

# Aquakultur Ökologie



- 2 Der Weg zurück zu produktiven Wasserlandschaften
- 2 Das Wassertemperatur-Dilemma
- 3 Das Nährstoff-Dilemma
- 3 Wie funktioniert die Selbstreinigung des Wassers in der Natur?
- 4 Die Nahrungspyramide im Teich

# Der Weg zurück zu produktiven Wasserlandschaften

«Landschaftsgestaltung in der Permakultur ist nichts anderes als eine Rekultivierung der zum Teil zerstörten Naturlandschaft. Es handelt sich um einen Rückbau in kleinstrukturierte Landschaften nach dem Vorbild natürlicher Ökosysteme.» Sepp Holzer

## Ursprüngliche Fülle in Gewässern

Bis ins Mittelalter waren Flüsse, Bäche, Seen und Teiche in Mitteleuropa voll mit Fischen und Krebsen. Fische waren damals eine wichtige Nahrungsquelle.

- Noch im 19. Jahrhundert sind hunderte von Tonnen Edelkrebse gehandelt worden. Heute ist der einheimische Edelkrebs wegen der eingeschleppten Krebspest selten geworden, aber hochbegehrt.
- Bis um 1900 waren die Lachsschwärme so gross, dass Lachsfisch die Nahrung für die Armen war. Wegen der vielen Staudämme in den Flüssen konnten die Lachse dann jedoch nicht mehr flussaufwärts ziehen. Daher ist der Lachs in der Schweiz ausgestorben. In naturbelassenen Flüssen z.B. in Alaska ist der Lachs dort noch immer in grosser Zahl zu finden.

## Niedergang der produktiven ursprünglichen Wasserbiotope

In Mitteleuropa wurde für die moderne Landwirtschaft in grossem Stil melioriert. Die meisten Flüsse und viele Bäche erhielten in den letzten 200 Jahren ein kanalisiertes Bett. 90% aller Sümpfe in der Schweiz wurden trockengelegt. Damit verschwanden grosse Teile des Lebensraums der wasserabhängigen Tiere. Ihre Lebensbedingungen verschlechterten sich dramatisch und viele Arten sind stark zurückgegangen oder sogar ausgestorben.

## Renaturierung der Gewässer

Ein wichtiges Ziel der Permakultur ist die Rekultivierung zerstörter Naturlandschaften, damit die natürliche Artenvielfalt zurückkehren kann und produktive System entstehen. Teichsysteme anlegen bedeutet Renaturierung! Klug angelegte Teichsysteme können zur nachhaltigen landwirtschaftlichen Nutzung beitragen.

# Das Wassertemperatur- Dilemma

Je wärmer, desto mehr Wachstum

Wassertiere sind wechselwarm. Wenn das Wasser kalt ist, wachsen und bewegen sich die Tiere wenig bis gar nicht. Wenn sich die Temperatur erhöht, nimmt die biologische Aktivität zu. Steigt die Wassertemperatur um 10 °C, verdoppelt sich das Wachstum der Wasserpflanzen und der Wassertiere. Bergseen haben ganzjährig kaltes Wasser. Das führt zu einem geringen Wachstum und damit zu einer geringeren Produktivität.

Je wärmer, um so  
weniger Sauerstoff im Wasser

Die Löslichkeit von Sauerstoff in Wasser nimmt mit steigender Temperatur ab. Kaltes Wasser enthält daher mehr Sauerstoff als wärmeres Wasser. Sauerstoffgehalt im Wasser in Abhängigkeit von der Wassertemperatur: mg/l

## Eintrag von Sauerstoff

Der Eintrag von Sauerstoff hängt ab von

- der Menge des Wasserzuflusses
- der Wassertemperatur und
- der Wasserverwirbelung
  - Ein Wasserfall ist für einen starken Sauerstoffeintrag ins Wasser perfekt.
  - Wind bringt auf Seen viel Sauerstoff ins Wasser
  - Technische Geräte (z.B. Solarpumpen) bewegen das Wasser und bringen so Sauerstoff hinein. Sie eignen sich besonders in warmen, sonnigen Gebieten wie z.B. dem Mittelmeerraum.
- Pflanzen produzieren Sauerstoff. Aber nur Unterwasserpflanzen geben substanziiell Sauerstoff ans Wasser ab. Ein Beispiel dafür ist die Wasserpest (*elodea canadensis*)
- Phytoplankton produziert auch Sauerstoff, aber nur relativ wenig
- Hohle Binsenhalme und Steine, die aus dem Wasser ragen, sind im Winter, wenn die Wasseroberfläche gefroren ist, wichtig für den Sauerstoffaustausch. Wenn die Sonne auf den Stein scheint, erwärmt er sich und das Eis schmilzt. Es entsteht ein schmaler Spalt zwischen der Eisschicht und dem Stein. Dort kommt es zum Gasaustausch

## Design-Tipp

Es gibt viele aufwändige Verfahren, um mehr Sauerstoff im Wasser zu lösen. In der Permakultur favorisieren wir einfache Systeme, damit wir nicht pumpen und messen müssen. Daher sollten die Fischteiche mindestens 2,50m tief sein. Das Tiefenwasser kühlt den Teich. Das kühle Wasser ist ein Sauerstoffvorrat für warme Perioden. Wir verwirbeln das Wasser beim Zufluss mit wenig Aufwand.

## Verbrauch von Sauerstoff

Der Verbrauch von Sauerstoff hängt ab von der Menge an Tieren und Mikroorganismen, die im Teich leben. In der (warmen) Nacht verbrauchen auch Pflanzen Sauerstoff. Alles, was verrottet, verbraucht Sauerstoff. Alles, was im Teich wächst und herausgenommen wird, vermindert den Sauerstoffverbrauch. Auch Edelkrebse vermindern den Sauerstoffverbrauch, weil sie verrottenes Material fressen.

## Design-Tipp

Wir schätzen ab, wie der Sauerstoffgehalt ist und wie er sich in unserem Teich entwickelt.

## Das Nährstoff-Dilemma

### Je mehr Nährstoffe, desto stärkeres Wachstum

Je mehr Nährstoffe im Wasser sind, um so mehr Wachstum und Ertrag stellen sich ein.

Nährstoffe im Teich: Grundlage der Fruchtbarkeit

Je mehr Phosphor und Stickstoff im Wasser sind, desto besser wachsen Pflanzen und Algen.

Da alle anderen Lebewesen sich direkt oder indirekt von Pflanzen und Algen ernähren, hängt die Produktivität des Teiches vom Nährstoffgehalt ab.

- Viele Algen bedeuten trübes Wasser.
- Ein klarer Teich bedeutet im Prinzip eine Wasserwüste.

### Der pH-Wert

Der pH-Wert ist in der ökologischen Aquakultur meist keine Herausforderung. Natürliches Wasser hat einen pH-Wert von 6,5–8,5, was gut zu den meisten Fischen passt.

Fallbeispiel Vierwaldstättersee: 1960 erreichte der Vierwaldstättersee Maximalerträge wie nie zuvor, da damals der Nährstoffgehalt an Phosphor und Stickstoff hoch war. Heute produziert der Vierwaldstättersee nur noch einen Bruchteil der Fischmenge im Vergleich zu 1960, weil der See inzwischen so nährstoffarm geworden ist, dass das Wasser praktisch Trinkwasserqualität hat. In gewissen Weltgegenden werden solche Gewässer gedüngt.

### Ein klarer Teich ist eine Wasserwüste

Wenn wir in einem Teich, See, Bach oder Fluss bis auf den Grund sehen können, ist das für die meisten Wassertiere eine Wüste. Das gilt auch für Bergseen. Sie haben wenig Nährstoffe und kaltes Wasser. Dies führt zu einer geringen Produktivität trotz hohem Sauerstoffgehalt.

### Je mehr Nährstoffe, desto weniger Sauerstoff

Je mehr Nährstoffe im Wasser sind, um so mehr Sauerstoff wird verbraucht und entsprechend grösser ist die Gefahr von Sauerstoffmangel.

### Überdüngte Seen kippen

Fallbeispiel Sempachersee: Seit 1984 muss der Sempachersee künstlich belüftet werden, da der See nur wenig Zufluss hat, daher auch wenig Sauerstoff aufweist und wegen der intensiven Landwirtschaft ringsum stark überdüngt ist. Details unter [de.wikipedia.org/wiki/Sempachersee](http://de.wikipedia.org/wiki/Sempachersee).

### Design-Fragen

- Welche Wasserqualität haben wir? Wie viel Stickstoff und Phosphor liefert unsere Wasserquelle?
- Welche Wasserqualität brauchen wir für unsere Fische?
- Ist das Wasser zu nährstoffreich oder zu nährstoffarm? Müssen Nährstoffe abgeführt oder muss gedüngt werden?

## Wie funktioniert die Selbstreinigung des Wassers in der Natur?

### Ziel:

### Selbstreinigung des Teiches verstehen und fördern

In der klassischen Aquakultur werden Fäkalien durch Wasser abtransportiert. Das bedeutet verschmutztes Wasser, das die Gewässer belastet oder aufwändige und teure Klärung des belasteten Wassers verursacht.

In der Permakultur wollen wir Teiche fördern, die sich möglichst selbst reinigen. Daher ist es wichtig zu verstehen, wie die Selbstreinigung des Wassers in der Natur funktioniert.

Grundsatz: Je mehr Sauerstoff, um so besser ist die Selbstreinigung. Siehe ARA (Abwasserreinigungsanlage)

Das nutzt man auch bei Pflanzenkläranlagen.

In einem Kiesbett: Vor allem die Bakterien darin reinigen das Wasser.

### Fliessende Gewässer

Die Selbstreinigung funktioniert unter natürlichen Bedingungen in Fließgewässern gut. Vor allem in Bergbächen weist das Wasser eine hohe Sauerstoffkonzentration auf, da hier das Wasser kalt ist und stark verwirbelt wird.

### Stehende Gewässer

In stehenden Gewässern ist der Flachbereich der produktivste und wichtigste für die Selbstreinigung. Schilfgürtel mit Bodenlebewesen helfen dabei.

### Zirkulation in stehenden Gewässern

In grösseren Seen mit Wassertiefen von über 40m finden wir eine Sommer- und Winterstagnation. Das bedeutet, dass die tiefere Schicht des Sees nur im Herbst und Frühling mit der oberen Schicht durchmischt wird.

Wie das abläuft, kann man hier nachlesen.

<http://www.hs-chickor.de/referate/oekosysteme/see/zirkulation.html>

<http://de.wikipedia.org> Suchbegriff: «Ökosystem See»

In einem Teich findet das ganze Jahr über eine Vollzirkulation statt. Das heisst, tiefere Schichten vermischen sich mit den oberen und erhalten so ganzjährig Sauerstoff.

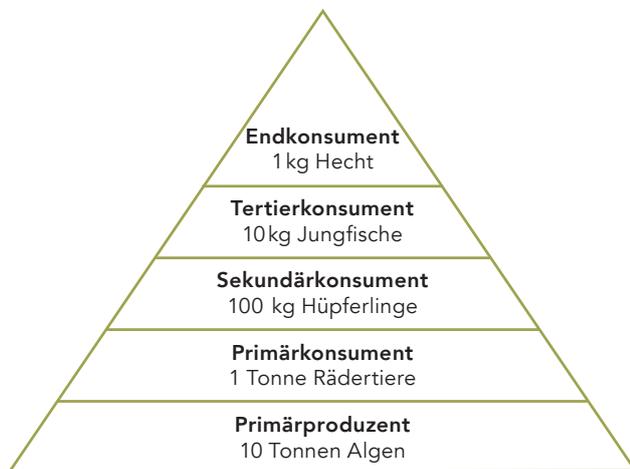
### Design-Frage

Wie funktioniert bei einem Teich die Wasserreinigung?

Wie viele Flachzonen haben wir wo angelegt?

# Die Nahrungspyramide im Teich

In jeder Stufe werden 9/10 der gefressenen Substanz in Energie umgesetzt (Betriebsstoff). Nur je 1/10 kann als Biomassezuwachs verbucht werden.



## Wie ernährt ein Teich seine Fische?

In konventionellen und Bio-Fischfarmen werden Mais, Soja und Fischbeifang mit den nachstehenden Folgen verfüttert:

- Für den Anbau von Soja wird Regenwald niedergebrannt.
- Die Meere werden geplündert. Ca. 50% des gesamten Hochseefischfangs gehen an die Fischindustrie. Beides ist ökologisch nicht vertretbar. Unser Ziel ist es, dass der Teich selbst die Fische ausreichend ernährt.

### Algen als eine wichtige

#### Grundlage der Nahrungspyramide

Im Wasser schwimmen viele Algen. Das Zooplankton frisst diese Algen. Das Teichwasser mitsamt den Algen kann als Nährlösung für die Bewässerung verwendet werden.

### Plankton als Futter

#### für die meisten Jungfische

Die meisten einheimischen Fische fressen als Jungtiere vor allem Zooplankton. Ein Teich ohne Zooplankton kann Jungfische, die in stehenden Gewässern heimisch sind, nicht ernähren. Renken und Felchen fressen auch als erwachsene Fische Zooplankton. Zooplankton wie Rädertiere und Wasserflöhe sind so klein, dass man sie mit bloßem Auge nicht sehen kann.

### Wasserpflanzen als Nahrung

#### für die Rotfeder

Bei uns gibt es nur wenige Fische, die vor allem Pflanzen fressen. Dazu gehören der Amur (nicht einheimisch) und als guter Speisefisch die Rotfeder. Sie kann bis zu 2kg schwer werden.

### Design-Tipp

Das Teichufer nicht mähen, sondern bewachsen lassen. Pflanzen hängen in den Teich und tragen so zur Ernährung von Wasserpflanzen fressenden Fischen bei.

### Bodenlebewesen als Hauptnahrung für Allesfresser

Auf dem Teichboden leben viele Tiere: Krebse, Muscheln, Schnecken, Strudelwürmer, Egel, Käfer, Steinfliegen-, Köcherfliegen-, Eintagsfliegen-, Grossflügler-, Insekten-, Libellen-, Käfer- sowie Zweiflüglerlarven. Diese Lebensgemeinschaft wird Makrozoobenthos genannt. Das Makrozoobenthos macht bis zu 3/4 des Nahrungsangebots in einem Teich aus. So sind die Bodenlebewesen am Teichgrund die Hauptnahrung für Allesfresser wie den Karpfen, der meist am Boden seine Nahrung sucht.

### Design-Tipp

- In Folienteichen können sich die Bodenlebewesen nur schlecht bzw. beschränkt entwickeln. Folienteiche sollten daher besser vermieden werden.
- Wenn Teiche trockengelegt werden, sterben die Bodenlebewesen ab.

### Anflugnahrung für Forellen

Die Menge der Anflugnahrung darf nicht unterschätzt werden. Am Ufer leben viele wirbellose Tiere. Sie bringen Nährstoffe und Nahrung in den Teich. So fallen viele Insekten und Schnecken ins Wasser. Fische wie die Forelle lauern auf diese Anflugnahrung.

### Futterfische für den Hecht und andere Raubfische

Einige Fischarten, vor allem ihre Jungtiere, dienen anderen Fischen als Nahrung.

### Fische mit verschiedenen Ansprüchen

#### Optimal- und Toleranzbereich

Jedes Lebewesen hat einen Bereich, in dem es sich gut entwickeln, wachsen und vermehren kann. Das wird sein Optimalbereich genannt. Je entfernter es von seinen optimalen Bedingungen ist, desto schlechter geht es dem Tier.

Daneben gibt es den Toleranzbereich, in dem das Tier noch überleben kann. In dieser Situation wachsen Tiere meist nicht. Wird ihr Toleranzbereich überschritten, sterben die Tiere.

### Design-Tipps

- Damit es den Tieren gut geht, streben wir möglichst dauerhaft den Optimalbereich an.
- Wann sind die Bedingungen für unsere Tiere optimal? Wann nicht?

Wassertiere haben bezüglich Umweltfaktoren wie Wassertemperatur, Wasserqualität, Sauerstoffgehalt und Nahrungsangebot verschiedene Ansprüche.

### Euryöke Arten – geringe Ansprüche und breiter Toleranzbereich

Unter Euryökie (altgriechisch eurys=breit, weit und oikos=Haus, Wohnort) bzw. Eurypotenz versteht man die Fähigkeit biologischer Arten, einen breiten Schwankungsbereich der Umweltfaktoren ertragen zu können. Beispiele: Karpfenartige und Edelkrebse.

### Design-Tipp

- Ein breiter Toleranzbereich ist vorteilhaft für die Permakultur. Das führt uns zum Leitfisch unseres Teiches.
- Leitfisch unseres Teiches sollte ein euryöker Typ sein, weil das einfacher ist. Was sind seine Ansprüche?

### Stenöke Arten–hohe Ansprüche und schmaler Toleranzbereich

Unter Stenökologie (altgriechischen stenos=eng) bzw. Stenopotenz versteht man die Eigenschaft biologischer Arten, nur geringe Schwankungsbereiche der Umweltfaktoren ertragen zu können. Beispiel Bachforelle

#### Sauerstoffansprüche verschiedener Fischarten

Bachforellen sind eine stenoxygene Art. Sie sind Spitzensportler im Wasser und können sich blitzschnell bewegen. Dabei brauchen sie viel Sauerstoff. Ihnen geht es richtig gut bei 10 mg Sauerstoff je Liter Wasser. Bei 8 mg befindet sich die Forelle bereits an der Grenze ihres Toleranzbereiches. Dieser Wert wird bei 26 °C Wassertemperatur unterschritten. Daher brauchen Forellen kaltes Wasser.

Karpfen und Edelkrebse sind euryoxygene Arten. Sie bewegen sich relativ gemächlich. Dabei brauchen sie weniger Sauerstoff. Bei 6 mg je Liter Wasser können diese Arten noch gut gedeihen. Erst bei 4 mg je Liter wird es kritisch. Auch bei warmer Wassertemperatur ist dieser Wert meist noch gegeben.

### Design-Tipp

Ist eine Fischart für eine konkrete Aquakultur geeignet?

### Die einzelne Fischart verstehen

Bevor wir entscheiden können, ob ein Fisch für unser Aquakultursystem geeignet ist, stellen wir uns die Frage: Wie lebt diese Fischart?

- Welche Wasserqualität und -temperatur braucht die Fischart?
- Wie ernährt sich die Fischart?
- Lebt der Fisch im Schwarm, ist er ein Einzelgänger oder ein Revierfisch?
- Ist die Fischart tag- oder nachtaktiv?
- Ist der Fisch ein Stand- oder Wanderfisch?
- Was braucht der Fisch zur Fortpflanzung?

### Wie gross wird die Fischart?

Drei Faktoren sind entscheidend:

- Grösse des Aquariums, oder Teiches. Faustregel: je kleiner das Aquarium, desto kleiner die Fische
- Futterangebot
- Wasserqualität

Normgrösse: Maximalgrösse in der Literatur ablesen

### Wo lebt die Art?

Es gibt verschiedene Fischregionen mit ihren Leitfischen:

- Im Bach: Bachforelle, Elritze und Groppe
- Im Teich: Karpfen, Rotaugen und Schleie. Der Grossteil unserer Fische sind Karpfenartige. Oberflächenfische sind Moderlieschen, Elritze, Hasel und Orphe
- Im See: Felchen
- Freiwasser: Reinanke, Brachse und Zander
- Tiefenzone: Seesaibling und Zander

### In welchen Teichzonen halten sich meine Fische auf?

Wasserrand: Blutweiderich

Schilfgürtel: Überwasserpflanzen wie Schilf und Iris können in Wassertiefen bis 0,5m wachsen. Binsen und Rohrkolben, ertragen grosse Wasserschwankungen. Hier halten sich gerne Hecht, Karpfen, Karausche, Schleie, Weissfische und der Barsch auf

Seerosengürtel: Schwimmblattzone bis 2m Wassertiefe.

Unterwasserpflanzenzone: hier halten sich die meisten Fische vor allem die grossen auf

### Fisch-Ertrag aus einem Naturteich

Je höher ein Fisch in der Nahrungspyramide steht, umso mehr Fläche und Phytoplankton braucht er. Die Primärproduktion von Pflanzen und Plankton ist in einem flachen Gewässer gross. Auf einer Stufe in der Nahrungspyramide gehen 75–90% der Biomasse verloren. Da die Fische Konsumenten I, II oder III sind, sind die Fisch-Erträge pro Hektar in Dimensionen kleiner als bei Landpflanzen.

- In einem einen Hektar grossen extensiven Teich kann bis eine Tonne Karpfen pro Jahr zuwachsen und abgefischt werden
- Auf einem Hektar Land können pro Jahr 20–30 Tonnen Kartoffeln geerntet werden

### Literatur

- Taschenatlas Wasserpflanzen, Haberer M., Ulmer Verlag 2006
- Welcher Fisch ist das? Die Süsswasserfische Mitteleuropas Hecker F., Kosmos Verlag 2010
- Was lebt in heimischen Seen? Ein Bestimmungsbuch für Taucher und Schnorchler, Bergbauer M.
- Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Pflanzen und Tiere unserer Gewässer. Eine Einführung in die Lehre vom Leben der Binnengewässer, Engelhardt W.
- Süsswassertiere. Ein ökologisches Bestimmungsbuch, Schwab H.