

Hochschule Wädenswil  
Zürcher Fachhochschule

# **Aquaponic – ein Unterrichtsmodul über den geschlossenen Kreislauf von Wasser und Nährstoffen**

Semesterarbeit 5. Semester

von

**Urs Hofstetter**

Diplomstudiengang 2004  
Studienrichtung UI  
Abgabetermin: 15. 02. 2007, 12:00 h

Fachkorrektoren:

Wilhelm Hamiti, Sandra  
Hochschule Wädenswil, Wädenswil

Dr. Schlosser, Jaqueline  
Hochschule Wädenswil, Wädenswil

---

## Abstract

Mit Aquaponic werden Anlagen bezeichnet, die auf einem geschlossenen Wasserkreislauf mit Filter basieren. Es handelt sich um Aquakulturen, die durch die Interaktion von Nutzpflanzen und Fischen betrieben werden.

Dieses System bietet sich an, um mit Schülern das vernetzte und systemische Denken zu trainieren. Eine Modellanlage im Schulzimmer fokussiert die Schüler auf die komplexe Problemstellung und fördert deren vernetztes Denken.

Diese Arbeit zeigt eine Möglichkeit auf, wie diese Aquaponicanlagen in den Schulunterricht eingebaut werden können. Weiter wird aufgezeigt, auf welche Art und Weise Schüler Systemwissen vermittelt werden kann und wie die Schüler sich in vernetztem und systemischem Denken üben können.

Anhand von Spielen wird den Schülern die Vernetztheit der Umwelt verständlich gemacht.

Die Unterrichtseinheit wird durch einen Eintrittstest und einen Austrittstest evaluiert. Es stellt sie die Frage, ob die Schüler nach Absolvierung des Unterrichtes geübter im vernetzten Denken sind.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>System Aquaponic</b>	<b>5</b>
2.1	<i>Funktionsweise</i>	5
	Modell Aquaponic	5
<b>3</b>	<b>Analyse</b>	<b>6</b>
3.1	<i>Didaktische Analyse des Unterrichtgegenstandes Aquaponic</i>	6
	Exemplarische Bedeutung	6
	Gegenwartsbedeutung	6
	Zukunftsbedeutung	6
	Struktur des Inhalts	7
	Zugänglichkeit	7
3.2	<i>Im Unterricht zu behandelnder Stoffumfang</i>	8
3.3	<i>Rahmenbedingungen</i>	8
3.4	<i>Aufbau des Unterrichts</i>	9
3.5	<i>Unterrichtsziele</i>	9
	Grobziele	9
	Feinziele	9
<b>4</b>	<b>Unterrichtsmodul</b>	<b>11</b>
4.1	<i>Grobplanung</i>	11
4.2	<i>Feinplanung Aquaponic</i>	14
4.2.1	M1: Kontrolle Systemwissen	14
4.2.2	M2: Pflanzen und Fisch einzeln in ihrem System betrachten	15
4.2.3	M3: Systemdefinition	17
4.2.4	M4: Einbettung von Pflanze und Fisch in ein gemeinsames System	18
4.2.5	M5: Betrachtung Subsysteme Aquaponic	19
4.2.6	M6: Kreisläufe in einem See (falls Zeit vorhanden)	20
4.2.7	M7: Kontrolle Systemwissen	21
<b>5</b>	<b>Auswertung</b>	<b>22</b>
5.1	<i>Reflexion des Unterrichts</i>	22
	4 Lektionen Montag 29. 1. 2007	22
	6 Lektionen Donnerstag 1. 02. 2007	22
5.2	<i>Auswertung Eintritts- Austrittstest</i>	23
	Allgemein	23
	Wirkungsketten	23
	Vernetzungskreise	23
	Fachwörternennungen	23
5.3	<i>Diskussion</i>	23

---

<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>25</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>26</b>
8.1	<i>Anhang A</i>	26
	Ökonetz	26
	Vernetzungskreise	27
	Rein – Raus – Spiel	28
<b>9</b>	<b>Anhang B</b>	<b>29</b>
9.1	<i>M1</i>	29
9.2	<i>M2</i>	30
9.3	<i>M3</i>	36
9.4	<i>M5</i>	38
9.5	<i>M7</i>	61

# 1 Einführung

Das Aquaponic – System ist eine kombinierte Anlage zur Produktion von Fischen und Pflanzen. Es verbindet also das System Fisch mit dem System Pflanze.

In der Unterrichtssituation kann an der Aquaponicanlage gut aufgezeigt werden, wie zwei Systeme ineinander greifen. Sie eignet sich also zur Veranschaulichung von Systemen und kann den Schülern einen Anreiz geben, sich mit vernetztem und systemischen Denken auseinanderzusetzen.

Den Schülern kann aufgezeigt werden, wie die Analyse von Systemen vor sich geht und sie üben sich darin. Verschiedene Werkzeuge wie Vernetzungskreis und Wirkungsketten werden ihnen näher gebracht und sie versuchen diese Instrumente anhand von den Beispielen Fisch und Pflanzen anzuwenden.

Die Anlage ist einfach aufzubauen und in ihrem Materialwert nicht sehr teuer. Für den Aufbau werden ein Aquarium, eine Aquariumpumpe mit Filter, verschiedene Hydrokulturpflanzen, Schläuche und Dichtungsmaterial gebraucht. Die Schüler sind von der „Maschine“ angetan und sehr interessiert. Sie eignet sich gut als Anschauungsobjekt in einem Schulzimmer.

## 2 System Aquaponic

### 2.1 Funktionsweise

Die Aquaponicanlage ist eine Anlage, welche auf einer Polykultur beruht. Sie verknüpft die Speisefischproduktion mit gleichzeitiger Nutzpflanzenproduktion. Das System soll sich selbständig regulieren und umweltfreundlich sein [1].

Zu der Anlage gehört ein Fischtank, an dem Pumpen angeschlossen sind, die das Fischwasser zur Bewässerung den Pflanzen zuführt. Die Pflanzen filtern das Fischwasser und das nun geklärte Wasser wird wieder dem Fischtank zugeführt. So entsteht ein fast geschlossener Wasserkreislauf. Der Verlust von Wasser entsteht durch dessen Verdunstung.

Das Prinzip basiert auf dem Recycling des Wassers. Das Wasser in welchem die Fische gezüchtet werden, wird durch deren Kot und Urin mit Ammonium angereichert. Das Ammonium ist für Fische toxisch und muss für die Aufrechterhaltung der Fischproduktion eliminiert werden. Dies geschieht in zwei Schritten. Im ersten Schritt nehmen Nitritbakterien aus der Umgebung Ammoniak auf und oxidieren es zu Nitrit-Ionen, die nach aussen abgegeben werden, also frei im Wasser verfügbar sind. Im zweiten Schritt nehmen Nitratbakterien die Nitrit-Ionen auf und oxidieren diese zu Nitrat-Ionen. Auch das Zwischenprodukt, die Nitrit-Ionen sind für Fische toxisch und müssen daher zwingend weiter abgebaut werden. Nach Ausscheidung der Nitrat-Ionen stehen diese den Pflanzen als stickstoffhaltiger Mineralnährstoff zur Verfügung [2].

### Modell Aquaponic

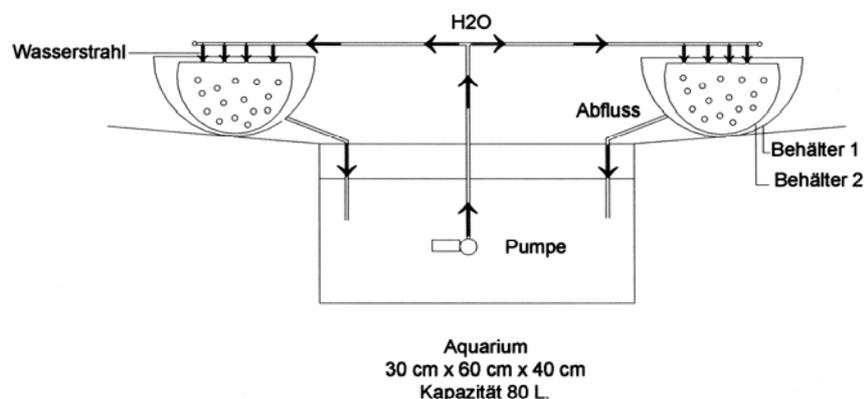


Abbildung 1: Die Abbildung zeigt ein schematisches Modell einer Aquaponicanlage. [1]

## 3 Analyse

### 3.1 Didaktische Analyse des Unterrichtgegenstandes Aquaponic

Spätestens nach dem Erscheinen des Buches „Grenzen des Wachstums“ [3] ist bekannt, auf welche ökologischen Probleme die Menschheit zusteuert. Eine Aufgabe der Schule ist es nun, den Schülern diese Problematik aufzuzeigen und geeignete Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, um eben solche komplex geartete Probleme ansatzweise zu lösen.

In den Lehrplänen für Mensch und Umwelt der Kantone Zug [4] und Zürich [5], sind die Ziele zur Untersuchung und Behandlung komplexer Probleme und vernetztem Denken im Unterricht verankert. Die folgende didaktische Analyse beruht auf den Fragestellungen wie sie Klafki [6] vorschlägt.

#### Exemplarische Bedeutung

Welchen grösseren bzw. allgemeinen Sinn- oder Sachzusammenhang vertritt oder erschliesst dieser Inhalt? [6]

Aquaponic bietet eine Möglichkeit, Ökosysteme und Nahrungsnetze zu thematisieren. Anhand dieses Unterrichtgegenstandes können die Kinder auf naturwissenschaftliche Fragestellungen eingehen. Die Schüler können sich erste Erfahrung im wissenschaftlichen Arbeiten aneignen und werden in die systemischen Denkprozesse eingeführt.

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.

Mit der zunehmenden Überfischung der Weltmeere bekommt das Thema einen aktuellen Bezug. Es ist je länger je mehr verpönt Meeresfische zu essen. Mit Aquaponic lassen sich Süßwasserfische nahe am Verbraucher produzieren und somit den Verbrauch an Meeresfischen reduzieren.

#### 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? [6]

Die Kinder beschäftigen sich wenig mit Systemen, vernetztem Denken und Kreisläufen. Zum grössten Teil ist ihre geistige Welt linear aufgebaut und nicht in Kreisläufen oder Systemen. Das Kind weiss durch seine Erfahrung um die Ursache – Wirkungs – Beziehungen. Solche Beziehungen sieht es aber nicht als System im Sinne eines Kreislaufes, sondern eher als Kausalzusammenhang wenn Input, dann Output, also linear.

In Bezug auf die Familie, Klasse oder Schulhaus erkennen die Kinder ansatzweise, dass sie in diesen bestimmten Situationen in ein System involviert sind. Doch diese Erkenntnis auf andere Systeme anzuwenden, ist für sie mit Schwierigkeiten verbunden. Die Systeme Familie, Klasse oder Schulhaus sind anderer Ausprägung, als Systeme in der Natur, sie sind soziale Systeme. Wohl gleichen sich natürliche und soziale Systeme in ihren Grundzügen, daher wird z. B. die Familie auch als ein System benannt, doch sind die Interaktionen und Stoffflüsse anders geartet.

Vom pädagogischen Gesichtspunkt betrachtet, ist das Erkennen und Beschreiben von Systemen für die Entwicklung bedeutend. Es gibt im Leben wenige Handlungsoptionen, die linear ablaufen.

Vielmehr fügen sie sich in ein System ein und beeinflussen dadurch die Um- und Mitwelt und oft fällt eine Interaktion wieder auf einem selbst zurück. Das Systemdenken ist eine wichtige Voraussetzung, um das vernetzte Denken zu trainieren, Problemstellungen aufzuschlüsseln und wirksame Lösungsansätze zu kreieren.

#### Zukunftsbedeutung

Worin liegt die Bedeutung des Themas für die Zukunft der Kinder? [6]

Zukünftig werden Fähigkeiten zur systemischen Betrachtung eines Objektes vermehrt verlangt. Die Menschheit erkennt immer mehr, dass sich die Welt aus Systemen zusammensetzt und Schwierigkeiten sozialer, ökologischer und ökonomischer Art bevorzugt mit einem systemischen

Ansatz überblickbar sind. Daher sollen sich die Kinder früh mit solchen Denkmustern vertraut machen und sie üben.

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

### Struktur des Inhalts

Welches ist die Struktur des (durch die Fragen 1, 2 und 3 in die spezifisch pädagogische Sicht gerückten) Inhalts? [6]

- a) Aquaponic  
Das Aquaponicmodell besteht aus den Systemen Pflanze und Fisch, Aquaristik und Pflanzenzucht. Um den Schülern das Prinzip Aquaponic näher zu bringen, brauchen sie Kenntnisse in Systemwissen. Ebenfalls brauchen die Kinder Wissen um die Einflussgrößen der Systeme Pflanze und Fisch. Der Nahrungskreislauf von Produzenten zu Konsumenten zu Destruenten ist ebenfalls von zentraler Bedeutung. Dies sind die Grundlagen, um die Funktionsweise des Aquaponicmodells zu verstehen.
- b) Was ist ein System?  
Der Begriff System wird durch Anschauungsmaterial und Systemspiele definiert. 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, welche für die Erfüllung des systemspezifischen Auftrages unabdingbar ist. Es gibt also eine Systemhierarchie. Anhand dieser lässt sich die Bedeutung der Funktion des einzelnen Untersystems quantifiziert. Die Teile des Ganzen werden unter Berücksichtigung des Ganzen beurteilt.  
Die Eigenschaften von offenen und geschlossenen Systemen werden untersucht und nach Erklärungen geforscht.
- c) Wechselwirkungen in einem System  
Lineare, exponentielle und logistische 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 sind sondern meistens exponentieller oder logistischer Art. Die Unfähigkeit der Menschen exponentielle Prozesse richtig einzuschätzen ist auch Thema.  
Manche Prozesse finden erst statt, wenn ein gewisser Grenz- oder Schwellenwert erreicht ist (z.B. Glas überläuft erst wenn es voll ist). Anhand von Beispielen (Bogen spannen, Eier in einer Wasserlösung erhitzen) wird dies dargelegt.
- d) Selbstregulation  
Verstärkende und hemmende Systemprozesse werden angeschaut. Die Frage nach der Selbstregulation eines Systems wird beantwortet, also wie werden im System die Nährstoffe und das Wasser gereinigt und wieder verwendet.  
Regelkreise werden angesprochen.
- e) Anwendung  
Die Erkenntnisse sollen auf ein Beispiel in der Natur angewendet werden. So kann zum Beispiel der Wasserkreislauf von den Schülern selbständig aufgezeichnet werden.

### 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? [6]

Anhand von Anschauungsbeispielen kann die Neugier für das Verständnis von Systemabläufen geweckt werden. Aktuelle Vorkommnisse eignen sich gut für einen Einstieg in dieses Thema.

Die Schüler finden durch einen dozierten Einstieg kaum den Zugang, da der Systembegriff auf diese Weise zu abstrakt für sie ist. Also muss unbedingt ein Bezug zu ihrer gewohnten Umwelt gemacht werden.

- Dies kann eine Exkursion in ihrer bekannten Umwelt sein, die das Ziel hat, ein in der Nähe gelegenes System darzustellen und zu erfassen.
- Weiter ist der Einstieg mit einem Aquaponic – Modell möglich. Die Schüler zeigen sicher Interesse für diesen Versuchsaufbau und wollen das Modell verstehen. Die Produktion von Pflanzen mit dem Abwasser des Aquariums scheint ihnen sicher nachhaltig und intelligent.
- Modellsysteme (Ecosphäre, Aquarium, Bonus – Malus – System in der Klasse, Finger als System, Tier als System, ...) die den Schülern zur Anschauung verteilt werden und die sie der Klasse zu erklären versuchen, wäre eine weitere Möglichkeit in das Thema einzusteigen.
- Ausgehend vom globalen Wasserkreislauf wird der Systembegriff eingeführt. Durch Reduktion und Fokussierung auf einzelne Aspekte kann vom globalen Wasserkreislauf auf ein Aquaponic – Modell geschlossen werden. (top down)
- Ausgehend vom Fisch oder Pflanze und deren Bedürfnissen und Einbettung in der Umwelt, also ihren benötigten Systemressourcen, kann der Systembegriff ebenfalls eingeführt werden. (bottom up)
- Die Weltmeere sind weitestgehend überfischt. Die Schüler wissen das und sind darum besorgt. Dadurch dass die Aquaponicanlage nicht die Ressourcen der Weltmeere anzapft und deren Fauna leer räumt, kann die Überfischung als Aufhänger und Einstieg in das Thema gebraucht werden.
- Das die Ressource Wasser immer knapper wird, weil sie einerseits limitiert ist und andererseits durch die Menschheit verschmutzt wird, wissen die Schüler und macht sie betroffen. Vielleicht haben sie auch schon von Kriegen um Wasserrechte gehört. Das System der Aquaponicanlage hat einen fast geschlossenen Wasserkreislauf und deshalb einen kleinen Wasserverbrauch. Das Wasser der Anlage wird wieder verwendet und bietet so einen Ansatz in das Thema einzutauchen.
- Reisen zu fernen Planeten und Sternen werden zukünftig immer möglicher. Um die Besatzung in einem Raumschiff mit Nährstoffen zu versorgen eignet sich das Aquaponic – Modell. Es funktioniert autark und kann bei der Besiedelung von erdähnlichen Planeten eingesetzt werden.
- Spiele: aus dem Buch von Frederic Vester, Unserer Welt – ein vernetztes System [7] und The System Thinking Playbook, von D. L. Meadows [8].
- Anschauungsmaterial: Aquaponicanalge für das Schulzimmer, Ecosphäre, Topfpflanze, Finger, Tier, Misthaufen, Kompost, Recycling, Nahrungsmittelproduktion, ...

### **3.2 Im Unterricht zu behandelnder Stoffumfang**

Aus der didaktischen Analyse geht ein grosser Umfang des Unterrichtsstoffes hervor, der die zehn zur Verfügung stehenden Lektionen klar sprengen würde. Deshalb wird hier der Umfang auf das Thema Aquaponic und „Was ist ein System?“ (vgl. Kapitel 3.1, Struktur des Inhalts) eingeschränkt.

### **3.3 Rahmenbedingungen**

Der Unterricht findet in der Klasse 5a der Schule Acher West in Unterägeri statt. Die Klassenlehrerin ist Frau M. Bertschi. Es sind zwanzig Schüler im Alter von zehn Jahren, davon sind zwölf weiblich und acht männlich. Die Klasse hat noch nie etwas von Aquaponic gehört. Sie sind also in keiner Weise vorbelastet und im Umgang mit Systemen nicht geübt.

Mir sind die Schüler der Klasse bekannt und ich habe sie schon öfter im Unterricht erlebt.

Disziplinarische Probleme sollten aus oben genanntem Grund nicht auftreten. Die Klassenlehrerin ist während des Unterrichts im Schulzimmer anwesend und greift unterstützend ein.

Die zehn Lektionen finden am Montag, den 29. 01. 2007 und am Donnerstag, den 01. 02. 2007 statt, wobei am Montag vier und am Donnerstag sechs Lektionen zu gestalten sind.

### 3.4 Aufbau des Unterrichts

Der Unterricht ist in sieben Module unterteilt. Sie werden mit dem Kürzel M1 – M7 abgekürzt. Ihr Inhalt sieht wie folgt aus:

- M1: Eintrittstest
- M2: Pflanzen und Fisch einzeln in ihrem System betrachten
- M3: Systemdefinition
- M4: Einbettung von Pflanze und Fisch in ein gemeinsames System
- M5: Betrachtung Subsystem Aquaponic
- M6: Kreisläufe in einem See (falls die Zeit vorhanden)
- M7: Austrittstest

### 3.5 Unterrichtsziele

#### Grobziele

- Die Schüler beschäftigen sich mit Systemen.
- Die Schüler verstehen, dass komplexe Systeme aus verschiedenen Teilen bestehen sind und die zu einem bestimmten Aufbau vernetzt sind.
- Die Schüler erkennen, dass ein Organismus ein lebendes Ganzes darstellt und die Summe seiner Einzelteile weit übersteigt.
- Die Schüler können Ursache – Wirkungs – Ketten zeichnerisch darstellen.
- Die Schüler können Systeme zeichnerisch darstellen.
- Die Schüler üben sich im vernetzten Denken.

#### Feinziele

##### M1:

- Den momentanen Wissensstand der Schüler in Bezug auf Systemprozesse und Vernetzung festhalten.
- Evaluieren des Lernfortschrittes der Schüler.

##### M2:

- Die Schüler setzen sich mit dem Vernetzungskreis auseinander.
- Die Schüler kennen je fünf Einflussgrößen, welche die Pflanze und den Fisch beeinflussen.
- Die Schüler erkennen die Interaktionen dieser zwei Systeme mit ihrer Umwelt.
- Die Schüler kennen den Nahrungskreislauf Produzent – Konsument – Destruent.

##### M3:

- Die Schüler können die Eigenschaften eines Systems aufzählen.
- Die Schüler erkennen, dass ein System immer auch Bestandteil eines übergeordneten Systems, also verschachtelt ist.
- Die Schüler erkennen, dass die Welt aus Systemen aufgebaut ist und sie untereinander vernetzt sind.

##### M4:

- Die Schüler planen und konstruieren ein Kreislaufmodellsystem für Pflanze und Fisch.
- Die Schüler erkennen die Vernetzung von Pflanze und Fisch.
- Die Schüler erkennen das Wasser Nährstoffe transportiert.

**M5:**

- Die Schüler informieren sich über Aquaristik, Lebensweise der Fische und Lebensweise der Pflanzen.
- Die Schüler halten ihre Vorträge.

**M6:**

- Die Schüler können das gewonnene Wissen auf ein Beispiel in der Natur übertragen.
- Die Schüler kennen die Systemvariablen für den Nährstoffkreislauf in einem See.

**M7:**

- Den Wissensstand der Schüler nach dem Unterrichtsmodul in Bezug auf Systemprozesse und Vernetzung festhalten.
- Evaluieren des Lernfortschrittes der Schüler.
- Erfolgskontrolle der Unterrichtseinheit

## 4 Unterrichtsmodul

### 4.1 Grobplanung

Modul	Methode	Schwerpunkte	Inhalt	Ablauf	Ziele
<b>M1</b>	Wissens- abfrage, Evaluation	- Kontrolle System- wissen	- Fragestellung nach den Systemprozessen und der Vernetzung in einem einfachen System (Mist auf die Felder bringen, ...) - Test zu Evaluationszweck	- kurze Einführung warum Test - erklären der Fragestellung - mit Text und Bild auf die Fragestellung eingehen, darstellen, Einzelarbeit	- festhalten des Wissensstandes der Schüler
<b>M2</b>	Einführung	- Pflanze und Fisch werden einzeln im System betrachtet	- Spiel Ökonetz - Natürliche Einflussgrössen, welchen die Pflanzen und Fische ausgesetzt sind - Anschauungsobjekte - Vernetzungskreis	- Einleitung - Frage: Was kann euch dieses Wissen bringe? - Spiel Ökonetz - Brainstorming Pflanze / Fisch und deren Einflussgrössen, Zusammenfassen - Auftrag: Schüler untersuchen Einflussgrössen der Pflanzen und Fische in 2er Gruppen - Material wird bereitgestellt - Zusammenfassung System Pflanze / Fisch mit Vernetzungskreis	- Die Schüler setzen sich mit dem Vernetzungskreis auseinander. - Die Schüler kennen je fünf Einflussgrössen, welche die Pflanze und den Fisch beeinflussen. - Die Schüler erkennen die Interaktionen dieser zwei Systeme mit ihrer Umwelt. - Abgleich des Wissensstandes in Bezug auf Pflanze und Fisch der Schüler.

Modul	Methode	Schwerpunkte	Inhalt	Ablauf	Ziele
<b>M3</b>	darbietend	- Systemdefinition	- Systemdefinition - Vernetzung - Systemhierarchie - Systemabgrenzung - Wirkungskette, wenn – dann - Transferleistung der Schüler bei Spielen	- Systemdefinition: mit Bilder und Modellen System veranschaulichen - Unterscheidung System – Nichtsystem - Vernetzung an Anschauungsbsp. zeigen - Systemhierarchie: Biene, Menge Bienen, Bienenstock; Zellen, Glieder, Finger, Hand, ...	- Die Schüler können die Eigenschaften eines Systems aufzählen. - Die Schüler erkennen, dass ein System immer auch Bestandteil eines übergeordneten Systems, also verschachtelt ist. - Die Schüler erkennen, dass die Welt aus Systemen aufgebaut ist und sie untereinander vernetzt sind.
<b>4</b>	Handlungs- und reflexionsorientiert	- Pflanze / Fisch, Einbettung in den Kontext	- System Pflanze und Fisch zusammenführen zu Aquaponic	- Vernetzungskreise Pflanze und Fisch zusammenführen - Die Schüler planen ein Modell, welches diesen zwei Vernetzungskreisen entspricht. - Überprüfung und Bau des Modells	- Vernetzung System Fisch – System Pflanze erkennen - Planen eines Modellsystems -
<b>5</b>	entdecken, explorativ	- Betrachtung Subsysteme Aquaponic	- Betrachtung der Subsysteme Aquarium, Fisch und Pflanze - Vorträge über diese Subsysteme	- In Kleingruppen zu den Subsystemen arbeiten - Vortrag halten - Wissen zusammenfassen und abgeben	- erforschen der Subsysteme von Aquaponic - Vorträge halten - Poster gestalten
<b>6</b>	systemisch	- globale Kreisläufe	- Wasser- und Nahrungskreislauf im See - Vergleich mit Aquaponic - Zeitdimension	- Vernetzung im See - Systemhierarchie im See - Nahrungskette - Wasserkreislauf	- gewonnenes Wissen auf einen Beispiel in der Natur übertragen

Modul	Methode	Schwerpunkte	Inhalt	Ablauf	Ziele
7	Überprüfung	- Kontrolle Systemwissen	- Fragestellung nach den Systemprozessen und der Vernetzung in einem einfachen System (Mist auf die Felder bringen, ...) - Test zu Evaluationszweck	- kurze Einführung - erklären der Fragestellung - mit Text und Bild auf die Fragestellung eingehen, Einzelarbeit	- festhalten des Wissensstand der Schüler - Lern- und Methodenerfolg evaluieren

## 4.2 *Feinplanung Aquaponic*

Die Module M1 – M7 beziehen sich auf die Grobplanung.

### 4.2.1 M1: Kontrolle Systemwissen

Ziele:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Den momentanen Wissensstand der Schüler in Bezug auf Systemprozesse und Vernetzung festhalten.</li> <li>- Evaluieren des Lernfortschrittes der Schüler.</li> </ul>
Methode:	- Wissensabfrage, Evaluation
Ablauf:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begrüssung</li> <li>- Es wird den Schülern erklärt, dass es einen Eintrittstest gibt und dieser Test, im Vergleich mit dem Test nach dem Modul, ihren Lernfortschritt aufzeigen soll.</li> <li>- Die Schüler erhalten den Auftrag den Testbogen auszufüllen.</li> <li>- Der Testbogen wird eingesammelt und vom Kursleiter ausgewertet.</li> </ul>

#### Weiterführende Informationen zum Modul 1

Zur Überprüfung des Unterrichtsmoduls wird das Systemwissen der Schüler anhand eines kurzen Einführungstestes abgefragt. Die Schüler werden über den Modus des Testes informiert, nicht aber über den Inhalt.

Der Test besteht aus einem Text, der ganz kurz den Kreislauf der Nährstoffe auf dem Bauernhof beschreibt. Die Schüler erhalten nun den Auftrag zu begründen, wieso der Bauer dies tut.

Vom den Schülern ist zu erwarten, dass sie eine Wirkungskette aufzeigen, die beim guten gedeihen der durch den Mist gedüngten Pflanzen endet. Wenige werden den Kreislauf schliessen, um über die Winterfütterung wieder zum Ausgangsprodukt Mist zu gelangen.

Die Arbeitsblätter zu diesem Modul finden sich im Anhang B.

#### 4.2.2 M2: Pflanzen und Fisch einzeln in ihrem System betrachten

Ziele:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Schüler setzen sich mit dem Vernetzungskreis auseinander.</li> <li>- Die Schüler kennen je fünf Einflussgrößen, welche die Pflanze und den Fisch beeinflussen.</li> <li>- Die Schüler erkennen die Interaktionen dieser zwei Systeme mit ihrer Umwelt.</li> <li>- Die Schüler kennen den Nahrungskreislauf Produzent – Konsument – Destruent.</li> </ul>
Methode:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung ins Thema</li> <li>- Systembetrachtung von Pflanze und Fisch: darbietend, handlungs- und reflexionsorientiert, Gruppengespräch</li> </ul>
Ablauf:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterrichtstitel, Ablauf und Ziele des Unterrichtsmoduls transparent machen.</li> <li>- Einleitung in das Thema der Kreisläufe von Wasser und Nährstoffen. Eine Topfpflanze in Hydrokultur und ein Aquarium mit Fischen sind als Anschauungsobjekte bereitgestellt.</li> <li>- Spiel Ökonetz, Variante 2 (Anhang A)</li> <li>- Brainstorming der Schüler zur Frage, welchen Einflussgrößen ein Fisch, eine Pflanze in der Natur unterworfen sind. Begriffe an die Wandtafel (links für Pflanze, rechts für Fisch) schreiben und am Schluss zusammenfassen zu: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pflanze: Boden, Wasser, Licht, Nährstoffe, Fortpflanzung, Konkurrenz, Konsumenten, Destruenten. Text: Die Pflanze dient anderen Lebewesen als Nahrungsgrundlage, sie ist demnach ein Nahrungsproduzent.</li> <li>- Fisch: Wasser, Nahrungsnetz, Fortpflanzung, Produzenten, Destruenten. Text: Der Fisch frisst andere Lebewesen, er ist demnach ein Nahrungskonsument.</li> </ul> </li> <li>- An der Wandtafel die Beziehung Produzent – Konsument – Destruent aufzeigen und auf Arbeitsblatt übertragen.</li> <li>- Die Schüler erhalten den Auftrag, in Zweiergruppen den Text Pflanze in ihrer Umwelt oder Fisch in seiner Umwelt zu studieren</li> <li>- Die Schüler streichen diejenigen Begriffe im Text an, die einen Zuwachs oder eine Verminderung beschreiben.</li> <li>- Die angestrichenen Begriffe werden verglichen. Folgende Begriffe dienen zur Weiterarbeit: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pflanze: Pflanzenpopulation, Wachstum, Fortpflanzung, Konkurrenz, Prädation, Wasser und ev. Mineralstoffe</li> <li>- Fisch: Fischpopulation, Eier, Jungfisch, Nahrung, Räuber und ev. Tote Fische</li> </ul> </li> <li>- Diese Begriffe werden in den Vernetzungskreis eingefügt und im Plenum die Beziehungen zueinander erarbeitet. (Anhang A)</li> </ul>

#### Weiterführende Informationen zum Modul 2

Die Schüler haben bisher noch keine Kenntnisse über den Lektionsablauf. In einem Überblick über die sieben Module werden sie informiert. Die Ziele des ganzen Unterrichtsmoduls werden ebenfalls transparent gemacht. Die Klasse soll wissen, womit sie sich in den nächsten Lektionen beschäftigt, also wird auch der Zweck des Aquaponicmodells vorgestellt.

Mit dem Spiel Ökonetz wird in den Unterricht gestartet. Das Spiel eignet sich gut dazu, Vernetzungen und Einflussgrößen innerhalb von Systemen und deren Anpassung auf Störungen sichtbar zu machen.

Die Schüler sind nach dem Spiel Ökonetz auf Vernetzungen sensibilisiert. Das Aquaponicmodell besteht aus den Subsystemen Pflanze und Fisch. Die Einflussgrößen dieser zwei Subsysteme werden anhand eines Brainstormings ausgelotet.

Nun sollten die Schüler erkannt haben, dass die Pflanzen Nahrung produzieren und die Fische Nahrung konsumieren. Durch die Frage was mit den toten Pflanzen und Tieren passiert, können die Destruenten leicht eingeführt werden. Ein grober Nahrungskreislauf ist somit erstellt und die Schüler zeichnen ihn auf. Der Nahrungskreislauf ist wichtig für die Weiterarbeit im Modul, denn ist er im Bewusstsein der Schüler, wissen sie, woher die Nährstoffe für die Lebewesen kommen.

---

Um das System Aquaponic zu verstehen, ist es wichtig, dass die Schüler die Subsysteme Pflanze und Fisch und ihre Vernetzung kennen. Ein Werkzeug zur Veranschaulichung dieser Vernetzung ist der Vernetzungskreis. Mit diesem Werkzeug ausgestattet, gelingt es den Schülern die Beziehungen und Abhängigkeiten innerhalb dieser zwei Subsysteme herauszuschälen und einfach darzustellen. Die Arbeitsblätter zu diesem Modul finden sich im Anhang B.

### 4.2.3 M3: Systemdefinition

Ziele:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Schüler können die Eigenschaften eines Systems aufzählen.</li> <li>- Die Schüler erkennen, dass ein System immer auch Bestandteil eines übergeordneten Systems, also verschachtelt ist.</li> <li>- Die Schüler erkennen, dass die Welt aus Systemen aufgebaut ist und sie untereinander vernetzt sind.</li> </ul>
Methode:	- darbietend
Ablauf:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Den Schülern wird dargelegt, wie sich ein System von einem Nichtsystem unterscheidet.</li> <li>- Die Schüler sortieren an der Wandtafel Bilder in die Gruppen System und Nichtsystem. Sie begründen ihre Einteilung.</li> <li>- Aufgrund der Erfahrungen aus dem Spiel Ökonetz wird die Tatsache repetiert, dass die Welt vernetzt ist.</li> <li>- In einem Schaubild Baum werden die Vernetzungen des Baumes mit seiner Umwelt durch Pfeile dargestellt. Die Pfeile werden mit Worten umschrieben und eingezeichnet.</li> <li>- Der Begriff Wirkungskette wird definiert.</li> <li>- Die Schüler machen eigene Beispiele wie was vernetzt ist. Die Vernetzung wird auf der Wandtafel zeichnerisch festgehalten.</li> <li>- Anhand des Beispiels Finger wird den Schülern aufgezeigt, dass Systeme fast immer verschachtelt sind. Ein System fügt sich also in einen grösseren Kontext, ein grösseres System ein.</li> <li>- Die Schüler schreiben den Text „Was ist ein System?“ von der Wandtafel / Hellraumprojektor ab.</li> </ul>

#### Weiterführende Informationen zum Modul 3

Um das Aquaponicsystem zu erfassen, ist Systemwissen eine Voraussetzung. Die Schüler müssen wissen, was ein System ist, wie es sich von der Umwelt abgrenzt und in welcher Beziehung es zu anderen Systemen steht, also verschachtelt ist. Dies ist die Grundlage in diesem Modul. Die Arbeitsblätter zu diesem Modul finden sich im Anhang B.

#### 4.2.4 M4: Einbettung von Pflanze und Fisch in ein gemeinsames System

Ziele:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Schüler planen und konstruieren ein Kreislaufmodellsystem für Pflanze und Fisch.</li> <li>- Die Schüler erkennen die Vernetzung von Pflanze und Fisch.</li> <li>- Die Schüler erkennen das Wasser Nährstoffe transportiert.</li> </ul>
Methode:	- handlungs- und reflexionsorientiert
Ablauf:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Vernetzungskreise von Pflanze und Fisch werden gegenübergestellt und nach der Verbindung dieser zwei Systeme gesucht.</li> <li>- Die Begriffe Systemgrenze, Vernetzung und verschachtelte Systeme werden repetiert.</li> <li>- Die Schüler erhalten den Auftrag ein Kreislaufmodellsystem für Pflanze und Fisch analog der zwei Vernetzungskreise in Kleingruppen zu planen und aufzuzeichnen.</li> <li>- Die Pläne werden dem Plenum vorgestellt und auf ihre Funktionstüchtigkeit und –weise überprüft. Die Materialliste wird angeschaut.</li> <li>- Spiel Rein – Raus zur Veranschaulichung von Input- und Outputgrößen. (Anhang A)</li> <li>- Verbesserungsvorschläge werden in den Plan einbezogen.</li> <li>- Zusammenbau des System Aquaponic.</li> <li>- Überprüfung des Systems nach den Plänen und Repetition der Systemeigenschaften.</li> </ul>

#### Weiterführende Informationen zum Modul 4

Um das System Aquaponic zu verstehen, ist es nötig, die Verbindung zwischen den Pflanzen und den Fischen zu erkennen. Die Verbindung der zwei Vernetzungskreise geschieht über das Wasser. Das Wasser ist im System Fisch die Systemabgrenzung. Nur im Wasser kann der Fisch überleben. Demgegenüber benötigt das System Pflanze Wasser um zu gedeihen. Das Wasser ist ein Lösemittel und hat die Fähigkeit, Stoffe zu transportieren.

Damit die Schüler nicht vor vollendete Tatsachen gestellt werden und beim Aufbau des Aquaponicmodells aktiv mitmachen können, sollen die Schüler selber einen Modellplan zeichnen. Sie sollen anhand der Informationen, die sie aus den Vernetzungskreisen Pflanze und Fisch entnehmen können, ein Modell planen und aufzeichnen. Das dafür nötige Material kann entweder vorgegeben werden, oder die Schüler überlegen sich selber, welche Materialien sie benötigen. Interessant ist zu schauen, wie die Pläne aussehen, wenn die Schüler verschiedene Pumpen mit unterschiedlicher Pumpleistung zur Verfügung haben. Die Überschwemmung ist vorprogrammiert! Das Spiel Rein – Raus zeigt dieses Problem schön auf.

Zu diesem Modul gibt es keine Arbeitsblätter.

#### 4.2.5 M5: Betrachtung Subsysteme Aquaponic

Ziele:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Schüler informieren sich über Aquaristik, Lebensweise der Fische und Lebensweise der Pflanzen.</li> <li>- Die Schüler halten ihre Vorträge.</li> </ul>
Methode:	- erforschend, handelnd, Gruppenarbeit
Ablauf:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Schüler erhalten den Auftrag, sich in Kleingruppen in das Thema der Aquaristik, Lebensweise der Fische und Lebensweise der Pflanzen einzuarbeiten und einen Kurzvortrag vor der Klasse zu halten.</li> <li>- Die Schüler gestalten zu ihrem gewählten Thema ein Poster.</li> <li>- Alle Schüler erhalten die verschiedenen Poster.</li> </ul>

#### Begründung

Das Aquaponicmodell steht. Die Schüler sollen sich nun mit diesem System auseinandersetzen und die Subsysteme untersuchen. Zu Zweit informieren sie sich und gestalten ein Poster. Weitere Möglichkeiten für eine Vertiefung sind folgende Themen: Kreisläufe im System oder Input – Output – Grössen.

Die Arbeitsblätter zu diesem Modul finden sich im Anhang B.

**4.2.6 M6: Kreisläufe in einem See (falls Zeit vorhanden)**

Ziele:	<ul style="list-style-type: none"><li>- Die Schüler können das gewonnene Wissen auf ein Beispiel in der Natur übertragen.</li><li>- Die Schüler kennen die Systemvariablen für den Nährstoffkreislauf in einem See.</li></ul>
Methode:	<ul style="list-style-type: none"><li>- Lehrgespräch</li></ul>
Ablauf:	<ul style="list-style-type: none"><li>- Betrachtung See, die Schüler suche in Gruppen nach den Akteuren im Nährstoffkreislauf.</li><li>- An der Wandtafel werden die Akteure zusammengetragen.</li><li>- Die Schüler erarbeiten den Vernetzungskreis der Nahrungskette in einem See.</li><li>- Kontrolle am Hellraumprojektor.</li></ul>

**Begründung**

Die Schüler sollen das Gelernte auf komplexere Systeme wie zum Beispiel einen See anwenden können.

Zu diesem Modul gibt es keine Arbeitsblätter.

#### 4.2.7 M7: Kontrolle Systemwissen

Ziele:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Den Wissensstand der Schüler nach dem Unterrichtsmodul in Bezug auf Systemprozesse und Vernetzung festhalten.</li> <li>- Evaluieren des Lernfortschrittes der Schüler.</li> <li>- Erfolgskontrolle der Unterrichtseinheit</li> </ul>
Methode:	- Wissensabfrage, Evaluation
Ablauf:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es wird den Schülern erklärt, dass es denselben Test wie zu Beginn gibt und dieser Test, im Vergleich mit dem Test vor dem Modul, ihren Lernfortschritt aufzeigen soll.</li> <li>- Die Schüler erhalten den Auftrag den Testbogen auszufüllen.</li> </ul>

#### Begründung

Zur Überprüfung des Unterrichtsmoduls wird das Systemwissen der Schüler anhand eines kurzen Austrittstestes abgefragt. Die Schüler werden über den Modus des Testes informiert, nicht aber über den Inhalt.

Der Test besteht aus einem Text, der ganz kurz den Kreislauf des Mistes auf dem Bauernhof beschreibt. Die Schüler erhalten nun den Auftrag zu Begründen, wieso der Bauer dies tut.

Im Vergleich zum Eintrittstest ist nun von den Schüler zu erwarten, dass sie die im Unterrichtsmodul gelernten Techniken in Bezug auf das Systemwissen anwenden. Sie zeichnen zum Beispiel den Vernetzungskreis für den Mist auf. Die Nahrungskette Produzenten – Konsumenten – Destruenten flechten sie in ihre Beschreibung ein. Aus ihren Beschreibungen sollte nun auch ersichtlich werden, dass es sich beim Mistaustragen um einen Kreislauf handelt, der die Nährstoffbilanz ausgleicht. Die Arbeitsblätter zu diesem Modul finden sich im Anhang B.

## 5 Auswertung

### 5.1 Reflexion des Unterrichts

#### 4 Lektionen Montag 29. 1. 2007

Zeit:

In den vier Lektionen wurde das Modul 1 und das Modul 2 abgearbeitet. Dies entspricht nicht dem Zeitplan, welcher vorgibt, nach vier Lektionen in der Mitte von Modul 3 zu stehen.

Motivation der Schüler:

Die Schüler sind hoch motiviert und neugierig. Sie sind an der Aquaponicanlage interessiert und wollen sie verstehen. Den Vernetzungskreis empfanden sie als spannend, weil er die Beziehungen zwischen den Teilen des Systemgefüges sichtbar macht.

Planung:

Der Lektionsaufbau ist schlüssig. Die Texte „Der Fisch in seiner Umgebung“ und „Die Pflanze in ihrer Umgebung“ müssen nochmals didaktisch überarbeitet werden. Vor allem müssen der Zuwachs und die Abnahme deutlicher hervortreten, so dass die Schüler dies besser erkennen.

Eintrittstest:

Die Schüler goutieren den Eintrittstest nicht. Auch die Erklärung, er diene als Evaluationsinstrument, fördert die Motivation ihn auszufüllen nicht.

Spiel:

Ökonetz ist ein Spiel, welches den Vernetzungsgrad der Umwelt sehr gut aufzeigt. Die Schüler erkennen die Vernetzungen schnell. Das abstrakte Geflecht das während dem Spiel entsteht in ein natürliches System ist zu transferieren, gelingt nicht jedem Schüler.

Allgemein:

Die Einführung in vernetztes und systemisches Denken fordert meine sprachlichen Fertigkeiten.

#### 6 Lektionen Donnerstag 1. 02. 2007

Zeit:

Die Zeit in den sechs Lektionen war sehr gedrängt und es mussten laufend Anpassungen des Unterrichtablaufes vorgenommen werden. Schliesslich konnte das Unterrichtsmodul doch noch zu einem angemessenen Schluss gebracht werden.

Planung:

Der Lektionsaufbau kann grundsätzlich wie beschrieben durchgeführt werden. Das Zeitmanagement muss neu überdacht werden. Über die Rhythmisierung des Unterrichts müssen grundsätzliche Überlegungen angestellt werden, sind doch die Schüler über längere Zeit mit der gleichen Arbeit beschäftigt. Die Konzentrationsphasen am Nachmittag sind nicht mehr so intensiv, wie dies am Morgen der Fall war. Dem kann durch entsprechende Rhythmisierung Rechnung getragen werden.

Austrittstest:

Die Schüler waren nicht sehr motiviert zum Schluss nochmals einen Test auszufüllen. Sie hatten das Gefühl, sie würden über den Tisch gezogen und der Test frage etwas vollkommen anderes als im

Unterricht besprochen wurde. Für einige Schüler war die Transferleistung des Gelernten auf einen neuen Untersuchungsgegenstand zu schwierig.

Zeichnen der Pläne:

Die Schüler stiegen motiviert in die Planung der Aquaponicanlage. Sie schätzten es, aktiv in den Aufbauprozess der Anlage involviert zu sein und ihre Ideen beizusteuern. Anhand der Pläne konnten zudem ihre Ideen austauschen und gegenseitige Kritik üben. Das schätzten sie.

Allgemein:

Für die Schüler hat die Beschäftigung mit Aquaponic erst am Donnerstag richtig begonnen. Sie hätten sich gerne noch weiter in dieses Thema vertieft. Die aufgebaute Anlage interessierte sie und sie waren auch stolz auf sich, dass sie in ihrem Schulzimmer stand und sie in der Pause fremden Schülern die Funktionsweise erklären konnten.

## **5.2 Auswertung Eintritts- Austrittstest**

### **Allgemein**

Allgemein kann gesagt werden, dass zwischen dem Eintritt- und Austrittstest markante Unterschiede aufgetreten sind. Die Schüler haben im Eintrittstest vor allem versucht die Frage in Textform zu beantworten und sind nicht versucht gewesen, die Zusammenhänge grafisch darzustellen. Dies änderte sich im Austrittstest markant, denn unter den retournierten Austrittstesten zeigen sich neun von 17 grafische Lösungsvorschläge. Dies entspricht etwas mehr als der Hälfte der Schüler, die unter anderem auf eine zeichnerische Darstellung der Vernetzung zurückgriffen.

Im Eintrittstest schreiben die Schüler vor allem davon, dass es mit Mist, der ja Dünger ist, schneller wächst. Der Austrittstest zeigt, dass die Schüler gemerkt haben, dass das Wachstum der Pflanzen nicht alleine nur vom ausgetragenen Mist abhängt, sondern auch noch von anderen Umweltfaktoren beeinflusst wird.

### **Wirkungsketten**

Im Eintrittstest haben drei von 18 Schülern eine Wirkungskette aufgezeichnet. Im Austrittstest waren es fünf von 17. Die Steigerung ist nicht sehr gross und kann noch nicht als Erfolg gewertet werden.

### **Vernetzungskreise**

Als Antwort im Austrittstest zeichneten vier Schüler den Vernetzungskreis des Mistes. Für den Eintrittstest hatten die Schüler diese Technik noch nicht zur Verfügung, da sie sie erst schlicht und einfach noch nicht kannten. Wird der Vernetzungskreis als Mittel zur Darstellung vernetzter Strukturen bewusster eingeführt, sind hier noch mehr Vernetzungskreise zu erwarten.

### **Fachwörterennungen**

Sind im Eintrittstest keine Fachwörterennungen gefallen, zeigt sich, dass die Schüler im Austrittstest mit Fachwörtern wie Wachstum, Nährstoffe, Destruent, System und Mineralsalze ihre Argumentation stützten.

## **5.3 Diskussion**

Die Grobziele die unter Punkt 3.5. angegeben sind wurden von vielen Schülern erreicht. Eine Überprüfung aller dieser Ziele fand nicht statt. Um etwas über den Lernerfolg der Schüler auszusagen, wäre es nötig gewesen, diese Ziele durch eine Prüfung zu testen. Es stellt sich die Frage, ob auch andere Werkzeuge zur Verfügung stehen, die einen Lernerfolg überprüfen lassen und ob diese Überprüfung anlässlich eines zehn Lektionen dauernden Beschäftigung mit dem Thema überhaupt angebracht ist.

---

Das Unterrichtsmodul umfasst einen komplexen Themenbereich. Diesen Themenbereich den Schülern klar darzulegen und verständlich zu machen, erfordert viel Zeit. Die Begrenzung auf zehn Lektionen ist ein knapper Zeithorizont. Mit 15 bis 20 Lektionen kann er aber ohne Hektik abgehandelt werden.

Das Aquaponicmodell ist ein guter Unterrichtsgegenstand um vernetztes Denken zu trainieren. Es hilft den Schülern erste Schritte im Umgang mit komplexen Fragestellungen zu machen und sich im vernetzten Denken zu üben.

Die Rhythmisierung der Lektionen war nicht immer gewährleistet. Die Schüler mussten zum Teil zu lange zuhören und konnten sich nicht selber aktiv in das Unterrichtsgeschehen einbringen. Dies demotivierte und sie hängten ab.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Albin, V., Bamert, R. (2005): Aquaponic als Unterrichtsmodell. Semesterarbeit HSW, Kapitel 4.3.2. (unveröffentlicht).
- [2] Wikipedia (2007): Nitrifikation. <http://de.wikipedia.org/wiki/Nitrifikation>, 13. 02. 2007
- [3] Meadows, D. L. (1972): Die Grenzen des Wachstums. Rowohlt Verlag, Hamburg.
- [4] Kommission Mensch und Umwelt der Bildungsdirektoren – Konferenz Zentralschweiz BKZ (2000): Lehrplan Mensch und Umwelt der Zentralschweiz. Kapitel Pflanzen, Tiere und Lebensräume, Grobziel 2.
- [5] Lehrplan Mensch und Umwelt des Kantons Zürich (2007): [http://www.vsa.zh.ch/file\\_uploads/bibliothek/k\\_229\\_Unterricht/k\\_268\\_LehrplanLP/936\\_0\\_889\\_0\\_Lehrplan4MenschundUmwelt.pdf](http://www.vsa.zh.ch/file_uploads/bibliothek/k_229_Unterricht/k_268_LehrplanLP/936_0_889_0_Lehrplan4MenschundUmwelt.pdf). Kapitel Einblick in Zusammenhänge gewinnen.
- [6] Klafki, W. (1957): Bildungstheoretische Didaktik. [http://www.didaktik.uni-jena.de/did\\_06/analyse.htm](http://www.didaktik.uni-jena.de/did_06/analyse.htm), 30. 12. 2006
- [7] Vester, F. (1983): Unsere Welt – ein vernetztes System, 7. Auflage (1991), dtv Verlag, München.
- [8] Meadows, D. L., Booth Sweeney, L. (2002): The System Thinking Playbook, IPSSR.
- [9] Niederberger, K. (2004): Naturerlebnis Wald, rex verlag, Luzern
- [10] Quaden, R. and Ticotsky, A. (2004): The Shape of Change, Acton, MA, Creative Learning Exchange.
- [11] Quaden, R., Tocotsky, A., et al. (2004): The Shape of Change, Creative Learning Exchange, abgeändert

## 7 Abbildungsverzeichnis

**Abbildung 1:** Quelle: Albin, V., Bamert, R. (2005): Aquaponic als Unterrichtsmodell. Semesterarbeit HSW, Kapitel 4.3.2. (unveröffentlicht). \_\_\_\_\_ 5

## 8 Anhang

### 8.1 Anhang A

#### Ökonetz [9]

##### 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.

## Vernetzungskreise [10]

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:

- 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

Schreibe diese Elemente um den Kreis herum auf. Nimm nicht mehr als 5-10!

- 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

- 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 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 Rückkoppelungskreis. Wenn ein Element im Kreis sich verändert so ist seine Wirkung über den Kreis bis zum Ausgangselement spürbar. (Bsp. Je weniger Robben es gibt, desto mehr steigt die Empörung und der Wunsch, sie zu schützen. Dies gibt einen Druck auf die Pelzhändler, weniger Robbenpelze anzubieten und das wiederum hat auf die Zahl der Robben einen Einfluss.). 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 Rückkoppelungskreis gehören? Diese Kreise machen die Geschichte interessant, aber auch komplizierter. Bsp. Durch den Wunsch nach Schutz steigt die Zahl der Robben an. Gleichzeitig sinkt durch die steigende Zahl der Robben die Zahl der Oktopusse.

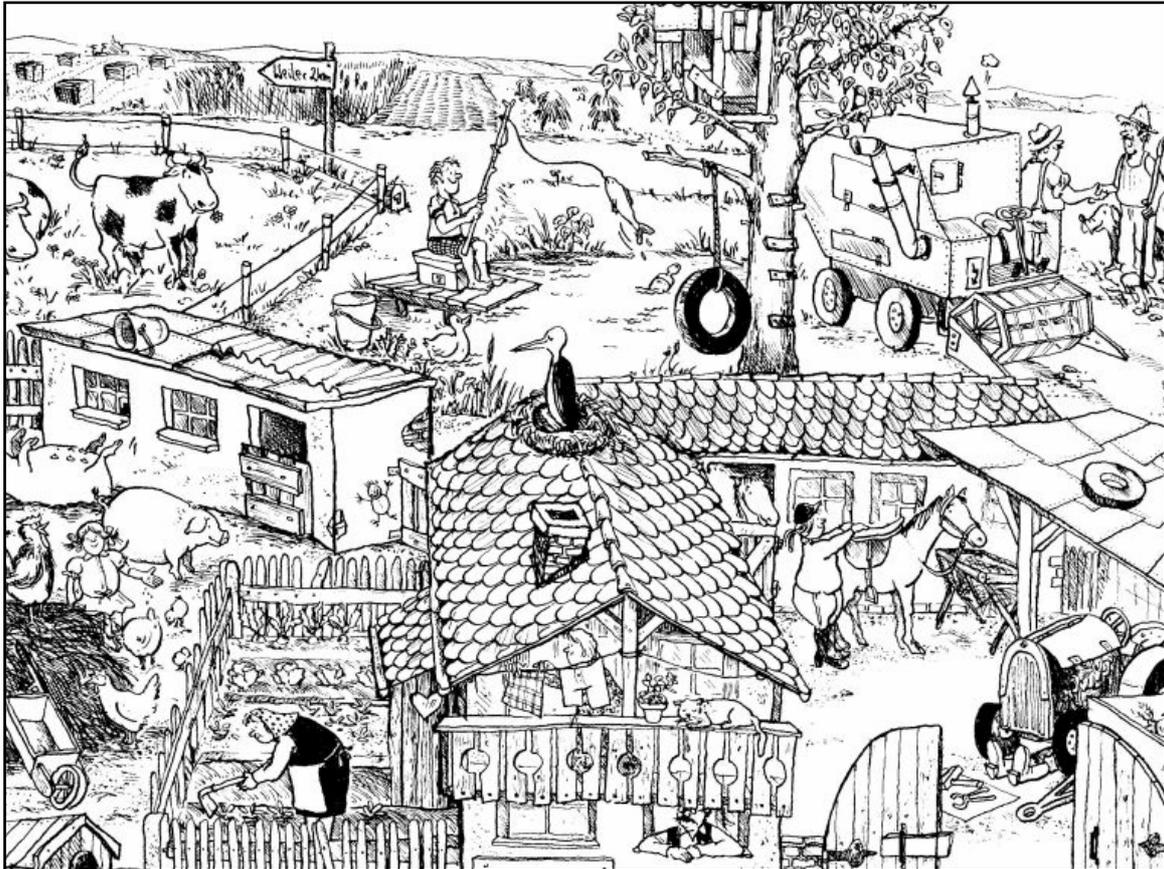
### **Rein – Raus – Spiel [11]**

Das Rein – Raus – Spiel ist ein einfaches Spiel, um das Verständnis für Veränderungen, die über einen gewissen Zeitraum geschehen, einzuüben und zu vertiefen. Die Spieler bewegen sich in einen abgesteckten Teil des Klassenzimmers hinein und heraus. Zwei Schüler simulieren dabei zwei unterschiedliche Pumpen. Eine lässt pro Zeit zwei Schüler ins Schulzimmer, die andere lässt pro Zeiteinheit einen Schüler aus dem Schulzimmer. Dabei wird beobachtet, wie sich die Gesamtzahl der Personen in diesem Bereich ändert, wenn Schüler hinzu- oder wegtreten. Schnell wird festgestellt, dass sich alle Schüler im Schulzimmer aufhalten und diejenigen welche herausgelassen wurden, sofort wieder ins Schulzimmer eintreten müssen. Eine andere Variante ist mit einem auf dem Boden aufgeklebten Viereck zu spielen. Die Pumpen lassen die Schüler ins Viereck hinein und hinaus. Die Überfüllung wird auf diese Weise einfacher ersichtlich, da das Viereck der Schüleranzahl angepasst werden kann.

## 9 Anhang B

### 9.1 M1

#### M1: Eintrittstest



#### Der Bauer und sein Mist

Immer wieder nach dem Winter fährt der Bauer den Mist auf seine Felder. Im Frühling wachsen auf den Feldern Gräser und Blumen heran, die er im Sommer schneidet, trocknen lässt und sie dann einsammelt. Auch auf den Kornfeldern, die er im Spätsommer erntet, sammelt er das Stroh ein. Gegen den Herbst hin, wenn es schneit und das Vieh nicht mehr draussen gehalten werden kann, weil es keine Nahrung mehr findet, benützt der Bauer das gesammelte Gras als Futter für die Kühe und das Stroh als Einlage, damit es die Kühe etwas wohler haben.

#### Auftrag:

Beschreibe, zeichne, skizziere, wieso der Bauer den Mist auf die Felder bringt. Benütze dafür die Rückseite dieses Blattes.

## 9.2 M2

### M2: Informationen zum Unterricht

**Unterrichtstitel:** Aquaponic – ein Unterrichtsmodul über geschlossene Kreisläufe von Wasser und Nährstoffen

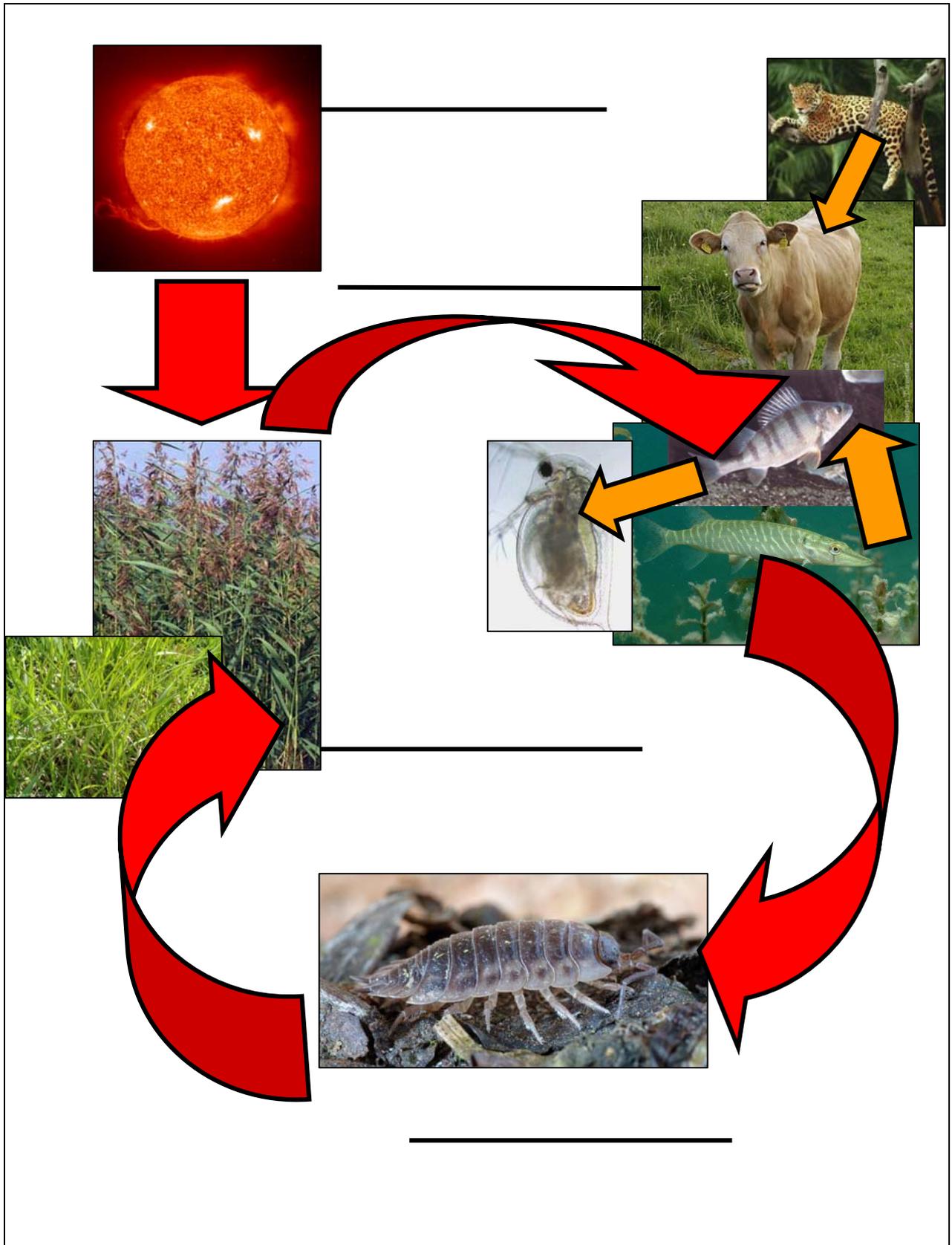
**Ziele:**

- Ich weiss, was ein System ist.
- Ich übe mich im vernetzten und systemischen Denken.
- Ich kenne das System Aquaponic und kann es erklären.
- Ich kenne den Vernetzungskreis und kann damit umgehen.

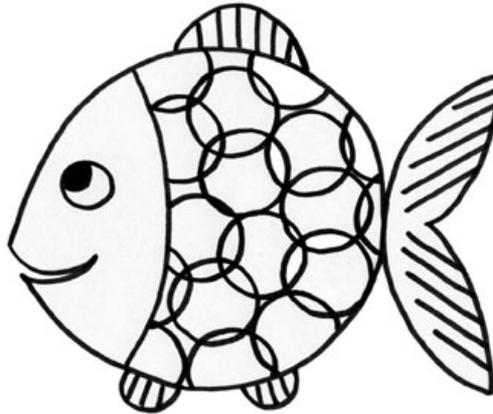
**Ablauf:**

- Modul 1: Eintrittstest
- Modul 2: Pflanzen und Fisch einzeln in ihrem System betrachten
- Modul 3: Systemdefinition
- Modul 4: Einbettung von Pflanze und Fisch in ein gemeinsames System
- Modul 5: Betrachtung Subsystem Aquaponic
- Modul 6: Kreisläufe in einem See (falls die Zeit vorhanden)
- Modul 7: Austrittstest

## M2: Der Nährstoffkreislauf vom Produzenten zum Konsumenten zum Destruenten



## M2: Der Fisch und seine Umwelt



Ich möchte hier eine Geschichte von einem Tilapia erzählen, der ganz gemütlich in seinem Revier herumschwimmt:

Peter, so heisst der Fisch, ist schon älter und kennt sein Revier. Hier lebt er mit vielen anderen Fischen seiner Art. Er kennt auch viele Fischdamen und wenn er sie besucht, juckt es ihn ein wenig hinter den Brustflossen. Es ist nämlich Fortpflanzungszeit und auch Peter möchte nochmals Junge kriegen. Er hat sich schon eine schöne Fischdame ausgewählt und sie hat eingewilligt, mit ihm Junge aufzuziehen. Fünfzig Eier haben sie zusammen und bewachen sie gut, denn die Eier werden gerne von herumstreunenden Eierräubern gefressen. Peter weiss die Eier zu beschützen. Mit all seiner Kraft vertreibt er die Diebe. Dies gelingt ihm aber nicht immer und so sind es nur noch vierzig junge Peter, die aus den Eiern schlüpfen.

Peter und seine Frau sind erleichtert, als ihre Jungen endlich nicht mehr im Ei sind und schon selber herumschwimmen können. Etwas unbeholfen sind sie noch, doch die jungen Fische lernen schnell. Peter weiss, dass die Raubfische gerne kleine Fische fressen, daher vertreibt er immer noch jeden möglichen Feind. Die kleinen Fische haben auch schon gelernt, bei Gefahr in den Mund von Peter zu schlüpfen. Dort sind sie sicher. Manchmal aber sind die Kleinen zu weit von Peter weg und schaffen es nicht mehr rechtzeitig in den Mund zu gelangen. Viele werden gefressen und Peter ist darüber etwas betrübt. Zählte er nach dem Schlüpfen noch vierzig niedliche kleine Töchter und Söhne, so sind es jetzt nur noch deren fünfundzwanzig.

Manchmal kommt auch ein ganz grosser Raubfisch vorbei. Dann versteckt sich Peter schnell unter einem Stein oder hinter einer Wasserpflanze. Es ist schon viel vorgekommen, dass nach dem erscheinen eines Raubfisches Freunde von Peter einfach verschwunden sind.

Die fünfundzwanzig Jungfische wachsen schnell. Peter und seine Frau sind stolz auf sich. Sie haben fünfundzwanzig von ihren Zöglingen durch die ersten Wochen gebracht und alle haben sich prächtig entwickelt. Sie müssen nicht mehr in seinem Mund Schutz suchen. Sie können sich schon selber verstecken und erkennen wer ihre Feinde sind. Ihre Population hat zugenommen.

Peter und seine Frau waren nicht die einzigen, die für Nachwuchs gesorgt haben. Auch andere Tilapien haben ihre Jungen durchgebracht. Langsam merkt Peter, er lebt nicht mehr mit seiner Frau zusammen, da die Tilapien nicht ihr ganzes Leben mit derselben Fischfrau verbringen, dass nun zu viele Fische seiner Art in seinem Teich leben. Es wird immer schwieriger satt zu werden. Die Algen, Peters Leibspeise, werden immer weniger. Aber er kennt das bereits aus seinem langen Leben. Immer wenn die Jungen selbständig werden, wird die Nahrung knapp. Viele von Peters Kameraden hungern und sterben. Doch trotzdem reicht die Nahrung noch nicht aus. Es gibt immer noch zu viele Tilapien.

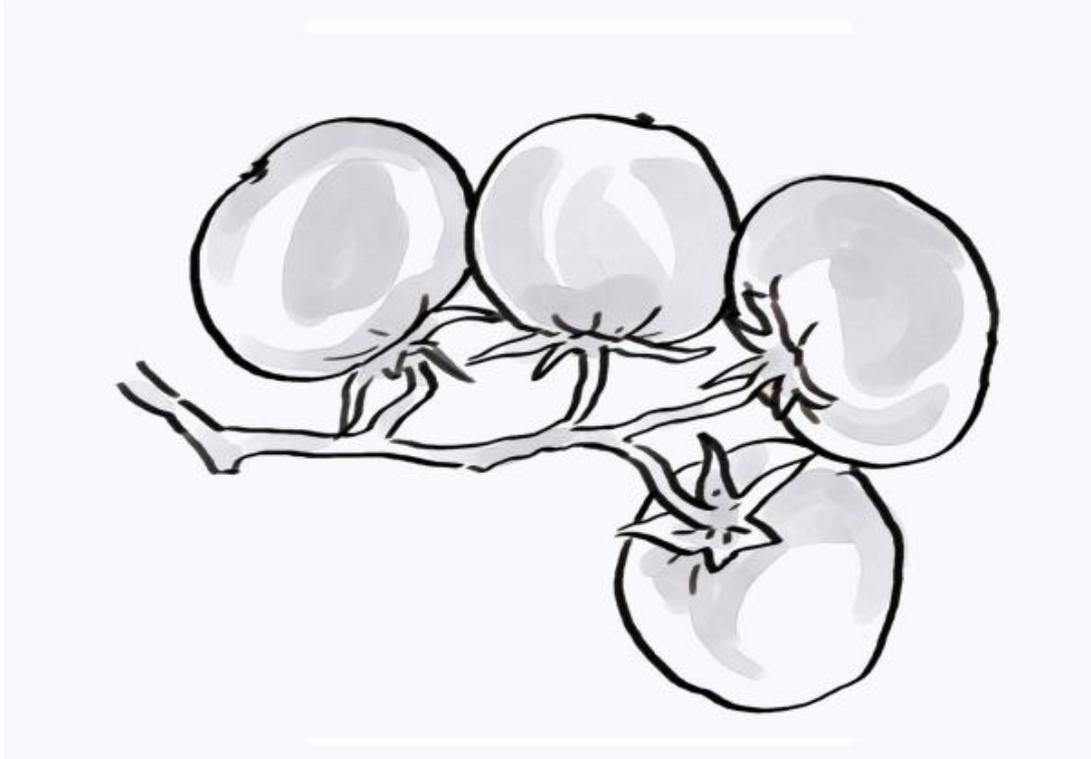
Das gefällt natürlich den Raubfischen. Peter weiss das. Wenn es viel Beute gibt, überleben auch viele Räuber und Peters Art ist nun einmal die Beute von den Raubfischen. Die Raubfische sind so erfolgreich, dass die Population von Peter schnell wieder schrumpft. Ihm ist das recht, denn nun kann er sich auch wieder satt fressen und muss die feinen Algen nicht mehr mit so vielen Kollegen teilen wie vorhin.

Eines aber blieb Peter ein Rätsel. Nicht alle Fische werden von Fischräubern gefressen. Manche sterben auch eines natürlichen Todes. Peter sah nie einen toten Fisch irgendwo herumliegen, was ihn sehr verwundert. Er fragt sich die ganze Zeit, was dann mit den toten Körpern geschieht? Weisst du es?

Begriffsklärung:

Population:           alle Fische der gleichen Art in einem See

## M2: Die Pflanze und ihre Umwelt



Ich möchte hier eine Geschichte von einer Pflanze erzählen, die neben einem kleinen Wäldchen wächst. Die Pflanze heisst Terry und ist ein Tomatenbaum.

Terry wächst in der Nähe eines Gehölzes unmittelbar neben dem Bach. Sie ist nicht die einzige wilde Tomate die hier wächst. In ihrer Nachbarschaft gibt es mehrere Verwandte. Sie kennt die Jahreszeiten gut und weiss, dass sie im Frühling, wenn die Tage länger werden, austreiben muss. Dafür nimmt sie aus dem Boden Mineralsalze auf und verteilt sie überall in ihrem Körper. An den Blättern hat sie viele kleine Öffnungen. Hier nimmt sie das Kohlendioxid aus der Luft auf und wandelt es unter Mithilfe des Sonnenlichts und Wasser in Bausteine für ihren Körper um. Mit diesen zwei Materialien kann Terry schnell an Grösse zulegen.

Terry kennt zwei Arten von Gefahren. Einerseits kommen manchmal Tiere, wie zum Beispiel Insekten oder Säugetiere, vorbei und knabbern an ihren Blättern und Stängel. Dann muss sie die fehlenden Teile ersetzen. Sie ist froh, wenn die Tiere nur Teile ihrer Blätter fressen, denn so kann sie weiterleben. Sie weiss von anderen Pflanzen die bis auf die Wurzel abgefressen wurden. Diese haben sich nicht mehr erholt und sind gestorben. Wenn Tiere Pflanzen fressen, nennt sie das Prädation.

Andererseits kommen ihr die Artgenossen manchmal sehr nahe und klauen ihr das Sonnenlicht. Dann kann sie nicht mehr so gut die Bausteine für ihr Wachstum aufbauen. Gegen die Tiere kann Terry wenig ausrichten, doch gegen ihre Artgenossen hat sie ein Rezept. Sie beginnt ganz schnell zu wachsen, um grösser als die anderen Pflanzen zu werden und so zu mehr Sonnenlicht zu gelangen. Diese Situation nennt Terry Konkurrenz.

Im Sommer, wenn Terry Blüten hervorbringt, wünscht sie sich, dass viele Insekten vorbeikommen. Die Insekten bringen von anderen Blüten die Pollen mit und bestäuben sie so. Mit den fremden Pollen kann Terry ihre Früchte produzieren und sich so vermehren. Sind ihre Tomaten schön rot, kommen Vögel und Säugetiere vorbei und fressen sich an den roten Früchten satt. Dies ist Terry noch so recht, werden auf diese Weise ihre Samen doch weit verbreitet. Nicht alle Samen können auskeimen und zu einer neuen Pflanze werden, denn zum Teil wurden sie auch in den Bäuchen der Tiere verdaut. Terry kümmert das wenig. Sie produziert viele Samen und einige schaffen es immer auszukeimen und zu stattlichen Pflanzen heranzuwachsen.

Natürlich braucht Terry Wasser, damit die Früchte schön reifen können und der Stoffwechsel auch weiterhin funktioniert. Vor allem im Sommer kommt sie zum Teil in eine Stresssituation, weil das Wasser knapp wird. Terry hat tiefe Wurzeln und findet immer ein Tröpfchen des kühlen Nass, doch andere Pflanzen verdursten und Terry's Population schrumpft.

Im Herbst, wenn die Samen verbreitet sind und die Tage kühler werden, zieht Terry alles was sie zum Wachsen braucht in die Wurzeln zurück. Die oberirdischen Teile lässt sie verwelken und absterben. Terry macht dies nichts aus, denn sie weiss, dass diese Teile bis in den Frühling von den kleinen Organismen die im Boden leben abgebaut sind und ihr als Mineralsalze wieder zur Verfügung stehen. Den kleinen Organismen im Boden sagt sie Destruenten.

Begriffsklärung:

Population: alle Pflanzen der gleichen Art auf einer Wiese  
Stoffwechsel: steht für die Aufnahme, den Transport und die chemische  
Umwandlung von Stoffen in einem Organismus

### 9.3 M3

#### M3: Vernetzung eines Baumes



---

### **M3: Was ist ein 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 vom Menschen hergestellt.

Ein System hat folgende Eigenschaften:

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

## **9.4 M5**

### **M5: Aquarium**

- Lies den Text zum Aquarium durch.
- Gestalte ein Blatt mit Informationen zum Thema Aquarium.
- Trage dein Wissen der Klasse vor.

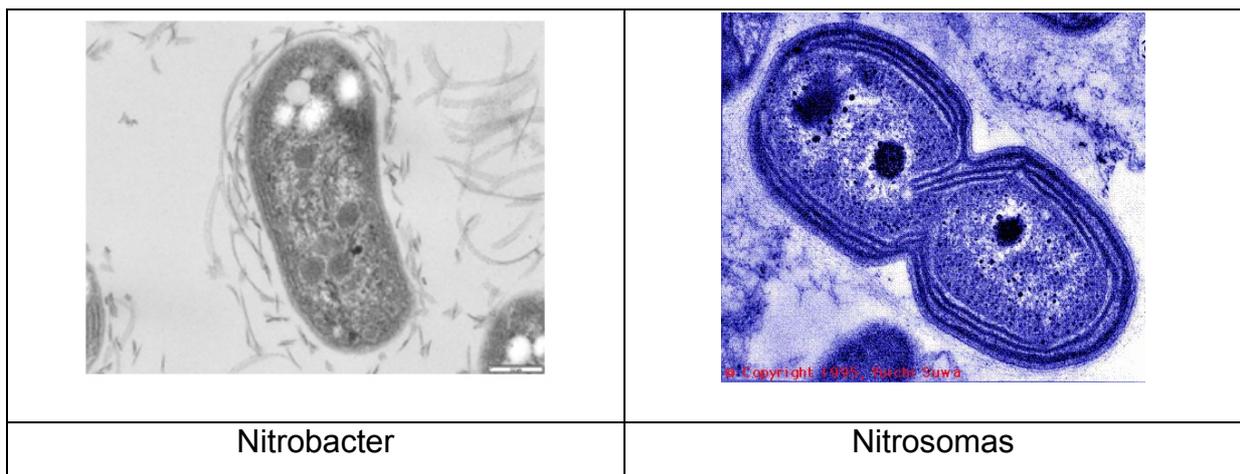
## M5: Aquarium

Erst mal eine wichtige Warnung: Du musst unbedingt die Gebrauchsanweisung der Geräte lesen! Es ist sehr gefährlich mit Strom und Wasser zu hantieren! Du musst unbedingt aufpassen, dass niemals Wasser an den Kabeln herunter in die Steckdose laufen kann! Am besten ist, wenn die Steckdose höher befestigt ist als das Aquarium. Du darfst niemals in das Aquarium fassen wenn noch Elektrogeräte angeschlossen sind. Also erst Stecker rausziehen, und erst dann im Aquarium arbeiten! Das ist sehr wichtig!

### Filter

Damit der Filter in dem Aquarium später den Kot und den Urin der Fische unschädlich machen kann müssen erst bestimmte Bakterien in dem Filter wachsen. Ohne diese Bakterien kann der Filter nicht arbeiten.

Also ohne Bakterien nützt der beste Filter nichts. Diese Bakterien sind nicht schädlich (wie man oft meint), sondern sie sind sogar lebensnotwendig für das Aquarium und seine Bewohner. Sie heißen Nitrosomas und Nitrobacter. Bis sich diese Bakterien im Filter vermehrt haben dauert es mehrere Wochen. Je mehr Fische Du im Aquarium hast, desto mehr Bakterien brauchst Du.



Manchmal ist der Filter so verstopft, dass man ihn Reinigen muss. Bevor Du ihn reinigst, ziehe bitte wieder alle Stecker aus der Steckdose!

Am besten machst Du gleichzeitig einen Teilwasserwechsel, denn Du brauchst dringend Wasser aus dem Aquarium, um den Filter zu reinigen. Bitte reinige den Filterschwamm nie unter Leitungswasser. Dabei sterben zu viele der wertvollen Filterbakterien ab.

Drücke also den Schwamm mehrmals im Aquarienwasser (im Eimer) aus. Der Schwamm muss nicht ganz sauber sein. Es reicht, wenn der gröbste Mulm entfernt ist.

Setze nun den Schwamm wieder in den Filter

### Futter

Fische brauchen nur sehr wenig Futter. Du solltest also sehr sehr sparsam mit dem Futter sein. Zu viel Futter kann das Wasser verderben. Fischen machst es auch nichts aus wen sie mal einen Tag in der Woche nicht gefüttert werden. Im Gegenteil tut ihnen so ein Fastentag sehr gut, und das Aquarium kann sich wieder etwas erholen. Denn jede Fütterung beduted auch eine Belastung für den Filter und die

Bakterien. Natürlich darfst Du auch nicht zu wenig füttern. Das Futter sollte innerhalb von einer Minute aufgefressen sein.

### **Was machen die Fische den ganzen Tag?**

Wenn Du mehrere Fische hast, wirst Du beobachten, dass jeder Fisch sein "Heim" hat. Das ist eine Höhle, ein Versteck hinter dichten Pflanzen oder auch nur eine dunklere Ecke im Aquarium.

### **Fressen**

Die längste Zeit suchen die Fische nach Futter, denn in der Natur müssen sie viel herumschwimmen, bis sie etwas zu Fressen finden. Aber je nach Art tun sie natürlich auch andere Sachen.

### **Schlafen**

Die Fische schlafen in ihren Verstecken. Sie können die Augen nicht schließen, aber schlummern trotzdem und treiben dabei im Wasser. Bei Gefahr sind sie sehr schnell wach und können gleich flüchten.

### **Spielen / Balzen**

Wenn Du ein Pärchen hast, z. B. Fadenfische, kannst Du beobachten, wie das Männchen versucht, das Weibchen für sich zu interessieren. Es umschwimmt sie, stößt sie an und schwimmt ihr hinterher. Vielleicht baut es ein Schaumnest aus Luftblasen, dann wird die Werbung stärker. Nachwuchs stellt sich allerdings in einem Gesellschaftsbecken bei dieser Fischart nur sehr selten ein.

Meine Barben spielen manchmal miteinander. Das sieht dann so aus, als würden sie tanzen.

### **Schwarm**

Schwarmfische sind auch meist auf der Futtersuche. Schwarmbildung ist ein Schutz für die einzelnen Fische (genau wie bei den Zebraherden in Afrika). Raubfische können so nur schwer ein einzelnes Opfer ausmachen. Richtiges Schwarmverhalten siehst Du allerdings erst in einem großen Becken. In kleineren Aquarien sind die Fische überall im Becken verteilt.

Bei Guppies musst Du beachten, dass Du immer mehr Weibchen hast als Männchen. Die männlichen Fische sind sehr aufdringlich und können ein Weibchen auch zu Tode jagen. Darum ist es auch wichtig, dass sich die Weibchen verstecken können um auch mal Ruhe zu haben.

Panzerwelse suchen mit ihren Barteln den Bodengrund nach Fressbarem ab. Sie ruhen sich auch gemeinsam aus, indem sie sich einfach auf einen Stein setzen.

Revier verteidigen

Fische die Reviere bilden, Barsche z. B., müssen auch täglich die Grenzen ihres Reviers verteidigen. Sie halten neben der Futtersuche Ausschau nach Eindringlingen und versuchen die Konkurrenten mit Drohgebärden zu vertreiben. Dabei spreizen sie alle Flossen ab um größer zu wirken als sie sind. Es ist sehr interessant, ihnen dabei zuzusehen. Allerdings kann das auch böse enden, wenn Du einen Fisch ins Becken gibst, den ein anderer Fisch als Konkurrenz ansieht. In dem kleinen Aquarium kann der Fisch nicht flüchten, so geht die Jagd meist bis zum Tod des Fisches. Bei Kampffischen ist dieses Verhalten sehr stark ausgeprägt und endet in kleinen Becken immer mit dem Tod eines der Männchen. Die Aggressivität richtet sich allerdings meist nur gegen Fische der gleichen Art oder Fische, die so ähnlich aussehen.

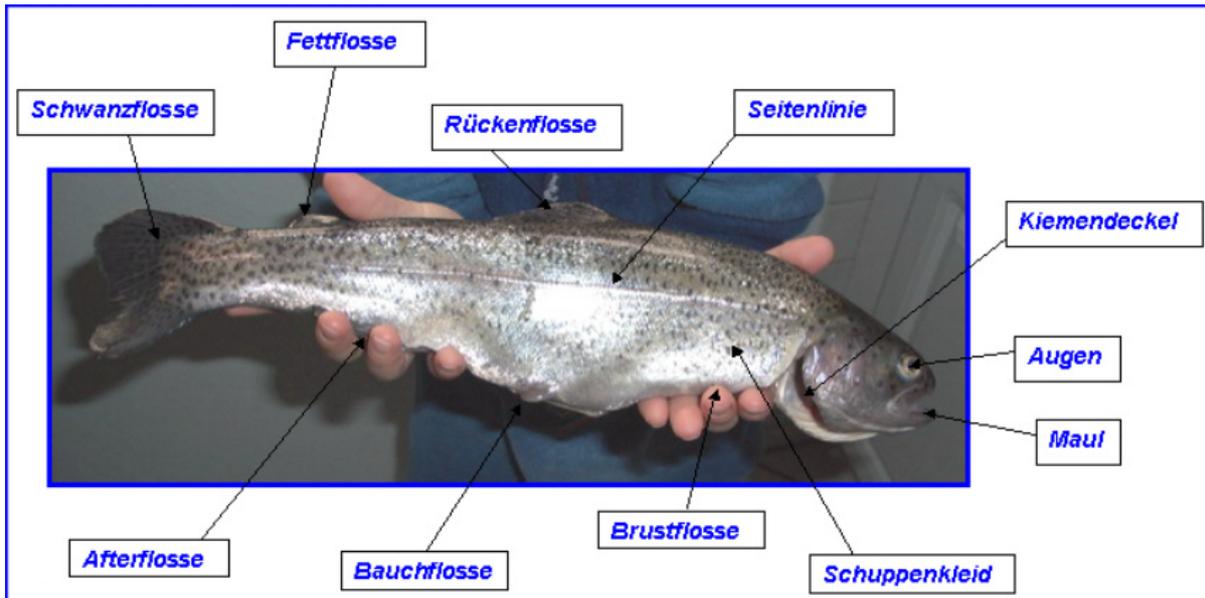
## **M5: Fisch:**

- Lies die Texte zum Thema Fische durch.
- Merke dir, was dir wichtig erscheint und sammle dein Wissen auf einem Blatt.
- Gestalte das Blatt zum Thema Fisch und trage dein Wissen der Klasse vor.

## M5: Allgemeine Fischkunde – Der äussere Körperbau eines Fisches

Fische sind **Wirbeltiere**, die im Wasser leben und sich mit Hilfe ihrer Flossen fortbewegen. Sie atmen mit Kiemen und nehmen das Wasser mit dem Maul auf. Die Haut ist meistens mit Schuppen bedeckt.

Fische haben verschiedene Arten von **Flossen**. Es gibt die Rücken- und Afterflossen, die Brust- und Bauchflossen, die Schwanzflosse, und manche Fische haben auch eine Fettflosse.



Die Rücken- und Afterflossen sind dazu da, das Gleichgewicht zu halten. Die paarigen Brust- und Bauchflossen dienen der Steuerung. Die Brustflossen sind direkt hinter den Kiemen, während sich die Bauchflossen an der Unterseite des Fisches befinden. Die Schwanzflosse ist zuständig für die Fortbewegung. Die Fettflosse, zwischen Rücken- und Schwanzflosse, dient der Artenbestimmung.

Auch das **Schuppenkleid** der Fische ist unterschiedlich. An ihren Schuppen kann man feststellen, wie alt der Fisch ungefähr ist. Die Schuppen werden jährlich größer und zwar in Jahresringen - ähnlich wie bei der Altersbestimmung eines Baumes. Zwei Ringe stellen jährlich ein Lebensjahr dar. Eine andere Möglichkeit der Altersbestimmung eines Fisches sind die Kiemendeckel. Der Fisch nimmt mit seinen **Kiemen** den Sauerstoff auf. Dazu bewegt er die Kiemendeckel, die wie eine Pumpe wirken. Das Wasser fließt durch die Kiemen. Sofern sich der Fisch in einem sauerstoffarmen Gewässer befindet, muss er die Kiemendeckel schneller bewegen, um genügend Sauerstoff für die Atmung zu erhalten. Die Fische haben auch so genannte **Seitenlinien**. Sie beginnen im oberen Kiemenbereich und führen bis zum Schwanz. Die Seitenlinie zählt zu den Sinnesorganen. Wasserbewegungen und Erschütterungen werden dadurch wahrgenommen. Die **Schleimhaut** der Fische wirkt wie eine Schutzschicht, die das Eindringen von Krankheitskeimen verhindern soll. Durch die Schleimhaut wird im Wasser der Reibungswiderstand verringert.  
Foto: Eine Regenbogenforelle von 46 cm Größe und 1 kg Gewicht

## M5: Fische

Fische können unter Wasser atmen. Mit Hilfe der so genannten Kiemen filtern sie den Sauerstoff aus dem Wasser. Fische werden in zwei große Gruppen eingeteilt: Die Knorpel- und die Knochenfische.

Das Skelett der Knorpelfische besteht nicht aus Knochen, sondern - wie der Name schon sagt - aus Knorpel. Im Gegensatz zu den Knochen sind die Knorpel elastisch. Zu den Knorpelfischen gehören Haie, Rochen und Seedrachen.

Alle übrigen Fische gehören zu den Knochenfischen.

Das Skelett der Knochenfische besteht, wie der Name schon sagt, aus Knochen - wie bei anderen Wirbeltieren auch. Die meisten Knochenfische besitzen eine Schwimmblase. Sie ist aus einer Ausstülpung des Darms entstanden und ist mit Luft gefüllt. Sie sorgt dafür, dass der Fisch im Wasser schweben kann. Fische, die keine Schwimmblase besitzen - also beispielsweise die Knorpelfische - müssen immer in Bewegung bleiben, damit sie nicht auf den Grund sinken.

Zur Fortpflanzung legen Fische Eier. Die jungen, frisch geschlüpften Fischchen müssen meist selbst zu recht kommen. Bei manchen Fisch-Arten kümmern sich die Eltern aber um ihren Nachwuchs: Sie bauen ein Nest aus Wasserpflanzen oder Steinen, legen ihre Eier hinein und bewachen sie, bis die jungen Fische schlüpfen. Bei wieder anderen Arten - wie zum Beispiel dem Dornhai oder dem Hammer-Hai - entwickeln sich die Eier im Bauch der Mutter und die Jungen kommen lebend zur Welt.

Zwei Drittel aller Fisch-Arten leben im Meer, also in Salzwasser. Der Rest lebt im Süßwasser von Seen und Flüssen. Der kleinste Fisch ist die Grundel; sie misst gerade mal elf Millimeter. Zu den Größten gehört der bis zu 14 Meter lange Walhai und der bis zu sieben Meter breite Riesen-Manta.

## M5: Wie atmen Fische?

Auch Fische atmen Sauerstoff, aber den holen sie aus dem Wasser!

Anders als wir Menschen und die meisten Tiere, können Fische im Wasser atmen. Die Atmung funktioniert im Prinzip wie die des Menschen, nämlich über den Sauerstoff, der einem Medium entzogen wird.



Die Menschen entnehmen den Sauerstoff der Luft und die Fische dem Wasser. Dazu benötigen sie spezielle Atmungsorgane, die Kiemen. Das Wasser strömt durch die Mundöffnung ein und verlässt den Mundraum durch die Kiemenspalten. Im Ruhezustand können Fische aktiv einen Wasserstrom durch den Mund- und Rachenraum erzeugen, indem sie den Mundboden heben und senken. Die Lippen lassen das Wasser nur in eine Richtung passieren. Beim Senken des Mundbodens wird Wasser durch die Lippen eingesogen.

Schwimmende Fische öffnen einfach das Maul und lassen Wasser durch die Kiemen strömen. Diese Atmung benötigt keine speziellen Atembewegungen und ist daher passiv.

Hinter dem Kiemendeckel liegen die von der starken Durchblutung rot gefärbten Kiemenbögen, die viele Kiemenblättchen haben. In den Kiemen wird der Sauerstoff des Wassers an das Blut abgegeben. Die Kiemen müssen stark durchblutet sein, damit sich der Sauerstoff an die roten Blutkörperchen binden kann. Dann wird der Sauerstoff über das Blut in den Körper bis in die Zellen transportiert.

Die Zellen brauchen den Sauerstoff zur Energiegewinnung. In den Zellen findet auch ein Gasaustausch statt (Innerer Gasaustausch). Denn bei der Energiegewinnung wird Kohlendioxid produziert, das ausgeatmet werden muss. Es wird ebenso über das Blut transportiert, nur in die andere Richtung bis in die Kiemen (äußerer Gasaustausch) und dann ins Wasser. Das Ein- und Ausatmen geschieht bei den Fischen zusammen, das heißt es wird ständig wie in einem Kreislauf Sauerstoff aufgenommen und Kohlendioxid abgegeben. (Also nicht wie bei den Menschen: Wir atmen Sauerstoff ein und danach Kohlendioxid aus.)

Übrigens müssen Fische an der Luft ersticken, da die Kiemenblättchen außerhalb des Wassers verkleben und der Gasaustausch nicht funktioniert.

## M5: Der fühlt sich wohl wie ein Fisch im Wasser

... für die Fische selbst gilt der klassische Vergleich nicht mehr. Kein anderer Lebensraum wurde so stark verändert wie der dieser Wasser-Wirbeltiere.

In ganz Europa gibt es kaum noch einen Fluss, der nicht zu Stromgewinnung, Schifffahrt oder Hochwasserschutz verbaut wurde, vom Missbrauch vieler Gewässer als Abwasserrinnen ganz zu schweigen. So wundert es nicht, dass zahlreiche Fischarten extrem gefährdet sind.

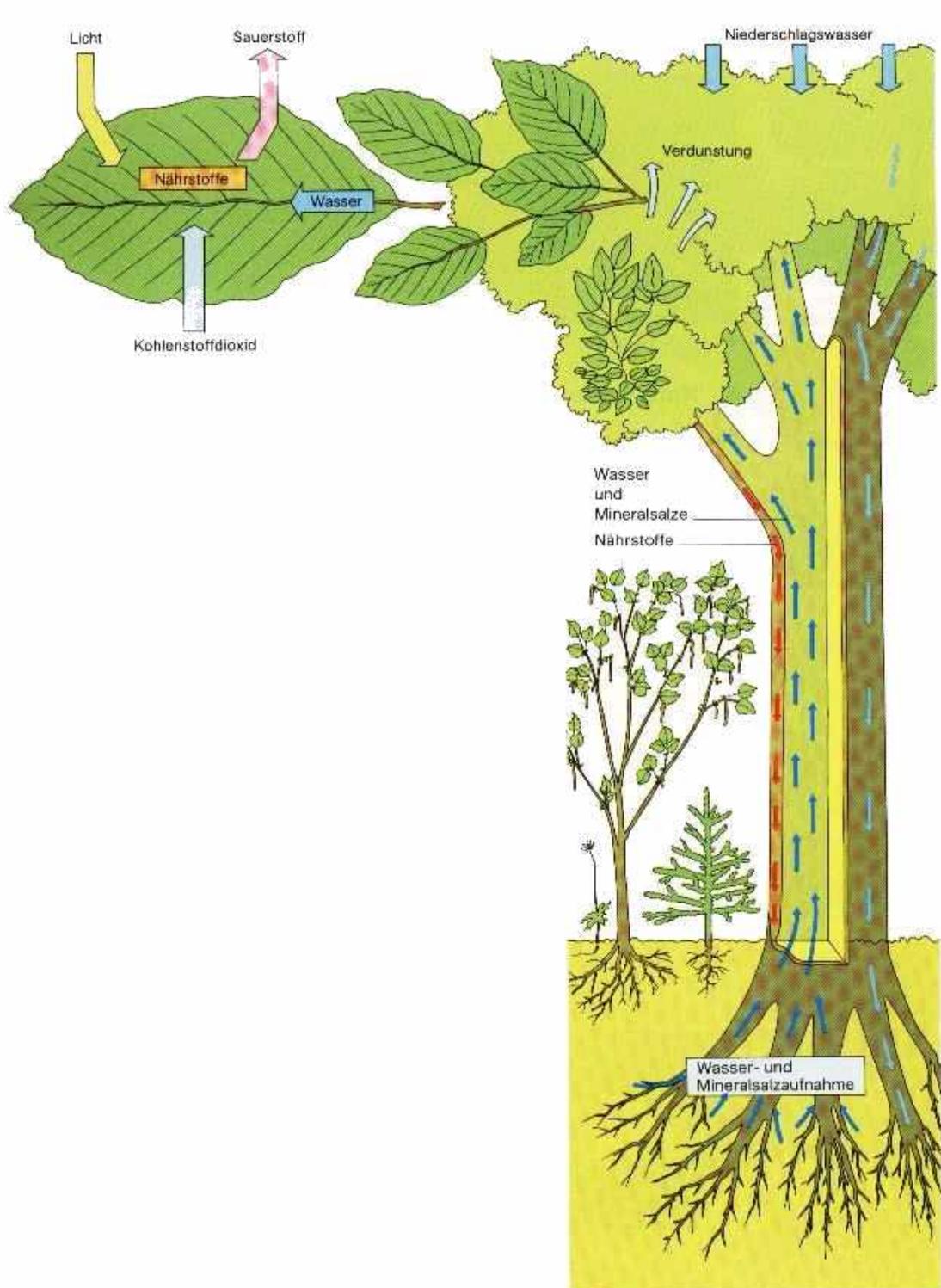
Viele Fische reagieren sehr empfindlich auf eine Änderung von Wassertemperatur, Strömungsgeschwindigkeit, Sauerstoffgehalt, Untergrund oder Wasserpflanzenbestand. Sie sind so typisch für bestimmte Umweltverhältnisse, dass Gewässerabschnitte sogar nach ihren Leitfischen benannt werden. Auf die **Forellenregion** im sprudelnden Oberlauf folgen flussabwärts die **Äschen-, die Barben- und die Brachsenregion**.

Einen Fisch zu erkennen, ist nicht schwierig; die einzelnen Arten aber sind nicht immer leicht auseinander zu halten. Färbung, Körperform sowie Zahl und Anordnung der Flossen sind wichtige Bestimmungsmerkmale.

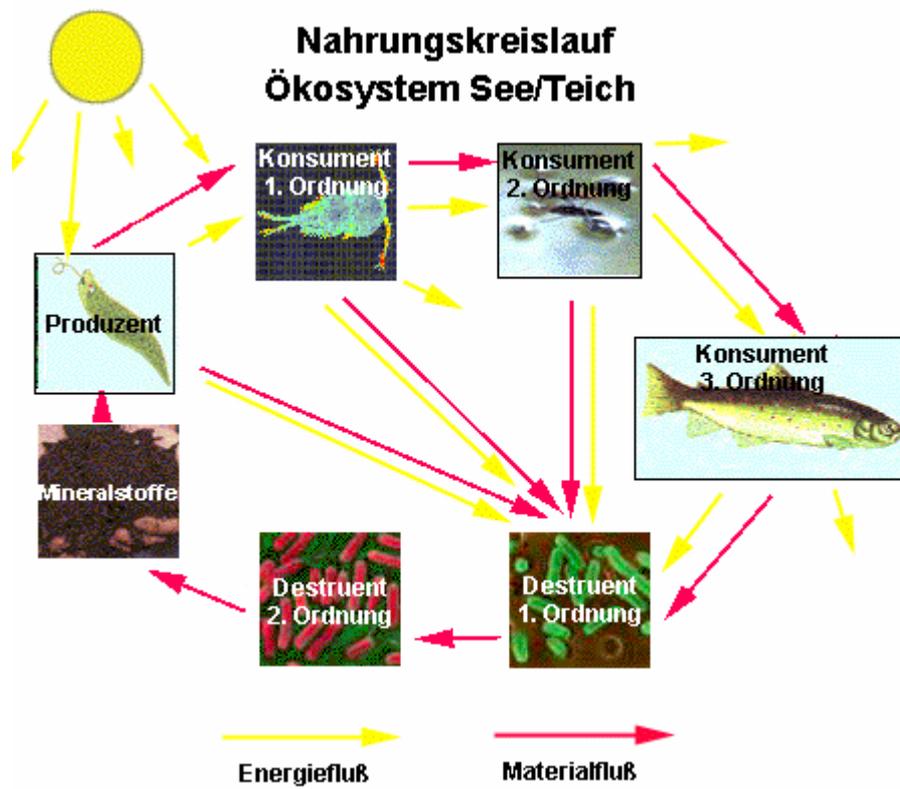
## **M5: Kreisläufe**

- Zeichne den Nahrungskreislauf von Aquaponic auf.
- Zeichne den Wasserkreislauf von Aquaponic auf.
- Findest du noch andere Kreisläufe? Zeichne auch diese auf.

## M5: Kreislauf in den Pflanzen



## M5: Nahrungskreislauf



## **M5: So funktioniert der Wasserkreislauf**

Das gesamte Wasser bewegt sich in einem ständigen Kreislauf von Verdunstung, Wolkenbildung, Niederschlag und Abfluss und erneuter Verdunstung.

Durch die Wärme der Sonne verdunstet Feuchtigkeit aus Meeren, Flüssen, Seen und von der Erdoberfläche. Der dabei entstehende Wasserdampf steigt auf, es kondensiert zu Wolken, die vom Wind weiter geblasen werden und schließlich als Niederschlag auf der Erde landen.

Der größte Teil des Niederschlags verdunstet wieder oder fließt in Bäche, Flüsse und letztendlich ins Meer. Ein anderer Teil tränkt den Boden. Dieses Wasser versickert durch verschiedene Sand-, Erd- und Gesteinsschichten in eine unterirdische Wasserlandschaft (Grundwasser).

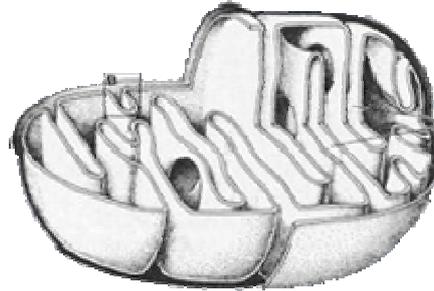
An manchen Stellen sprudelt es als Quelle wieder aus der Erde - Flüsse und Seen werden unter- und oberirdisch von Grundwasser gespeist. Wie die Flüsse auf der Erdoberfläche, strömt auch das Grundwasser Richtung Meer. Dort angekommen, verdunstet das Wasser durch die Wärme der Sonne, steigt auf und bildet Wolken - der Wasserkreislauf schließt sich.

Pro Jahr verdunsten über den Meeren und der Landmasse ca. 500.000 m<sup>3</sup> und fallen als Niederschlag wieder zurück auf Meere und die Festländer. Ohne den Prozess der Verdunstung würde der Wasserkreislauf gar nicht funktionieren, denn nur in gasförmigem Zustand, also als Wasserdampf, kann sich das Wasser schnell verteilen. Zudem wird erst durch die Verdunstung aus Salzwasser Süßwasser, da das Salz nicht verdunstet, sondern in den Meeren und Ozeanen bzw. am Boden zurückbleibt.

## M5: Woher bekommen Menschen und Tiere ihre Energie?

Natürlich aus der Nahrung!

Da sowohl Menschen als auch Tiere Hunger haben und außerdem atmen müssen, ist es möglich, dass Menschen und Tiere selber Energie herstellen. Bei der Atmung wird Sauerstoff aufgenommen, der die Fähigkeit hat, Nahrung zu zerlegen - und zwar in Stärke, Zucker, Fette und Eiweiße.



Ganz so einfach, wie sich das jetzt anhört, ist es allerdings nicht, denn so eine Zerlegung der aufgenommenen Nahrung -

Dies ist eine Mitochondrie!  
[www.webmed.ch](http://www.webmed.ch)

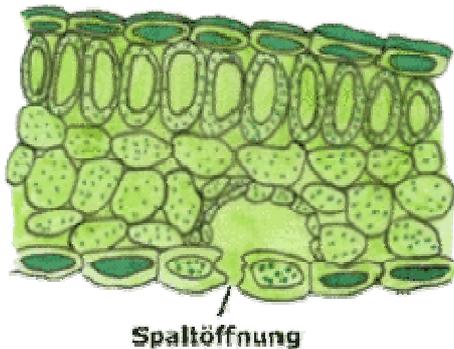
auch Verbrennung genannt - ist ein komplizierter Prozess. Dieser findet größtenteils in kleinen Bestandteilen der Zellen, den Mitochondrien, statt.

Hier wird also die Nahrung mit Hilfe des Sauerstoffs in viele verschiedene Stoffe - z.B. Zucker - zerlegt und dabei entsteht Energie. Diese Energie, bspw. in Form von Wärme, hilft die bei der Regulierung der Körpertemperatur oder die Energie dient dazu sich zu bewegen u.s.w.

Also immer schön tief einatmen und den Bauch nicht zu lange knurren lassen!

### Und was machen die Pflanzen?

Auch Pflanzen brauchen Energie!



Pflanzen atmen auch - natürlich nicht mit Kiemen oder Lungen, sondern über kleine Öffnungen an der Blattunterseite, die Spaltöffnungen genannt werden. Allerdings funktioniert die Atmung bei Pflanzen anders als bei Menschen und Tieren.

So sieht ein Blatt mit Spaltöffnungen aus!  
[www.kidsweb.at](http://www.kidsweb.at)

Pflanzen "atmen" die von Menschen und Tieren ausgestaute Luft (Kohlendioxid genannt) durch die Spaltöffnungen ein und "essen" Licht und Wasser. Aus Kohlendioxid, Wasser und Licht kann die Pflanze nun Glukose herstellen, dies ist eine Zuckerart. Bei diesem Prozess, den

man übrigens Photosynthese nennt, entsteht auch wieder Energie, die gespeichert wird und zum Wachstum der Pflanze genutzt wird.

## **M5: Pflanze:**

- Lies den Text zu der Pflanze durch.
- Vielleicht findest du zusätzliche Informationen auf dem Netz.
- Gestalte ein Blatt zum Thema Pflanze und trage dein Wissen der Klasse vor.

## M5: Lebensweise, Aufbau und Fortpflanzung von Pflanzen

Pflanzen sind eine große Gruppe von mehr als 400.000 Lebewesen, die sich mit Hilfe der Photosynthese ganz von anorganischen (unbelebten) Stoffen ernähren.

Bei der **Photosynthese** werden - durch die Aufnahme von Wasser, Mineralsalzen und Kohlendioxid aus der Luft - Stärke und Traubenzucker in den Pflanzen aufgebaut. Die dazu notwendige Energie wird durch das Sonnenlicht geliefert und meistens mit den grünen Blättern aufgenommen. Deshalb wenden sich Pflanzen auch immer dem Licht zu. Bei diesem Vorgang der Photosynthese wird Sauerstoff frei, den die Pflanzen an die Luft abgeben. Die Tiere und der Mensch sind bei ihrer Ernährung im Gegensatz zu den Pflanzen von organischen Verbindungen abhängig, die aber alle auf Stoffwechselprodukte der Pflanzen zurückgehen.

Auf diesen grundlegenden Unterschied lassen sich auch alle anderen Abweichungen zwischen pflanzlicher und tierischer Lebensweise zurückführen:

Die typische Pflanze enthält zur Bindung der Lichtenergie in bestimmten Zellorganen Blattgrün (Chlorophyll), welches den Tieren fehlt. Die Pflanzen wachsen bis an ihr Lebensende, vergrößern also fortlaufend ihre Oberfläche. Die Tiere hingegen stellen ihr Wachstum nach einer gewissen Zeitspanne ein. Sie entwickeln aber eine ausgedehnte „innere Oberfläche“, die der Nahrungsverwertung dient. Im Hinblick auf die Licht-, Salz- und Wasseraufnahme sind die meisten Pflanzen ortsgebunden und können sich nicht fortbewegen. Daher ist auch ihr Festigungsgewebe anders ausgebildet als bei den Tieren. Ein wichtiges Merkmal der Pflanzen stellen ihre vorwiegend aus Zellulose bestehenden starren Zellwände dar. Das ist ein Kohlenhydrat, das sich nur ausnahmsweise im Tierreich findet. Andererseits fehlt den Pflanzen ein zentrales Nervensystem, über das die Tiere verfügen.

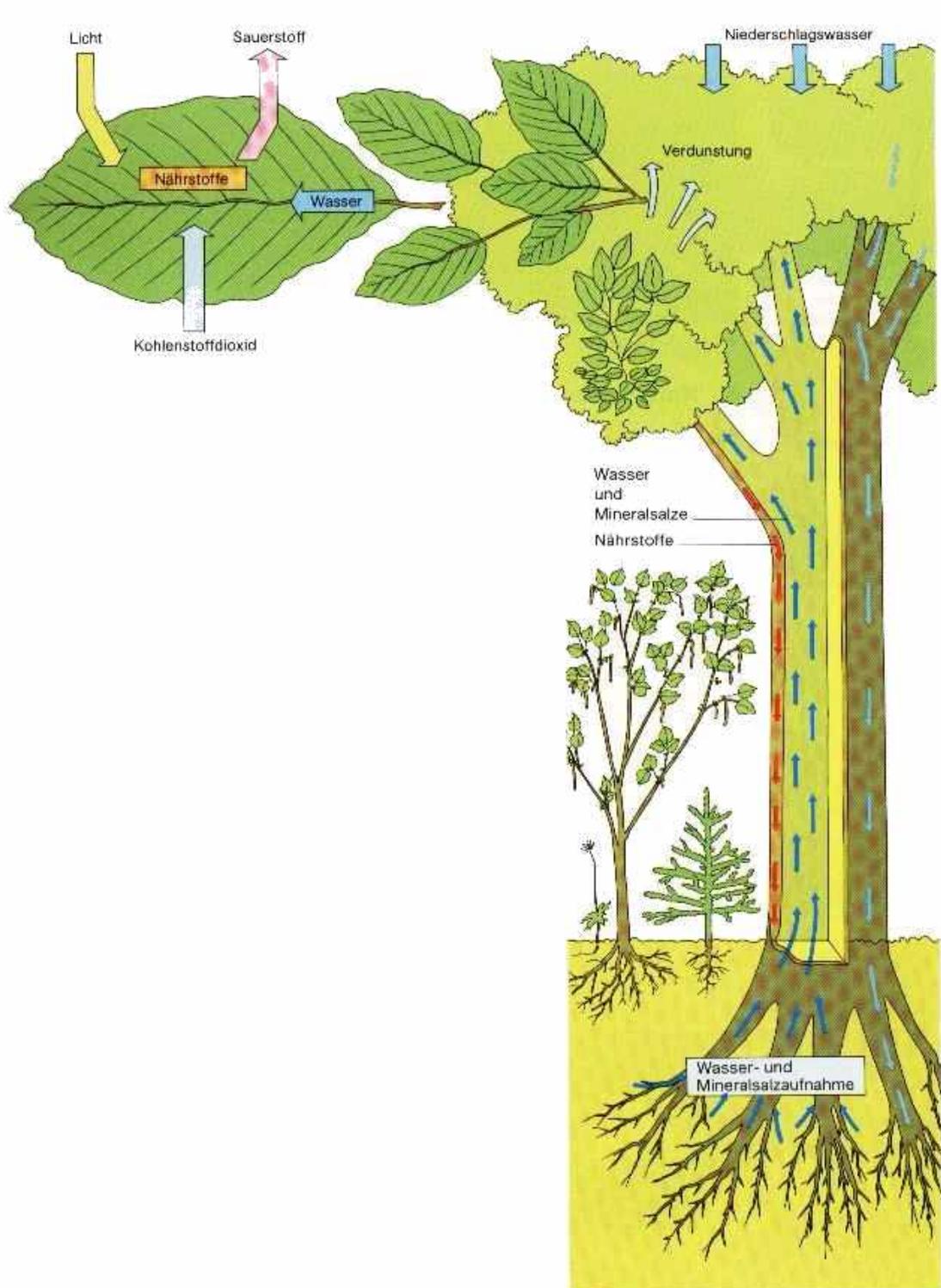
Man unterscheidet zwischen **einzelligen, niederen und höheren Pflanzen**.

Zu den einzelligen Pflanzen gehören Bakterien und einige Algenarten. Einfach aufgebaute Pflanzen wie Flechten sind niedere Pflanzen. Die höheren Pflanzen sind in Wurzeln, Sprossen und Blätter gegliedert.

Die Fortpflanzung erfolgt bei den Pflanzen durch die Vereinigung von Geschlechtszellen oder auf ungeschlechtlichem Wege durch Sporen. Zusätzlich können sich viele Pflanzen durch Ausläufer, Brutzwiebeln, Sprossen, Knollen und Brutknospen vermehren.

Pflanzen sind für die Menschen und Tiere nicht nur als Nahrungsmittel von lebenswichtiger Bedeutung, sondern vor allem, weil sie bei der Photosynthese den Sauerstoff freisetzen. Ein eigenes Reich bilden neben den Pflanzen und Tieren die Pilze. Denn sie entziehen ihre Nährstoffe dem Boden oder den Wirtspflanzen auf denen sie wachsen. Die niederen einzelligen Pilze, die auf oder in Tieren und Menschen leben, ernähren sich hier als Parasiten.

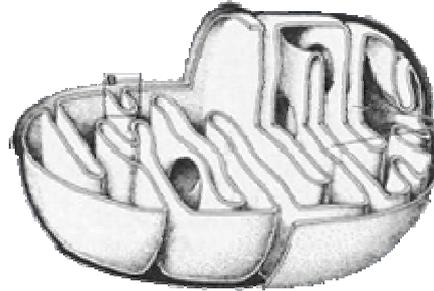
## M5: Kreislauf in den Pflanzen



## M5: Woher bekommen Menschen und Tiere ihre Energie?

Natürlich aus der Nahrung!

Da sowohl Menschen als auch Tiere Hunger haben und außerdem atmen müssen, ist es möglich, dass Menschen und Tiere selber Energie herstellen. Bei der Atmung wird Sauerstoff aufgenommen, der die Fähigkeit hat, Nahrung zu zerlegen - und zwar in Stärke, Zucker, Fette und Eiweiße.



Ganz so einfach, wie sich das jetzt anhört, ist es allerdings nicht, denn so eine Zerlegung der aufgenommenen Nahrung -

Dies ist eine Mitochondrie!  
[www.webmed.ch](http://www.webmed.ch)

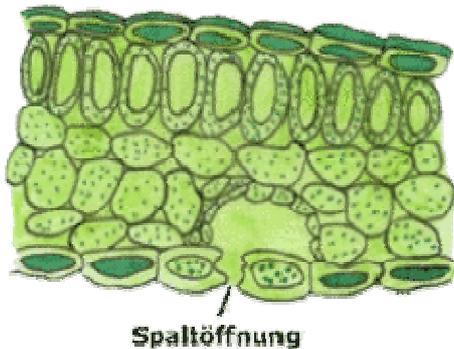
auch Verbrennung genannt - ist ein komplizierter Prozess. Dieser findet größtenteils in kleinen Bestandteilen der Zellen, den Mitochondrien, statt.

Hier wird also die Nahrung mit Hilfe des Sauerstoffs in viele verschiedene Stoffe - z.B. Zucker - zerlegt und dabei entsteht Energie. Diese Energie, bspw. in Form von Wärme, hilft die bei der Regulierung der Körpertemperatur oder die Energie dient dazu sich zu bewegen u.s.w.

Also immer schön tief einatmen und den Bauch nicht zu lange knurren lassen!

### Und was machen die Pflanzen?

Auch Pflanzen brauchen Energie!



Pflanzen atmen auch - natürlich nicht mit Kiemen oder Lungen, sondern über kleine Öffnungen an der Blattunterseite, die Spaltöffnungen genannt werden. Allerdings funktioniert die Atmung bei Pflanzen anders als bei Menschen und Tieren.

So sieht ein Blatt mit Spaltöffnungen aus!  
[www.kidsweb.at](http://www.kidsweb.at)

Pflanzen "atmen" die von Menschen und Tieren ausgestaute Luft (Kohlendioxid genannt) durch die Spaltöffnungen ein und "essen" Licht und Wasser. Aus Kohlendioxid, Wasser und Licht kann die Pflanze nun Glukose herstellen, dies ist eine Zuckerart. Bei diesem Prozess, den

man übrigens Photosynthese nennt, entsteht auch wieder Energie, die gespeichert wird und zum Wachstum der Pflanze genutzt wird.

## **M5: Wasser:**

- Lies die Texte zum Wasser durch.
- Vielleicht findest du zusätzliche Informationen auf dem Netz.
- Gestalte ein Blatt zum Thema Wasser und trage dein Wissen der Klasse vor.

## **M5: So funktioniert der Wasserkreislauf**

Das gesamte Wasser bewegt sich in einem ständigen Kreislauf von Verdunstung, Wolkenbildung, Niederschlag und Abfluss und erneuter Verdunstung.

Durch die Wärme der Sonne verdunstet Feuchtigkeit aus Meeren, Flüssen, Seen und von der Erdoberfläche. Der dabei entstehende Wasserdampf steigt auf, es kondensiert zu Wolken, die vom Wind weiter geblasen werden und schließlich als Niederschlag auf der Erde landen.

Der größte Teil des Niederschlags verdunstet wieder oder fließt in Bäche, Flüsse und letztendlich ins Meer. Ein anderer Teil tränkt den Boden. Dieses Wasser versickert durch verschiedene Sand-, Erd- und Gesteinsschichten in eine unterirdische Wasserlandschaft (Grundwasser).

An manchen Stellen sprudelt es als Quelle wieder aus der Erde - Flüsse und Seen werden unter- und oberirdisch von Grundwasser gespeist. Wie die Flüsse auf der Erdoberfläche, strömt auch das Grundwasser Richtung Meer. Dort angekommen, verdunstet das Wasser durch die Wärme der Sonne, steigt auf und bildet Wolken - der Wasserkreislauf schließt sich.

Pro Jahr verdunsten über den Meeren und der Landmasse ca. 500.000 m<sup>3</sup> und fallen als Niederschlag wieder zurück auf Meere und die Festländer. Ohne den Prozess der Verdunstung würde der Wasserkreislauf gar nicht funktionieren, denn nur in gasförmigem Zustand, also als Wasserdampf, kann sich das Wasser schnell verteilen. Zudem wird erst durch die Verdunstung aus Salzwasser Süßwasser, da das Salz nicht verdunstet, sondern in den Meeren und Ozeanen bzw. am Boden zurückbleibt.

## M5: Wo kommt das Grundwasser her?

Nicht alles Wasser auf der Erde ist sichtbar und doch kommen wir alltäglich mit dem Grundwasser in Berührung, sei es beim Kochen, Waschen und Trinken usw.

Aber wie entsteht Grundwasser eigentlich?

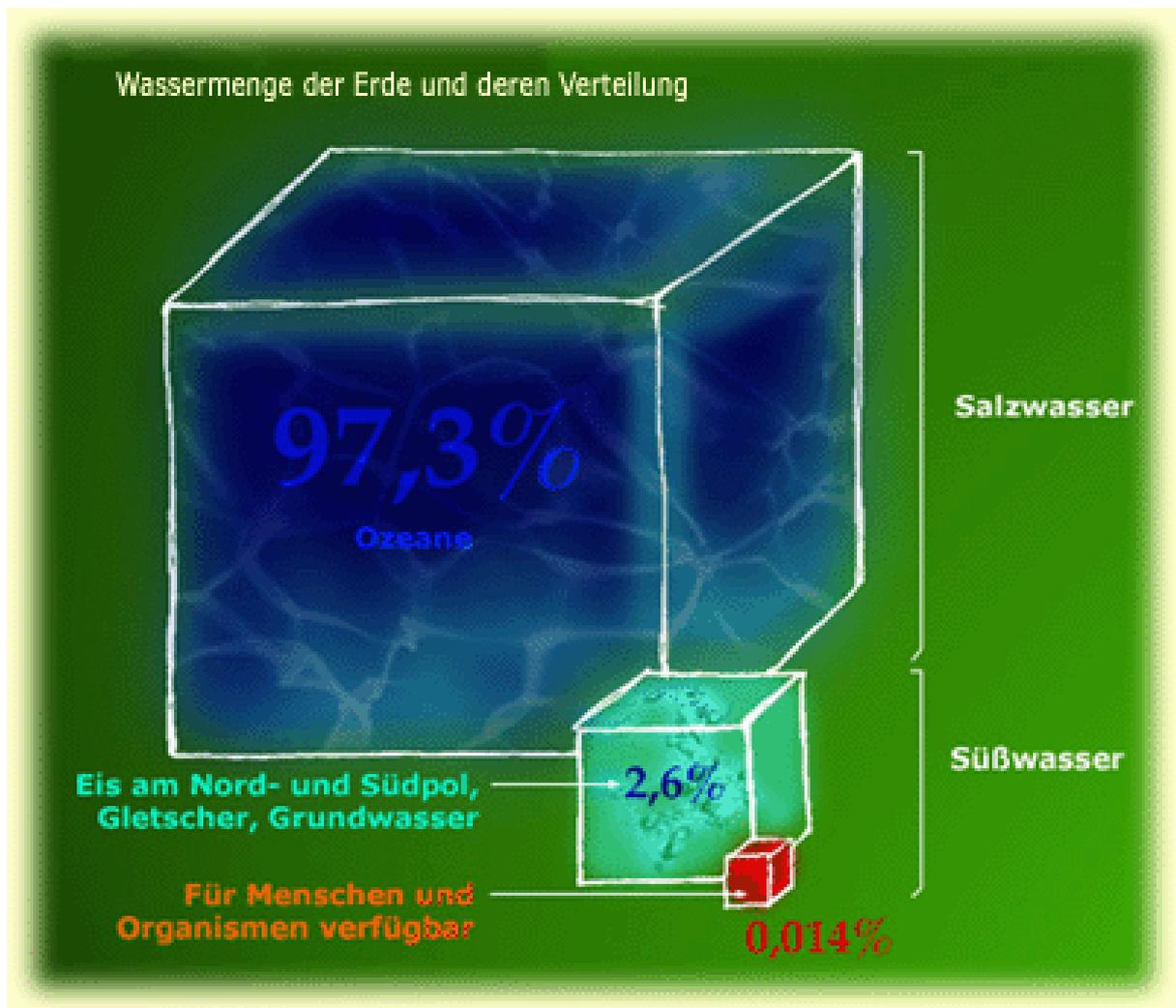
Zunächst kommt Wasser in irgendeiner Form von Niederschlag auf den Erdboden. Der größte Teil verdunstet sofort wieder, ein anderer Teil fließt in so genannte Oberflächengewässer wie Bäche, Flüsse und Seen. Und der Rest des Niederschlagwassers, das ist etwa nur jeder fünfte Regentropfen oder jede fünfte Schneeflocke, sickert in den Boden ein. Der Schwerkraft folgend wandert es so lange, bis es auf undurchlässige Boden- und Gesteinsschichten trifft und sich dort anstaut. In den Hohlräumen und Poren des Bodens bildet sich so das Grundwasser – stellt es euch vor, wie das Wasser in einem Schwamm.



Manchmal lagert das Grundwasser so tief, dass es sogar etliche tausend Jahre oder noch älter werden kann. Oder es läuft über und tritt in Quellen zu Tage oder wird vom Menschen aus Brunnen z.B. zur Nutzung als Trinkwasser abgepumpt. Grundwasser ist also ein Teil des Wasserkreislaufs und bildet sich immer wieder neu, dieser Vorgang wird Grundwasserneubildung genannt. Wie viel Grundwasser sich allerdings neu bildet, hängt von vielen verschiedenen Einflüssen ab und ist damit von Gegend zu Gegend unterschiedlich: es kommt darauf an wie der Boden beschaffen ist (ob z.B. Sand oder Ton usw.), wie oft es regnet und wie sehr der Boden bebaut ist usw.

## M5: Wasser im Überfluss?

Der größte Teil, das sind 97 Prozent, von all dem Wasser auf der Erde ist das Salzwasser in den Meeren und Ozeanen. Lediglich 3 Prozent des auf der Erde vorhandenen Wassers sind Süßwasser. Nur dieses Wasser ist genießbar und damit lebenswichtig für Menschen, Tiere und Pflanzen. Davon sind jedoch zwei Drittel in den Eisbergen am Nord- und Südpol und in den Gletschern festgefroren und somit stehen Menschen, Tieren, Pflanzen und Organismen nur ein Drittel des Süßwassers (versteckt in Flüssen, Bächen, Seen und Teichen oder unter der Erde als Grundwasser) zur Verfügung.



---

## M5: Was sind Niederschläge?

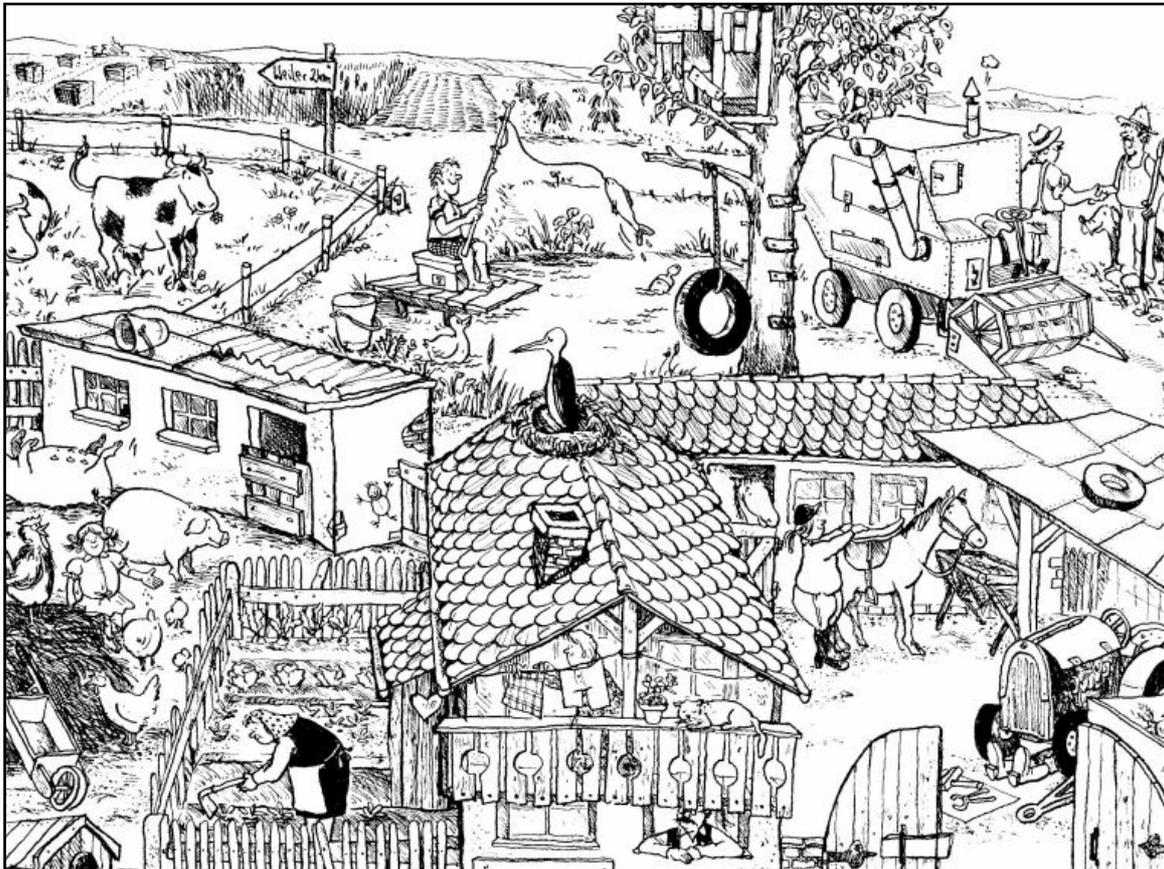
Niederschläge sind Teil des Wasserkreislaufs. Dabei ist mit Niederschlag ist nicht nur der Regen gemeint. All das Wasser, das auf die Erde schneit, hagelt, und regnet, bezeichnet man als Niederschlag. Das heißt, es kann flüssig in Form von Regen, Tau oder Nebel, oder fest, wie z.B. Schnee, Hagel oder Reif, sein. Aber wie kommt es dazu, dass das Wasser in welcher Form auch immer als Niederschlag auf die Erde fällt? Das verdunstete Wasser kondensiert in der Luft zu kleinsten Wassertropfen – der Wasserdampf wird sichtbar in Form von Wolken. Kühlt nun die Luft ab, können die Wolken den Wasserdampf nicht mehr halten und es bilden sich an Kondensationskeimen Wassertropfen. Die Tropfen werden immer größer und schwerer und können nicht mehr schweben, bis die Wolken ihr gespeichertes Wasser wieder abgeben. Je nach Temperatur fällt dieser Niederschlag dann als Schnee oder Hagel, Regen oder Tau auf die Erde.

## **M5: Input – Output:**

- Setze dem System Aquaponic die Systemgrenzen.
- Stelle das Modell zeichnerisch dar.
- Beschreibe, zeichne die Energieflüsse, Nährstoffflüsse, Wasserkreislauf, ..., die in das System gelangen in deine Zeichnung ein.
- Beschreibe, zeichne die Energieflüsse, Nährstoffflüsse, Wasserkreislauf, ..., die aus dem System gelangen in deine Zeichnung ein.

## 9.5 M7

### M7: Austrittstest



#### Der Bauer und sein Mist

Immer wieder nach dem Winter fährt der Bauer den Mist auf seine Felder. Im Frühling wachsen auf den Feldern Gräser und Blumen heran, die er im Sommer schneidet, trocknen lässt und sie dann einsammelt. Auch auf den Kornfeldern, die er im Spätsommer erntet, sammelt er das Stroh ein. Gegen den Herbst hin, wenn es schneit und das Vieh nicht mehr draussen gehalten werden kann, weil es keine Nahrung mehr findet, benützt der Bauer das gesammelte Gras als Futter für die Kühe und das Stroh als Einlage, damit es die Kühe etwas wohler haben.

#### Auftrag:

Beschreibe, zeichne, skizziere, wieso der Bauer den Mist auf die Felder bringt. Benütze dafür die Rückseite dieses Blattes.