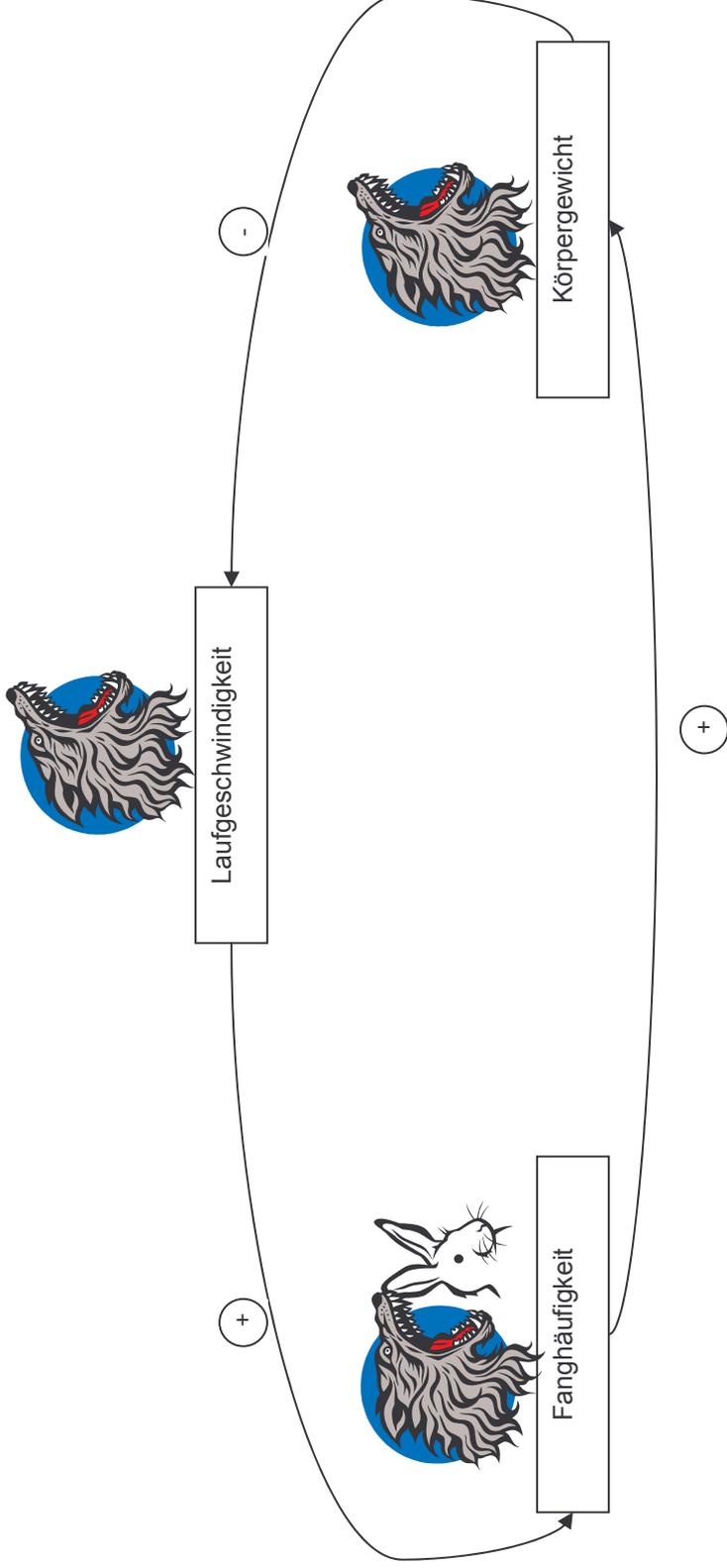
Graphische Darstellung der Abschaukelung:



Positive Rückkoppelungen entstehen, wenn Wirkung und Rückwirkung sich gegenseitig verstärken, also gleichgerichtet sind. Positive Rückkoppelung ist nötig, um in Systemen Dinge zum Laufen zu bringen. Sie muss jedoch immer einer übergeordneten Regulation (negative Rückkoppelung) gehorchen. Tut sie dies nicht, so können wahre Teufelskreise entstehen, die nicht mehr unter Kontrolle zu bringen sind.

## AB Negative Rückkoppelung

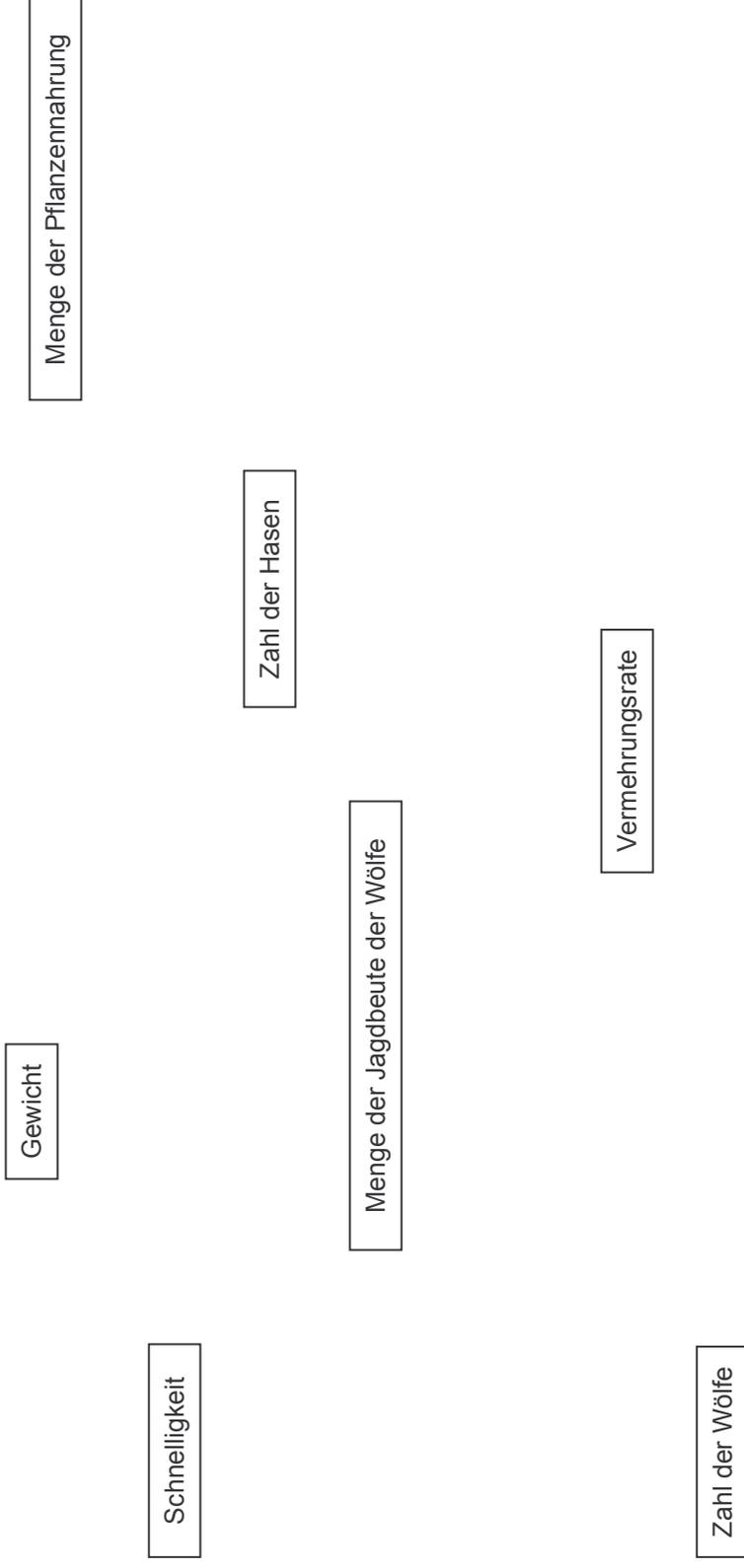
Die negative Rückkoppelung ist eine der wichtigsten Eigenschaften, mit denen sich natürliche Systeme trotz positiver Rückkoppelung am Leben erhalten. Eine negative Rückkoppelung ist eine dem Ziel entgegen gerichtete Wirkung. Sie schwächt die positive Rückkoppelung ab.



Eine solche negative Rückwirkung ist das Grundprinzip aller Regelkreise, mit dem sich Systeme in einem stabilen Gleichgewicht (ökologisches Gleichgewicht) halten. Anders als bei positiven Rückwirkungen verstärkt sich hier nicht Ursache und Wirkung gegenseitig, sondern die Wirkung hemmt wieder die Ursache.

## AB Wolf, Hase und Pflanze

Trage die Pfeile für die Vernetzung zwischen den einzelnen Systemelementen ein. Es gibt positive wie auch negative Rückkoppelungen. Überlege dir auch, welche Elemente zum Wolf, Hase und der Pflanze gehören.



Solche Wirkungsnetze spielen im Zusammenleben aller Tier- und Pflanzenarten eine grosse Rolle. In Gegenden wo Pflanzen spärlich wachsen, schützen die Wölfe letzten Endes auch die Hasen vor dem Aussterben, weil sie die deren Vermehrungsrate klein halten und dadurch eine Hungerkatastrophe verhindern. Aus dem Schema ergibt sich: je mehr Wölfe, umso weniger Hasen, umso mehr Pflanzennahrung für die verbleibenden Hasen. Dieses Gleichgewicht wird zwar immer wieder durch Wachstum und Fortpflanzung gestört, was aber durch die vernetzten Regelkreise wieder abgefangen wird. Dies bezeichnet man als „ökologisches Gleichgewicht“.

## UE3

### AB Vernetzungskreis [23]

#### Vernetzungskreise

Vernetzungskreise sind Denkwerkzeuge, um zu verstehen, wie ein System funktioniert. Es ist kaum so, dass es zu einer Geschichte oder einer wahren Begebenheit nur eine einzige richtige Erklärung gibt. Durch den Vernetzungskreis werden Ideen generiert und die verschiedensten möglichen kausalen Verbindungen sichtbar gemacht. Die Komplexität in einem System wird dadurch, dass sie durchschaubar gemacht wird, auch vereinfacht. Es wird besser ersichtlich, was sich verändert und zwischen welchen Elementen eine Verbindung oder gar eine Rückkoppelung besteht.

**Regeln:**

1. Nimm Elemente aus der Geschichte, die alle drei der folgenden Kriterien erfüllen
  - Sie sind wichtig für die Veränderungen in der Geschichte
  - Es sind Nomen oder Nomensätze
  - Sie werden in der Geschichte grösser oder kleiner / mehr oder weniger / nehmen zu oder ab
2. Schreibe diese Elemente um den Kreis herum auf. Nimm nicht mehr als 5-10
3. Finde die Elemente auf dem Kreis, die bewirken, dass etwas anderes grösser oder kleiner / mehr oder weniger wird / zu- oder abnimmt
  - Zeichne einen Pfeil von der Ursache zur Wirkung
  - Die Verbindung zwischen den beiden Elementen muss direkt sein
4. Schau nach Rückkopplungsschleifen aus, bei denen der Pfeil wieder zum Ausgangselement zurückführt.

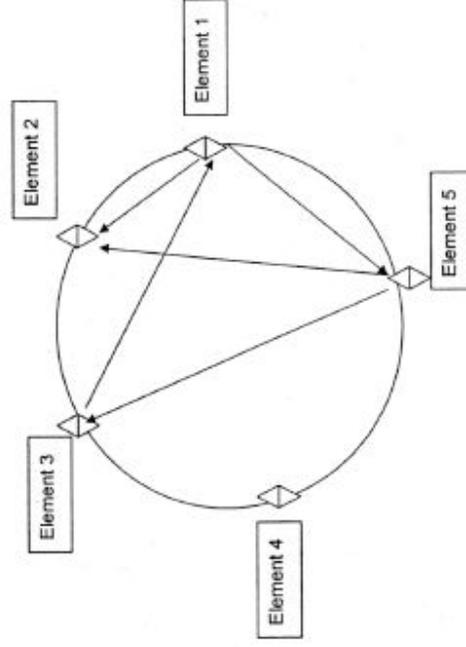
Zur Auswertung eignen sich folgende Fragen und Überlegungen:

- Welche Elemente haben viele Pfeile, die darauf hinführen oder davon weggehen? Ein Element mit vielen Pfeilen ist vermutlich ein wichtiges Element in der Geschichte. Es verursacht oder erlebt verschiedenste Veränderungen.
- Was bedeutet es, wenn ein Element keine Pfeile hat, die zu ihm hinführen? Das heisst, dieses Element wird nicht verändert. Vielleicht ist es gar nicht so wichtig in der ganzen Geschichte. Wenn es doch wichtig ist, dann fehlt vielleicht ein anderes Element im Kreis, welches diese Veränderung hervorbringt.
- Was bedeutet es, wenn ein Element keine Pfeile hat, die von ihm aus gehen? Dieses Element hat keinen Einfluss auf andere. Fehlt etwas Wichtiges im Kreis?

- Was bedeutet es, wenn ein Element mit keinem anderen verbunden ist? Das bedeutet klar, dass es kein entscheidend wichtiges Element in der Geschichte ist – oder dass andere wichtige Elemente fehlen.
- Was bedeutet es, wenn ein Weg von Pfeilen wieder zurück zu dem Element führt, mit dem man angefangen hat? Das deutet auf eine Rückkoppelung hin. Jeder geschlossene Kreis ist ein Rückkopplungskreis. Wenn ein Element im Kreis sich verändert so ist seine Wirkung über den Kreis bis zum Ausgangselement spürbar. Es gibt verstärkende (je mehr desto mehr oder je weniger desto weniger) Rückkopplungskreise und ausgleichende, die sich auf und ab bewegen und dadurch wieder ausgleichen.
- Was heisst das, wenn Elemente eines Vernetzungskreises zu mehr als einem Rückkopplungskreis gehören? Diese Kreise machen die Geschichte interessant, aber auch komplizierter.

Quelle:

Quaden, R. and Ticoitsky, A. (2004): The Shape of Change. Acton, MA: Creative Learning Exchange.



## **AB Klimawandel freut die Wildsauen**

© Tages-Anzeiger; 18.11.2005; Seite 5

### **Klimawandel freut die Wildsauen**

In der Schweiz leben immer mehr Wildschweine - und richten stattliche Schäden an. Als Fortpflanzungsmotoren erweisen sich Klimaerwärmung und Umweltbelastung.

*Von Hannes Nussbaumer*

Zuerst der Bündner Bär, dann die Thurgauer Wildsau - die helvetische Tierwelt bleibt in den Schlagzeilen: „Keiler (100 kg) rennt Grosi (82) über den Haufen“, titelte der „Blick“ Anfang der Woche. Aus bis heute ungeklärten Gründen attackierte ein Wildschwein im Kemmental bei Kreuzlingen zuerst eine 82-jährige Spaziergängerin und dann einen Waldarbeiter. Beide erlitten leichte Verletzungen.

Der Vorfall ist ungewöhnlich. Gar nicht ungewöhnlich ist dagegen der Umstand, dass sich der Zusammenstoss im Thurgau zugetragen hat. Das Thurgauer Wildsauenvolk wird immer zahlreicher. Wie viele Schweine es sind, lasse sich nicht beziffern, sagt der Leiter der Thurgauer Jagd- und Fischereiverwaltung, Roman Kistler. Beziffern lässt sich dagegen, was sie anrichten: 1990 wurden den Thurgauer Bauern Wildsauenschäden in der Höhe von 15 000 Franken vergütet, in den letzten Jahren lag der Betrag bei rund 200 000 Franken. Der Thurgau gehört wie der Aargau oder Zürich zu den Kantonen mit der grössten Wildschweinpopulation.

### **Immer mehr Nahrung**

Für den Thurgauer Wildbiologen und Wildschweinspezialisten Hannes Geisser steht fest: Der Wildschweinbestand werde sich in den nächsten Jahren weiter vergrössern, wenn auch nicht im selben Tempo wie bisher. Weshalb diese Wildsauenkonzunktur? In einer Studie, die Geisser unlängst zusammen mit dem Zürcher Zoologen Heinz-Ulrich Reyer publiziert hat, demontiert er die bisher verbreitete Erklärung, dass der ausufernde Maisanbau die Fortpflanzung der Wildsauen befördere. Viel wichtiger seien andere Phänomene: der Klimawandel, die Belastung von Luft und Boden sowie der Umweltstress der Laubbäume.

Dass ausgerechnet negative Umwelteinflüsse die Fruchtbarkeit begünstigen, erscheint auf den ersten Blick wie das Fazit eines Wunschtraums der seligen Autopartei - zeit ihrer Existenz denunzierte sie alle Umweltbedenken als unbegründet oder übertrieben. Der zweite Blick zeigt: Die Realität ist ein bisschen komplizierter und zum Frohlocken nicht so geeignet. Hannes Geisser erklärt: „Früher trugen Buchen und Eichen alle fünf bis sieben Jahre Früchte. Heute geschieht dies alle zwei bis drei Jahre.“ In den so genannten Mastjahren wachsen Unmengen von Bucheckern und Eicheln. Dass solche Jahre immer häufiger auftreten, wird in Fachkreisen als eine Art Panikreaktion der Bäume auf die immer schwierigeren Lebensbedingungen gedeutet: wärmere Temperaturen, trockenere Böden, schmutzige Luft.

Die Reaktion der Laubbäume sei vergleichbar mit dem Verhalten von Tannen, die sich in ihren letzten Lebensjahren - im „Bewusstsein“ des nahenden Endes - besonders intensiv um ihre Fortpflanzung kümmern und Unmengen von Zapfen produzieren würden, so Geisser.

Den Wildschweinen beschert die Häufung von Mastjahren ein paradiesisches Futterangebot. Die Folgen: Erstens lassen sich gut genährte Wildschweine vom Winter nichts anhaben, selbst wenn er bitterkalt ist. Zweitens bringen wohl genährte Muttersauen mehr, gesünderen und mithin überlebensfähigeren Nachwuchs zur Welt. Drittens führt das Grossangebot an Nahrung dazu, dass die Wildsauweibchen rund ein Jahr früher als gewöhnlich das für eine Mutterschaft nötige Gewicht erreichen. Laut

Geisser können in Mastjahren bis zu 90 Prozent der Bachen Nachwuchs bekommen - in normalen Jahren sind es 20 bis 30 Prozent. Dass die Winter immer kürzer und milder würden, komme den Wildschweinen zusätzlich entgegen.

### **Für eine „verantwortungsvolle Jagd“**

Die von Geisser und Reyer präsentierten Erklärungen für die Wildschweinvermehrung seien in der Fachwelt breit akzeptiert, erklärt der Thurgauer Amtschef Roman Kistler. Überdies stimmen sie mit den Beobachtungen der Praktiker überein. „Es hat sich etwas verändert“, sagt Peter Schmid, Förster im Forstrevier Sissach im - bei Wildsauen ebenfalls sehr beliebten - Kanton Basel-Landschaft. Die Indizien: Eichen und Buchen hätten „fast jedes Jahr eine Vollmast“ und die Muttersauen praktisch das ganze Jahr über Junge. „Wäre alles normal“, so Schmid, „hätten die Bachen nicht mitten im Winter Frischlinge.“

Wie reagieren auf die Fortpflanzungslust und ihre unerfreulichen Folgen? Dass sich Massnahmen aufdrängen, ist im Thurgau unbestritten - nur schon, weil die Schäden ins Geld gehen. Kein Wunder: Der Kanton Thurgau praktiziere das landesweit „kulanteste Entschädigungssystem“, betont Kistler. Die Schäden würden dem betroffenen Bauer zu 100 Prozent und ohne Selbstbehalt vergütet. Dabei zahle der Kanton 85 Prozent, die betroffene Jagdgesellschaft 15 Prozent. Über 90 Prozent der Thurgauer Wildschäden werden durch Wildschweine verursacht.

Als „wirksamste Massnahme“ bezeichnet Spezialist Geisser die „verantwortungsvolle Jagd“. Dazu gehöre, dass nicht die führenden Muttertiere einer Wildsauenrotte geschossen würden, sondern die Frischlinge. Werde ein Führungstier erlegt, zerfalle die Sozialstruktur der Rotte. Es entsteht eine marodierende Bande. Getreu dieser Erkenntnis, versucht man im Thurgau wie in anderen Kantonen den Wildsauenbestand durch „korrektes Bejagen“ (so Markus Brülisauer vom St. Galler Amt für Jagd und Fischerei) in den Griff zu bekommen. Offenbar mit Erfolg: Dass sich das Ausmass der Thurgauer Wildsauenschäden in den letzten Jahren (auf allerdings hohem Niveau) eingependelt hat, deutet Amtschef Kistler als Zeichen, dass die Bejagung Wirkung zeigt.

Für den Sprecher von Greenpeace, Wangpo Tethong, geht es freilich um mehr als die Frage, mit welchen Methoden sich die Wildsauenpopulation kurzfristig regulieren lässt. „Der Fall zeigt, dass der Klimawandel in nächster Nähe stattfindet. Er findet offensichtlich ganz subversive Wege, um in unser Bewusstsein zu gelangen.“

## **AB Fischzucht der Moris [9]**

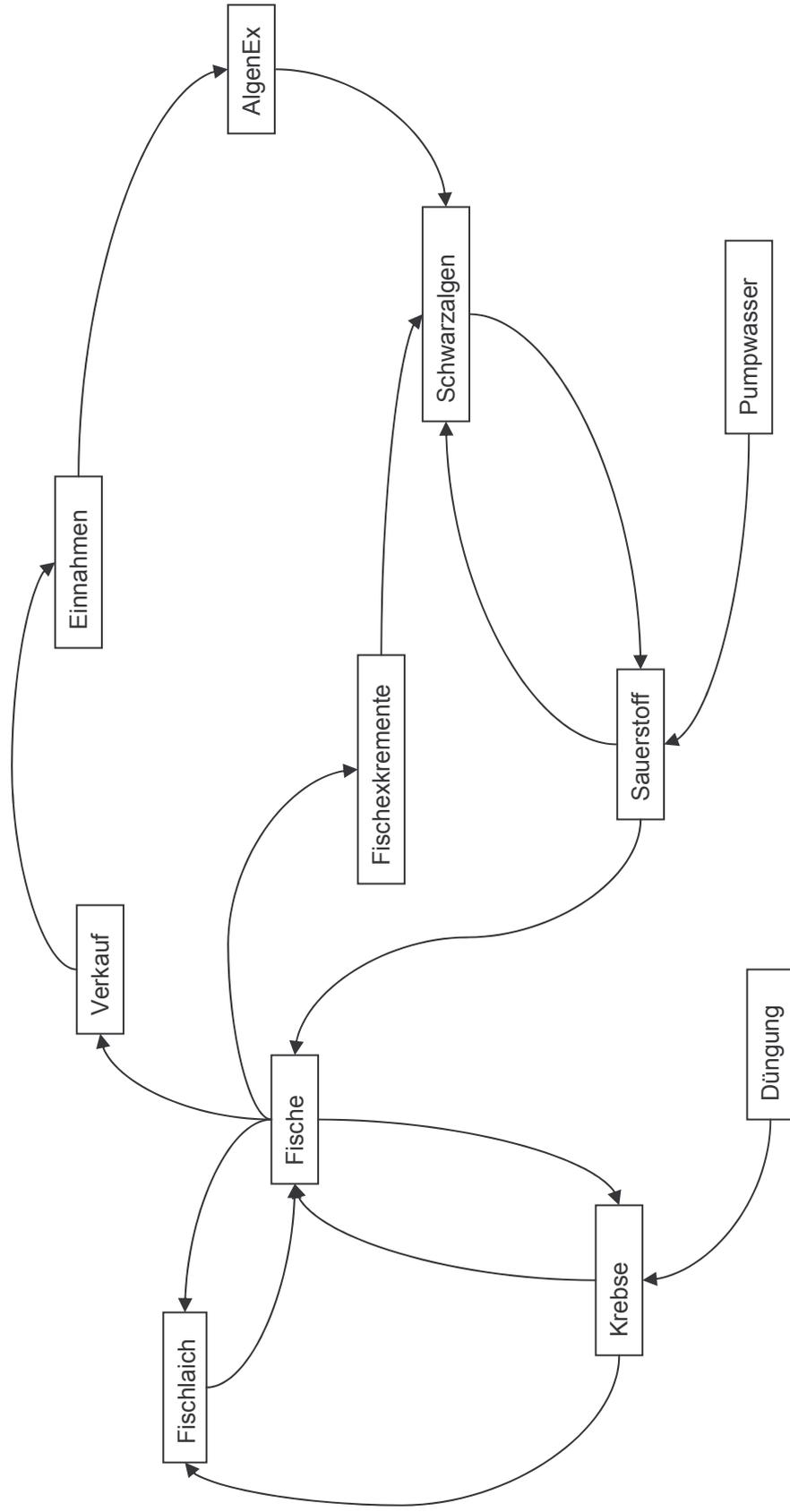
Der indonesische Stamm der Moris züchtet und verkauft Fische in eigens angelegten Fischteichen. Je mehr Fische in den Teichen gehalten werden, desto mehr Fische können pro Jahr verkauft werden und desto höher sind damit die Einnahmen der Moris. Bei ausreichenden Einnahmen könne sich die Moris auch „AlgenEx“, ein Mittel zur Bekämpfung der gefährlichen Schwarzalge leisten, die sich gerne in den Fischteichen der Moris vermehrt. Sind die Einnahmen aus dem Fischverkauf gering, können die Moris kein „AlgenEx“ kaufen.

Die Schwarzalge entzieht dem Wasser Sauerstoff. Je mehr Algen es im Teich gibt, desto mehr Fische ersticken an Sauerstoffmangel. Solche Fische können nicht mehr verkauft werden, weil sie faulig riechen und übel schmecken. Wenn der Sauerstoffmangel zu gross wird, dann kann der Teich ökologisch „umkippen“. In einem solchen Teich können keine Fische mehr gezüchtet werden. Bis zu einem gewissen Grad können die Moris ihren Fischteichen sauerstoffreiches Frischwasser (durch Muskelkraft bediente Tretpumpen) zuführen. Die Schwarzalgen lieben eher sauerstoffarmes Wasser und ernähren sich von Exkrementen der Fische sowie von anderen, im Wasser gelösten Nährstoffen. Je mehr Fische im Teich sind, desto besser gedeihen die Algen. Durch Einsatz von „AlgenEx“ werden die Algen gezielt bekämpft. „AlgenEx“ ist für die Fische und die Kleinlebewesen im Teich ungefährlich.

Die Fische ernähren sich von Kleinkrebsen. Die Kleinkrebse gedeihen in sauerstoffreichem Wasser genauso gut wie in saurestoffarmen und sind unempfindlich gegen die Schwarzalgen. Bei sonst gleichen Bedingungen wachsen die Algen bei einer hohen Zahl an Kleinkrebsen genauso gut wie dann, wenn es nur wenige Kleinkrebse gibt. Durch einen speziellen Dünger (gestampfte Rinde der Java – Eiche) können die Moris das Wachstum der Kleinkrebse bis zu einem gewissen Grad fördern und damit den Fischen eine bessere Lebensgrundlage bieten. Wenn die Fische nicht mehr ausreichend Kleinkrebse finden, beginnen sie, ihre eigene Laich (Fischeier) zu fressen. Damit zerstören die Fische längerfristig ihre eigene Existenz.

Stelle die hier beschriebenen Zusammenhänge so in einer Skizze dar, das man das Wichtigste auf einen Blick erkennen kann! Verwende dazu nur die Informationen aus dem Text.

## Lösung zu Fischzucht der Moris



## **UE4**

### **AB Auftrag Planung Aquaponic**

Kommt ein Gemüseproduzent zu einem Systemforscher und fragt:

In meiner Gärtnerei produziere ich Pflanzen auf künstlichem Boden. Dafür benötige ich viel Wasser. Zur Gewinnsteigerung meiner Gärtnerei habe ich einen Fischtank gekauft. Darin züchte ich Fische und verkaufe sie. Auch die Fische benötigen viel Frischwasser, sonst sterben sie. Überall wird von der Wasserverschwendung und Wasserknappheit gesprochen. Ich fühle mich mitschuldig, wenn ich so viel Wasser verbrauche und möchte es daher einsparen. Ist das möglich? Können Sie mir eine Anlage konzipieren, die weniger Wasserverbrauch hat? Bauen Sie mir bitte ein Modell.





**UE6**

**Vorlage Beobachtungsprotokoll  
Beobachtungsprotokoll Aquaponic – Anlage Nr. \_\_\_\_**

<b>Datum:</b>					
---------------	--	--	--	--	--

**Pflanze:**

Länge in cm	Nr. 1				
	Nr. 2				
	Nr. 3				
	Nr. 4				
Temperatur Umgebung °C					
Dauer Zusatzlicht in h					

**Fisch:**

Geschätzte Grösse Fisch in cm					
Gegebene Nahrung in Gramm					
Verhalten Fisch (Appetitlosigkeit, aktiv, passiv, schnelle Atmung, versteckt sich, ...)					
Aussehen Fisch (Schuppenkleid glänzt, gesund, Pilzbefall, ...)					

**Wasser:**

Wassermenge im Aquarium in dm <sup>3</sup>									
Wasserschwund in dm <sup>3</sup>									
Temperatur Wasser °C									
Trübung									



## **UE8**

### **Austrittstest**



Oftmals, an schön lauschigen Frühlingstagen auf dem Land, wenn die Fenster offen stehen und die Vögel ihre Frühlingsmelodien ausprobieren, schleicht ein nicht ganz angenehmer Duft durch die offenen Fenster ins Haus. „Nein, muss das denn sein!“, ruft die Mutter entrüstet aus, „Kann der das nicht woanders tun?! Schnell, hilf mir die Wäsche nach drinnen zu bringen, sonst beginnt sie zu stinken!“. Was ist geschehen? Der Bauer Abacher hat wieder einmal seine Gülle und seinen Mist auf die Felder gebracht. Jetzt zieht der unangenehme Jaucheduft durchs Dorf und lässt die Bewohner durch den Mund atmen, um den Gestank nicht in die Nase zu bekommen.

Wieso macht der Bauer das? Welche Gründe hat er, die Gülle und den Mist auszufahren?

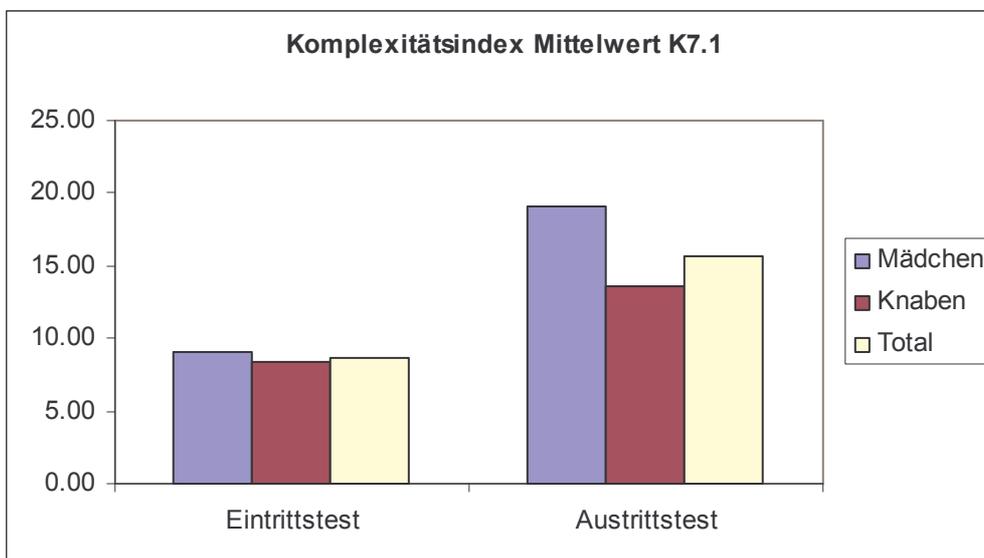
Skizziere und beschreibe die obige Frage auf die Rückseite dieses Blattes. Schreibe auch deinen Namen auf das Blatt.

## Anhang B - Tabellen der Evaluation

<b>Anhang B - Tabellen der Evaluation</b> .....	<b>- 97 -</b>
<i>K7.1</i> .....	<i>- 98 -</i>
Komplexitätsindex.....	- 98 -
Vernetzungsindex.....	- 98 -
Diagrammtyp.....	- 99 -
Strukturindex.....	- 99 -
<i>K7.2</i> .....	<i>- 100 -</i>
Komplexitätsindex.....	- 100 -
Vernetzungsindex.....	- 100 -
Diagrammtyp.....	- 101 -
Strukturindex.....	- 101 -
<i>K7.3</i> .....	<i>- 102 -</i>
Komplexitätsindex.....	- 102 -
Vernetzungsindex.....	- 102 -
Diagrammtyp.....	- 103 -
Strukturindex.....	- 103 -
<i>Gruppe 1 vs. Gruppe 6</i> .....	<i>- 104 -</i>
Komplexitätsindex.....	- 104 -
Vernetzungsindex.....	- 104 -
Darstellungstyp.....	- 105 -
Strukturindex.....	- 105 -

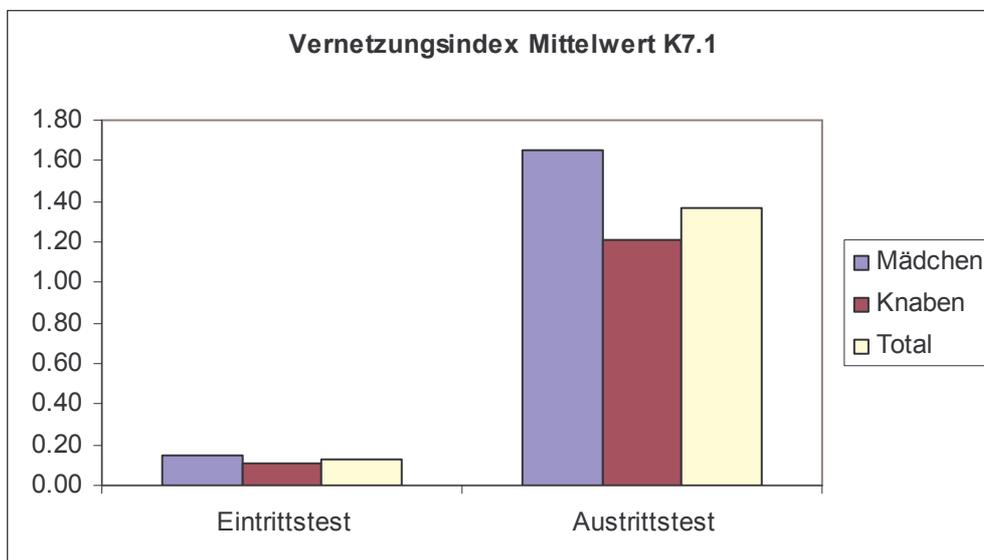
## K7.1

### Komplexitätsindex



**Tabelle 9:** Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Komplexitätsindex der Klasse K7.1. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt.

### Vernetzungsindex



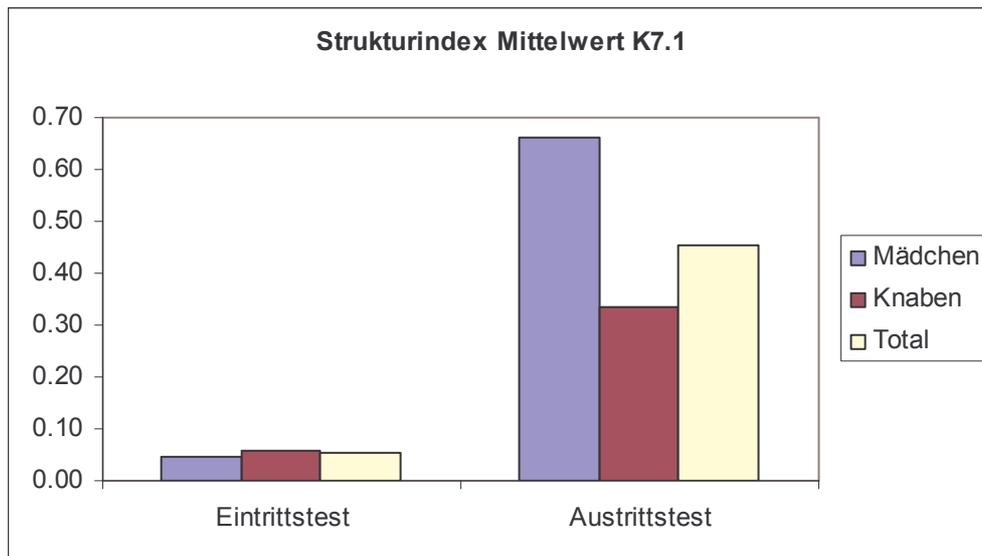
**Tabelle 10:** Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Vernetzungsindex der Klasse K7.1. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt.

## Diagrammtyp

Darstellung	Keine Skizze	Szenische Darstellung	Stadienbild	Lineares Wirkungsdiagramm	Wirkungsdiagramm	Netzdiagramm	Andere Diagramme	Total
Eintrittstest (E)	2	10	9	0	0	0	1	22
Austrittstest (A)	0	3	4	1	0	13	1	22

**Tabelle 11:** Diese Tabelle zeigt die Verteilung der Darstellungstypen der Klasse K7.1.

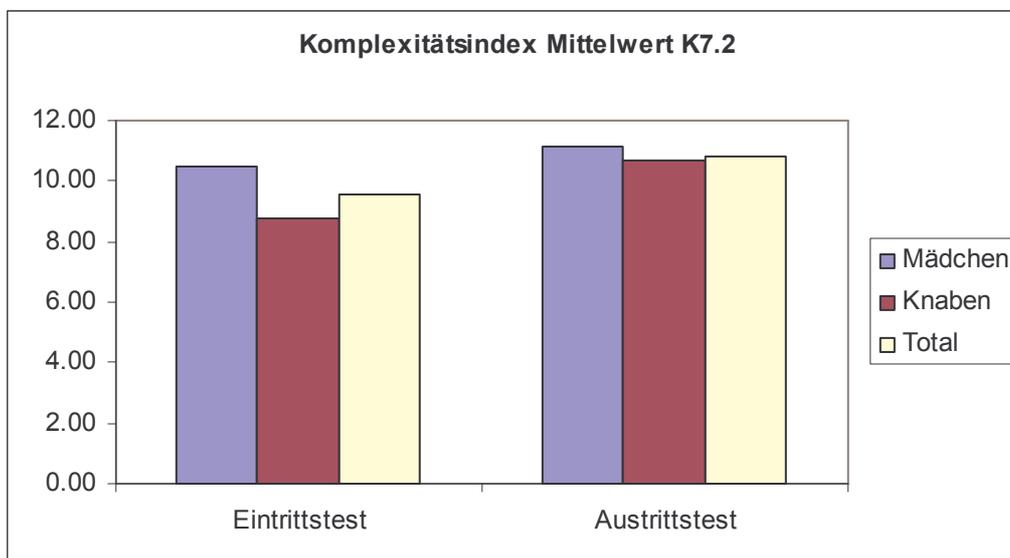
## Strukturindex



**Tabelle 12:** Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Strukturindex der Klasse K7.1. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt.

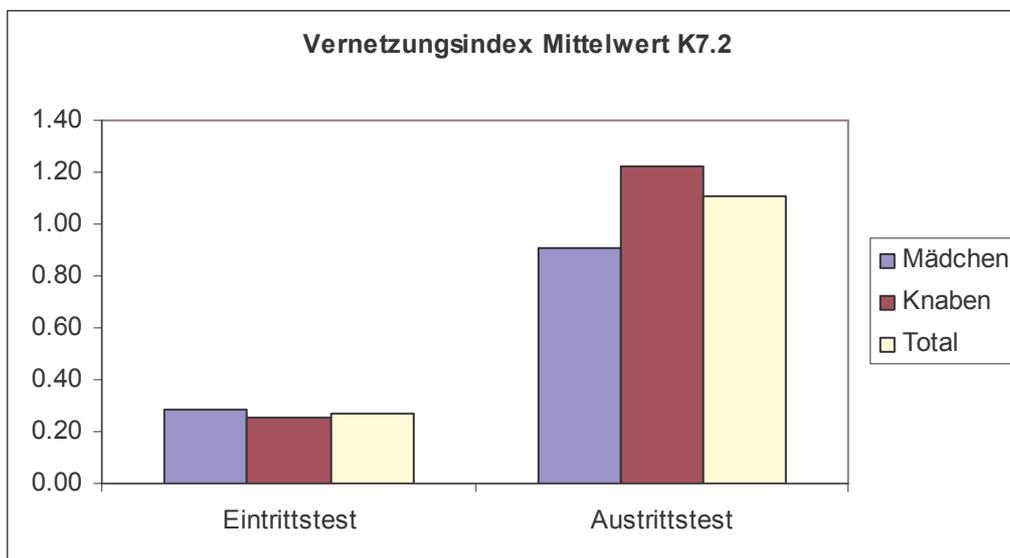
## K7.2

### Komplexitätsindex



**Tabelle 13:** Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Komplexitätsindex der Klasse K7.2. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt.

### Vernetzungsindex



**Tabelle 14:** Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Vernetzungsindex der Klasse K7.2. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt.

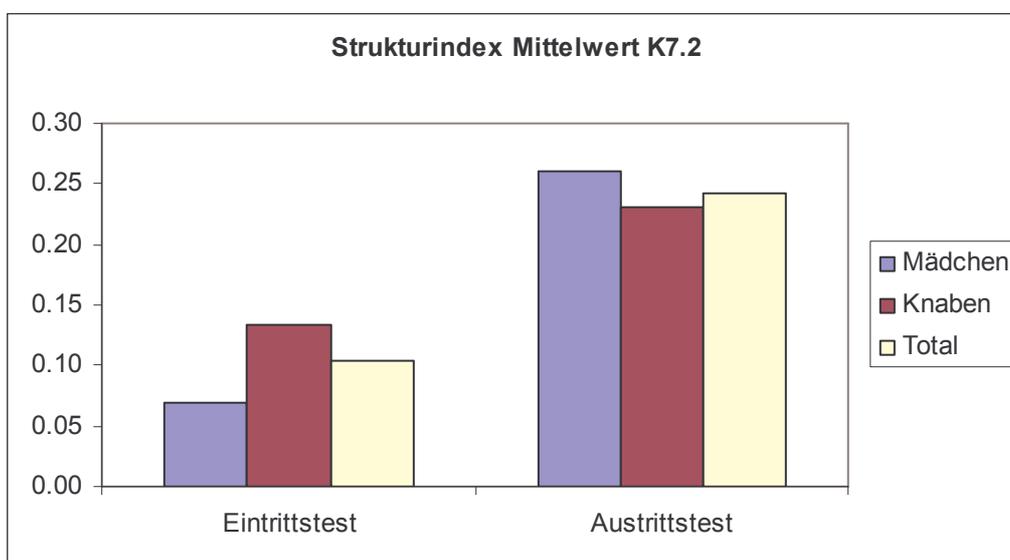
## Diagrammtyp

Darstellung	Keine Skizze	Szenische Darstellung	Stadienbild	Lineares Wirkungsdiagramm	Wirkungsdiagramm	Netzdiagramm	Andere Diagramme	Total
Eintrittstest	1	18	2	1	0	0	0	22
Austrittstest	3	6	1	1	1	7	0	19

3 Personen krank

**Tabelle 15:** Die Tabelle zeigt die Verteilung der Darstellungstypen der Klasse K7.2 im Eintritts- und Austrittstest.

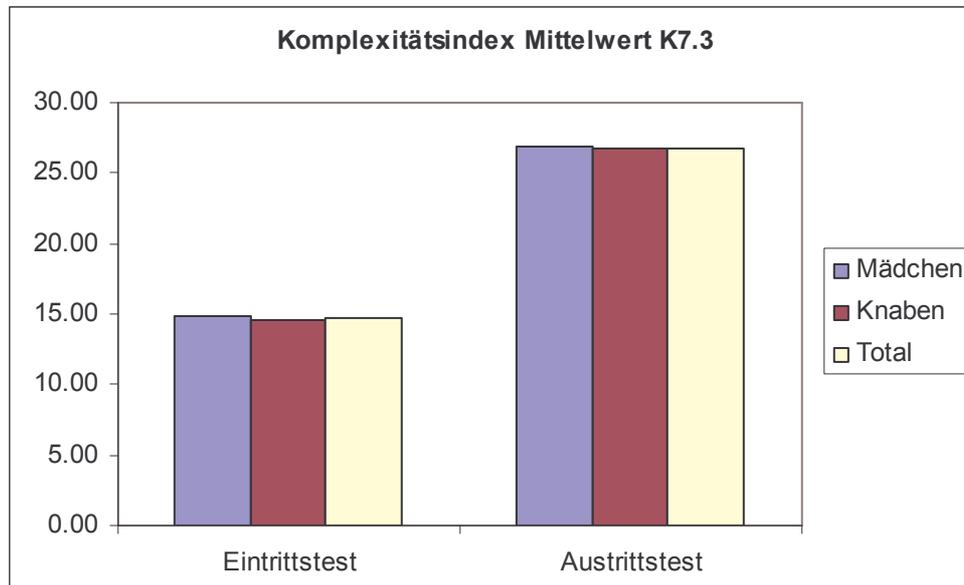
## Strukturindex



**Tabelle 16:** Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Strukturindex der Klasse K7.2. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt.

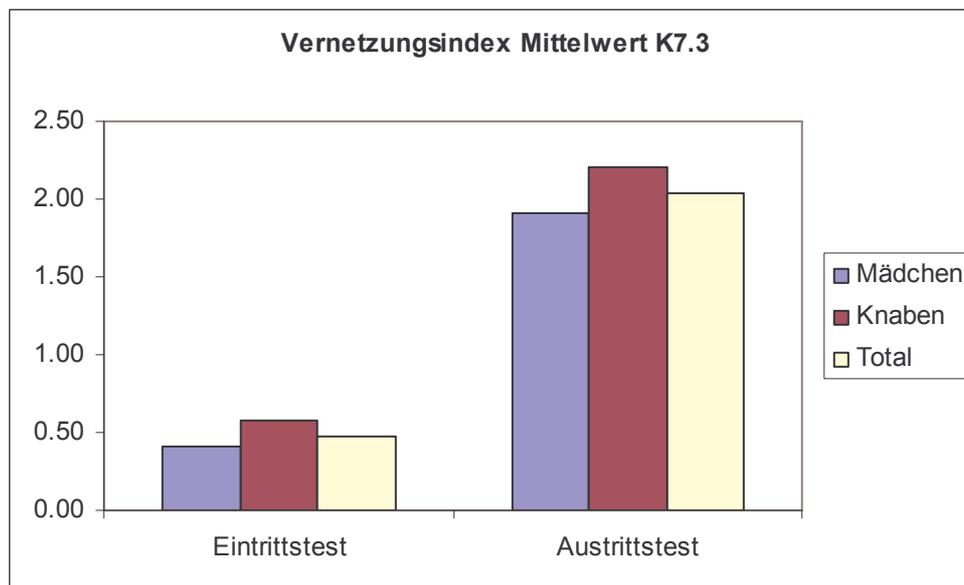
## K7.3

### Komplexitätsindex



**Tabelle 17:** Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Komplexitätsindex der Klasse K7.3. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt.

### Vernetzungsindex



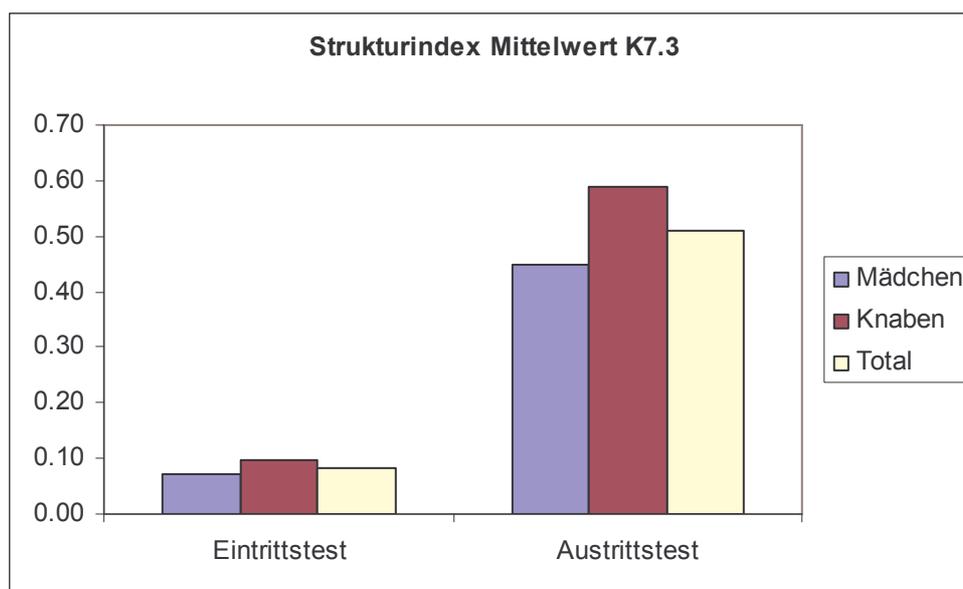
**Tabelle 18:** Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Vernetzungsindex der Klasse K7.3. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt.

## Diagrammtyp

Darstellung	Keine Skizze	Szenische Darstellung	Stadienbild	Lineares Wirkungsdiagramm	Wirkungsdiagramm	Netzdiagramm	Andere Diagramme	Total	
Eintrittstest	0	10	6	3	1	2	2	24	
Austrittstest	0	1	0	1	0	20	1	24	1 Person krank

**Tabelle 19:** Diese Tabelle zeigt die Verteilung der Darstellungstypen der Klasse K7.3.

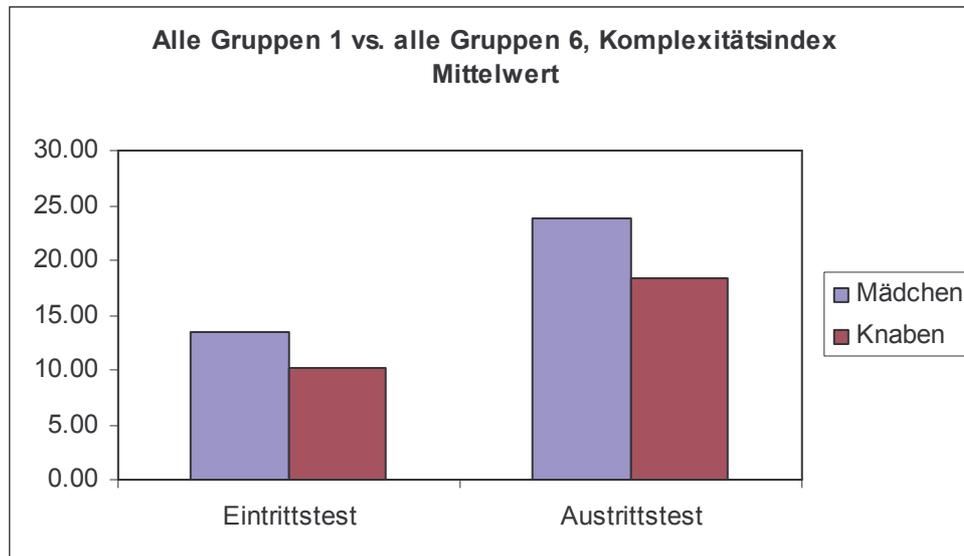
## Strukturindex



**Tabelle 20:** Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Strukturindex der Klasse K7.3. Die Daten wurden in die Kategorien Mädchen, Knaben und Total eingeteilt.

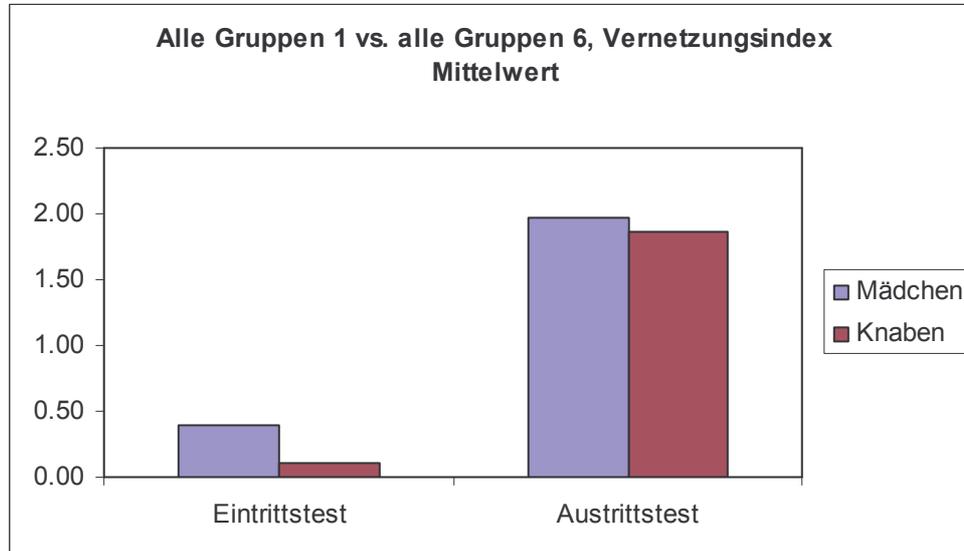
## Gruppe 1 vs. Gruppe 6

### Komplexitätsindex



**Tabelle 21:** Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Komplexitätsindex der Gruppe 1 (Mädchengruppe) gegenüber der Gruppe 6 (Knabengruppe).

### Vernetzungsindex



**Tabelle 22:** Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Vernetzungsindex der Gruppe 1 (Mädchengruppe) gegenüber der Gruppe 6 (Knabengruppe).

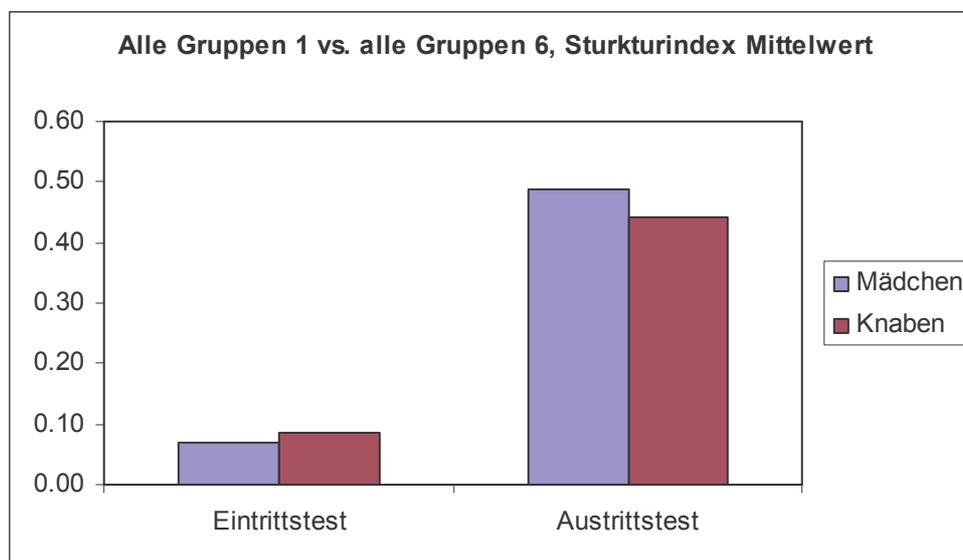
## Darstellungstyp

	Keine Skizze	Szenische Darstellung	Stadienbild	Lineares Wirkungsdiagramm	Wirkungsdiagramm	Netzdiagramm	Andere Diagramme	Total
Darstellung Knaben								
Eintrittstest	1	7	3					11
Austrittstest					1	10		11
Darstellung Mädchen								
Eintrittstest		5	4	1		1		11
Austrittstest		1	1			7		9

2 Personen krank

**Tabelle 23:** Diese Tabelle zeigt die Verteilung der Darstellungstypen der von der Knabengruppe gegenüber der Mädchengruppe.

## Strukturindex



**Tabelle 24:** Dieses Balkendiagramm zeigt die Verteilung der Mittelwerte des Strukturindex der Gruppe 1 (Mädchengruppe) gegenüber der Gruppe 6 (Knabengruppe).