

Chemische und biologische Beurteilung von Fischgewässern

Gutachten erstellt für zwei Fließgewässer und
acht Fischteichen

von
Dr. Erich Koch und Burkhard Zech
26. September 2015



Ort der Fischgewässer:

Schwäbisch-Fränkischer Naturpark

Gemeinde Rosengarten / Schwäbisch Hall

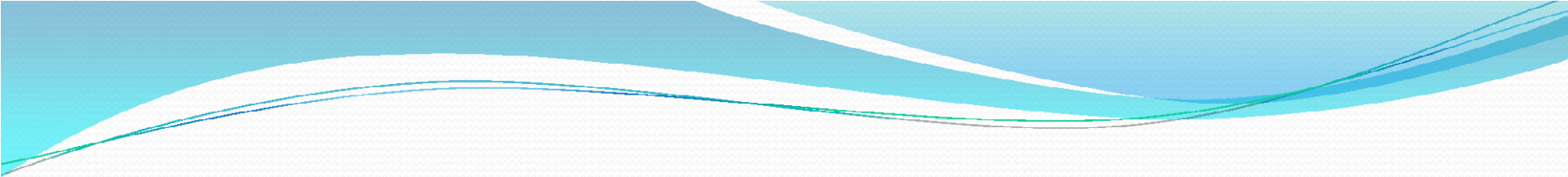
Gewann Hummelloch



Untersuchungsmethoden

Zur Ermittlung der Wassergüte dienen zwei, sich ergänzende Untersuchungsmethoden, die chemische und die biologische Untersuchung. Die chemische Analyse erfasst die gerade vorliegenden Fakten. Die biologische Untersuchung gibt dagegen auch Hinweise auf ein, zwei oder sogar drei Jahre zurückliegende Vergiftungen oder Verunreinigungen.

Für eine hinreichende **chemische Untersuchung** der 8 Fischteiche und deren beiden Zuflüsse **Hummelbach** und **Bach X** wurden die folgenden Parameter (Wasserinhaltsstoffe) gemessen:

- 
1. Wassertemperatur
 2. Sichttiefe
 3. pH-Wert
 4. Sauerstoff
 5. Phosphat
 6. Eisen
 7. Gesamthärte
 8. Kalk- und Kohlensäure, das Säurebindungsvermögen (SBV-Wert)
 9. Stickstoffverbindungen / Stickstoff-Kreislauf
 - 9.1 Ammonium / Ammoniak
 - 9.2 Nitrit
 - 9.3 Nitrat



Fließgewässer

Die acht Fischteiche werden durch zwei kleine Fließgewässer gespeist. Die Namensgebung des östlich gelegenen Rinnsals lautet ***Hummelbach***, die des westlichen Rinnsals ***Bach X***.

Die Quellgebiete der beiden Wasserzuläufe liegen ca. 1,5 km oberhalb der Fischteiche und durchfließen vor der Einmündung in die Fischteiche einen Auenbruchwald mit einem überwiegenden Bestand an Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*).

Aus Sicht der Geologie liegen die beiden Fließgewässer im *Schwäbisch-Fränkischen Stufenland*, welches sich im Erdmittelalter (Mesozoikum) vor etwa 235 bis 195 Millionen Jahre gebildet hat. Die hier vorliegende Gesteinseinheit ist **Keuper**, ein bröckeliges Tongestein. Die Gesteinsart *Keuper* wurde gebildet aus marin beeinflussten Kalk- und Tonsteinen sowie lakustrinen Kalk- und Tonsteinen. Dies erklärt die extrem hohe Wasserhärte der beiden Zuflüsse.



Beurteilung der Fließgewässer

1. Anhand der Parameter für den **Stickstoff-Kreislauf** kann eine **Kontamination** der beiden Fließgewässer durch landwirtschaftliche Einflüsse, wie beispielsweise mineralische oder organische Düngung, ausgeschlossen werden.

Eine weitere traditionelle Verunreinigungsquelle ist Fäkalphosphor. In beiden Fließgewässern konnte selbst im Spurenbereich **kein Phosphat** nachgewiesen werden.

Säurebindungsvermögen (SBV-Wert)

2. Bei den beiden Fließgewässern handelt es sich aufgrund der geologischen Keuper-Formation um ein sehr kalkreiches Wasser. Die **Gesamthärte** liegt bei > 50 °dH (Grad deutscher Härte), entsprechend etwa 1000 mg/l Calciumcarbonat. Dies entspricht einem **Säurebindungsvermögen** (SBV-Wert) von ca. 6 mmol/l. Ein SBV-Wert von $> 1,5$ gehört zu den Grundvoraussetzungen für eine fruchtbare Teichwirtschaft.

Sichttiefe

3. Aufgrund des geologischen Basis-Gesteins *Keuper* ist die Sedimentationsrate im Gewässer an mineralischen Partikeln hoch. Dies erklärt u.a. die durchweg niedrige **Sichttiefe** in allen 8 Fischteichen.

Schwermetall-Gehalte

4. Allgemein liegen die **Schwermetall-Gehalte** sowohl in den beiden Fließgewässern wie auch in den 8 Fischteichen im unbedenklichen Bereich. Als Leitparameter kann vielfach der Eisen-Gehalt in den ionogenen Wertigkeiten Fe(II) und Fe(III) herangezogen werden. Die Fe-Kationengehalte liegen ausnahmslos in Konzentrationen von $< 0,02 \text{ mg/l}$ (ppm) vor.

Sauerstoff-Gehalt

5. Der **Sauerstoff-Gehalt** in bewirtschafteten Gewässern ist aus zwei Gründen besonders wichtig:

Alle im Wasser lebenden Organismen können nur den im Wasser echt **gelösten Sauerstoff** verarbeiten.

Sauerstoff-Verbrauch für die Zersetzung der organischen Substanz.

Der weitaus größte Prozentsatz des im Wasser gelösten Sauerstoffs wird bei der Zersetzung der organischen Substanz verbraucht. Dazu gehört beispielsweise in die Gewässer hinein gewehtes Laub, die Ausscheidungen der Aquafauna, Reste der Fischfütterungen und vor allem die Dissimilationsvorgänge (Zellatmung) der Aquaflora bei Nacht, also bei Lichtmangel. Hier wird die Photosynthese der Aquaflora in das Gegenteil umgekehrt. Es wird dann kein Sauerstoff durch die Photosynthese der Wasserpflanzen erzeugt, sondern bei Dunkelheit **verbraucht**.

Beide Fließgewässer für die Wasserspeisung der 8 Fischteiche weisen einen kritischen bis sehr kritischen **Sauerstoff-Defizit** aus.

So beträgt das Sauerstoff-Defizit beim **Hummelbach 29 %**, beim **Bach X 67 %**.



Mikrohabitate

6. Die beiden Fließgewässer leiden unter einer Strukturarmut. Die Bachsohle ist überwiegend durch die feinen Tonmineralien sowie organischen Sedimenten verschlammmt. Mikrohabitate für das Heer an Wirbellosen, das **Makrozoobenthos**, fehlen.

7. Interstitial

Unter dem für ein Fließgewässer wichtigen Begriff des Interstitials wird das „**Gewässergrund – Lückensystem**“ verstanden. Der Interstitialraum ist ein mit Luft oder Wasser gefülltes Hohlräumssystem im sedimentären Untergrund (Kies und Geröll) von Fließgewässern. Das Lückensystem dient als Lebensraum (Biotop) für eine besonders adaptierte Fauna, die sog. **Interstitialfauna**. Vertreten sind hier hauptsächlich Protozoen und mikroskopisch kleine Vielzeller wie Fadenwürmer (Nemadoda), Bauchhärlinge (Gastrotricha), Bärtierchen (Tardigrada).

Im Kies-Lückensystem von intakten Fließgewässern werden auch Jugendstadien (Eier, Brut, Larven) von Makroinvertebraten angetroffen. Damit ist der wassergefüllte **Porenraum** ein wichtiger Bereich für die gesamte Aquafauna.

Interstitial als **Filter** für **biochemischen Abbau** organischer Stoffe

Ebenso ist dieser Porenraum ein wichtiger Bereich für Fällungs-, Lösungs- und Austauschvorgänge. Bei Durchströmung wirkt das Interstitial als **Filter**. Die mineralischen Partikel bilden mit ihrer großen Oberfläche das Substrat für eine bakterielle Besiedlung. Hier findet ein **biochemischer Abbau** organischer Stoffe statt.

Diese gewässertypischen Populationen fehlen nahezu vollständig aufgrund der Verschlammung und damit des Nichtvorhandenseins des so bedeutsamen Interstitialraumes. Dies begründet das Fehlen von Wirbellosen (Makrozoobenthos). Artenvielfalt (**Diversität**) und Individuendichte (**Abundanz**) fehlen in diesen beiden Fließgewässern fast gänzlich.

Die beiden kleinen Zuflüsse „*Hummelbach*“ und „*Bach X*“ sollten die eigentliche „Kinderstube“ für die 8 großen Fischteiche bilden. Dies ist jedoch nur sehr bedingt der Fall.

8. Wasserzulauf

Die Wasserschüttung der beiden kleinen Zuflüsse ist als sehr kritisch zu beurteilen. Ein Volumenstrom von durchschnittlich $< 0,1$ Liter pro Sekunde eines Fließgewässers kann für die Wasserspeisung von 8 Fischteichen zu einem Problem werden.



Beurteilung der Fischteiche



1. Wassertemperatur

Die Wassertemperaturen für alle Fischteiche einschließlich der Zuflüsse lagen zum Zeitpunkt der Untersuchungen in einem Bereich von 13 – 15 °C. Dieser Temperaturbereich ist für Salmoniden – und hier kommt hauptsächlich die Regenbogenforelle in Betracht – als optimal zu bewerten.

Allgemein liegt die optimale Wassertemperatur für Regenbogenforellen bei 15 – 18 °C.

Bei Wasser-Temperaturen über 20 °C sollte die Fütterung unbedingt eingestellt werden, da der Sauerstoffgehalt dann unter Umständen für den erhöhten Bedarf bei der Verarbeitung bzw. Verdauung des Futters bereits nicht mehr ausreichend ist.

Ein weiteres Indiz für die Einstellung der Fütterung bei den untersuchten Fischteichen bereits bei ≤ 20 °C ist das **Sauerstoff-Defizit** in allen 8 Teichanlagen.



2. Sichttiefe / Trübung des Wassers

Die Sichttiefe aller 8 Fischteiche ist erheblich eingeschränkt und liegt zwischen 30 und 60 cm. Am höchsten liegt die Sichttiefe bei den Teichen Nr. 8 und Nr. 7 mit einer Tiefe von 60 und 50 cm.

Die Trübung wird erfreulicherweise nicht durch Phytoplankton, Algen oder anderweitige pflanzliche Organismen verursacht. Die Trübung wird in erster Linie durch die Fresstätigkeit der Fische am Boden hervorgerufen. Durch das Gründeln der Fische werden die tonhaltigen Sedimentablagerungen aufgewirbelt, welches zu einer starken Suspension im Teichgewässer führt.

3. Stickstoffverbindungen

Die Leitparameter für den Stickstoff-Kreislauf bilden Ammonium/Ammoniak, Nitrit und Nitrat.

Alle 4 Parameter befinden sich in einem unkritischen Bereich.

Das Nichtvorhandensein oder eine geringe Dosis der Stickstoff-Parameter ist ein Hinweis auf das Vorliegen noch aerober Verhältnisse im gesamten Teich-System. Jedoch befindet sich dieser noch gute Zustand in einem labilen Gleichgewicht. Bei zunehmendem Sauerstoff-Mangel sowie erhöhter Wassertemperaturen kann das System hin zu aneroben Verhältnissen kippen. Das Resultat wäre dann ein Fischsterben.

4. Phosphat

Die Phosphat-Konzentrationen liegen bei den Tischteichen Nr. 1 bis Nr. 7 bei konstant 0,1 mg/l (ppm) und sind als unkritisch zu sehen. Im Fischteich Nr. 8 wurde ein etwas erhöhter Phosphat-Wert von 0,3 mg/l gemessen. Auch dieser Wert ist für einen Fischteich als unkritisch einzustufen.

5. Eisen

Gelöstes Eisen in Form von Fe(II)- und Fe(III)-Kationen können zu den schädlichen Schwermetall-Ionen im Wasser zählen. Bei höheren Eisen-Konzentrationen kommt es in Wechselwirkung mit dem pH-Wert zu Ausfällungen, die sowohl den Fischbesatz als auch die Fischeier in ihrer Existenz gefährden.

Auf den alkalisch reagierenden Kiemen und auf der Oberfläche der Eier kann es dann zu Ablagerungen kommen, sodass durch Luftabschluss Beeinträchtigungen bis zum Ersticken auftreten können.

Bei allen Wässern der 8 Fischteiche sowie der beiden Zuläufe liegt der Eisengehalt im unkritischen Spurenbereich, das bedeutet $< 0,02 \text{ mg/l}$.

6. pH-Wert

Die pH-Werte liegen bei allen 8 Fischteichen sowie den beiden Zuläufen im Bereich des Neutralpunktes pH 7. Der pH-Wert im *Hummelbach* liegt im schwach alkalischen Bereich bei pH 7,1.

Dagegen liegt der pH-Wert im *Bach X* im schwach sauren Bereich bei pH 6,6.

Die pH-Werte der 8 Fischteiche liegen in einem Bereich von 6,7 bis 7,1. **Dieser pH-Bereich kann für die gesamte Aquafauna und Aquaflore als optimal angesehen werden.**

7. Säurebindungsvermögen (SBV-Wert)

In der Teichwirtschaft ist es weithin üblich, den SBV (Säurebindungs-vermögen) als reine Zahl anzugeben.

Nach den *Deutschen Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung (DEV)* wird die korrekte chemische Konzentrationseinheit mmol/l (Millimol pro Liter) verwendet, da nur diese Einheit eine SI-Einheit darstellt.

Das SBV ist in natürlichen Wässern ein Maß für das im Wasser vorhandene Kalk-Kohlensäure-System.



Fruchtbarkeit eines Gewässers

Die Bestimmung des SBV ist daher vor allem für Fischgewässer von großer Bedeutung, da zwischen SBV und Fruchtbarkeit eines Fischgewässers ein deutlicher Zusammenhang besteht. So gilt ein Fischgewässer mit einem SBV-Wert von $> 1,5$ als fruchtbar. Ein Fischgewässer mit einem SBV-Wert von $< 0,5$ ist als ein armer Gewässertyp einzustufen.

Kalkreiche Wässer mit einem hohen SBV-Wert haben die Möglichkeit, größere Mengen an Kohlensäure zu speichern. Ein ausreichender Kohlensäurevorrat ist eine elementare Voraussetzung für die Assimilation (Photosynthese) der Wasserpflanzen, welche wiederum als Nahrungsquelle für die Fische dient. Dies erklärt die hohe Bedeutung des Säurebindungsvermögens (SBV-Wert).



Kalkreiche Gewässer als Säurepuffer

Nicht nur für die Fruchtbarkeit eines Gewässers ist das SBV verantwortlich, sondern von analoger Bedeutung ist seine **Pufferwirkung**.

Unter der Pufferwirkung versteht man das Konstanthalten des pH-Wertes, selbst wenn Säure oder Lauge zugesetzt wird.

Die biologischen Vorgänge wie Assimilation und Dissimilation sind auch die Ursache für mitunter starke pH-Wertschwankungen. Bei bestimmten Wettersituationen können im Regenwasser mitunter acide pH-Werte von 3 auftreten, was für Fische tödlich endet.

Ein plötzlich auftretendes, witterungsbedingtes, starkes Algenwachstum kann durchaus alkalische pH-Werte von weit über 10 entstehen lassen. Solche pH-Werte sind für die Fischbestände ebenfalls tödlich.

Deshalb reagieren kalkarme und saure Gewässer infolge zu geringer Pufferwirkung (= niedriger SBV-Wert) äußerst empfindlich auf eine Reihe von Einflüssen im Biotop selbst, aber auch auf Einflüsse von außen aufgrund der leichten Verschiebbarkeit des pH-Wertes.

Kalkgehalt, chemisch ermittelt und quantifiziert durch den SBV-Wert

Diese hier kurz angeschnittenen Vorgänge erfordern einen ausreichend hohen Kalkgehalt, chemisch ermittelt und quantifiziert durch den SBV-Wert.

Je höher der SBV-Wert liegt,

- umso größer ist die Fruchtbarkeit des Fischgewässers
- umso günstiger werden die Vorgänge um die Assimilation der Pflanzen beeinflusst,
- umso stabiler zeigt sich das Fischgewässer gegenüber internen wie externen pH-Wertschwankungen.

Diese Voraussetzungen hinsichtlich einer hohen Gesamthärte (°dH), eines hohen Kohlensäuregehaltes (mg/l Carbonat) und vor allem eines hohen SBV-Wertes erfüllen alle 8 Fischteiche sowie die beiden Fließgewässer in einer optimalen Weise.

7. Sauerstoff

Ohne Sauerstoff kann sich in natürlichen Wässern kein normales biologisches Leben entfalten. Sauerstoff kommt durch den Austausch mit der Umgebungsluft ins Wasser, wodurch schnell fließende Bäche und Flüsse begünstigt sind. Die Hauptquelle ist jedoch nicht die Luft, sondern es sind die **grünen Wasserpflanzen**, also die pflanzliche Produktion (Assimilation).

Fischarten haben unterschiedlichen Sauerstoffbedarf

Sauerstoff ist eine der wichtigsten Lebenshilfen für jede Fischart. Die verschiedenen Fischarten haben einen unterschiedlichen Sauerstoffbedarf, der auch noch jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen ist. Damit bestimmt der Sauerstoff mit die Wahl des Aufenthaltsraumes durch den Fisch.

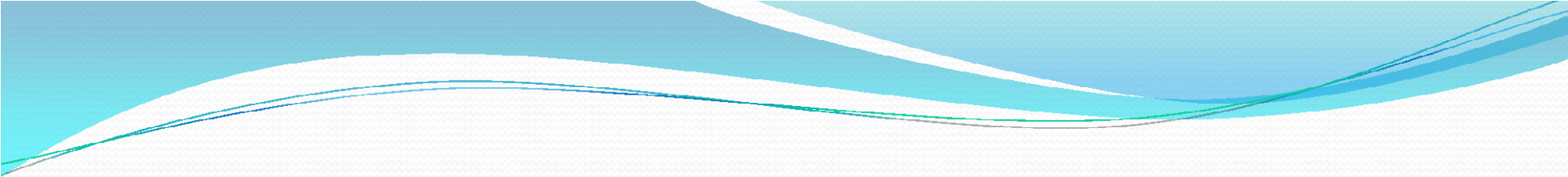
Für die Forelle ist ein Bereich von 7 – 10 mg/l Sauerstoff bis zur Sättigungsgrenze am günstigsten, für Karpfen und Schleien genügt ein Sauerstoffwert von > 3 mg/l.

Dennoch können beispielsweise Schleie und Karausche auch noch bei 0,7 bzw. 0,5 mg/l Sauerstoff überleben.

Sättigungswert = 100%

Der Sauerstoffgehalt des natürlichen Wassers strebt stets einem Normalwert – dem **Sättigungswert**- zu. Die Ermittlung der Sauerstoffsättigung in Abhängigkeit der Temperatur und bei einem bestimmten Gesamtluftdruck ist aus den Tabellenwerken einschlägiger Literatur zu entnehmen.

Generell leiden die beiden Zuflüsse sowie die 8 Fischeiche unter Sauerstoffmangel.



Der *Hummelbach* weist ein Sauerstoff-Defizit von etwa 30 % auf ,
der *Bach X*
von fast 70 %. Dies entspricht einer Sauerstoff-Konzentration von
7,1 mg/l und 3,4 mg/l.

Die Sauerstoff-Defizite der Fischteiche Nr. 8 und Nr. 7 liegen bei 45
% und 47%, entsprechend einer Sauerstoff-Konzentration von 5,4
mg/l und 5,2 mg/l.

Die Sauerstoff-Defizite der Fischteiche Nr. 1, 2 , 3 , 4 , 5 und 6
liegen bei

31 %, 32 %, 40 %, 45 %, 47 % und 49 %.

Dies entspricht den realen Sauerstoff-Konzentrationen von
7,3 mg/l , 7,2 mg/l , 6,2 mg/l , 5,7 mg/l, 5,4 mg/l und 5,2 mg/l.

Beim Überlauf von einem Teich zum anderen nimmt der Sauerstoffgehalt ab

Mit einer gewissen **Regelmäßigkeit** nimmt der Sauerstoff-Gehalt von Fischteich Nr. 1 nach Fischteich Nr. 6 ab. Die Abnahme des Sauerstoff-Gehaltes geht einher mit dem Durchfließen der einzelnen Teiche, beginnend mit Teich Nr. 1 und endend mit Teich Nr. 6.

Die Sauerstoff-Zehrung pro Teich ist damit höher als die Sauerstoff-Anreicherung beim kaskadenartigen Überfließen von Fischteich zu Fischteich.



Für Hecht und Zander sind diese Sauerstoff-Konzentrationen als unkritisch zu bezeichnen.

Für Salmoniden, und hier die **Bachforelle**, darf der Sauerstoffgehalt nicht unter 7 mg/l sinken.

Regenbogenforellen leiden bei < 4 mg/l Sauerstoff unter Atemnot, bei < 3 mg/l auf Dauer nicht erträglich und bei < 2 mg/l Sauerstoff-Gehalt tritt bereits nach kurzer Zeit der Tod ein.

Ein Sauerstoff-Gehalt von 5 – 5,5 mg/l ist für Regenbogenforellen in den Sommermonaten als kritisch zu bezeichnen.

Eine Zufütterung muss in einer solch kritischen Situation grundsätzlich unterbleiben.



Empfohlene Maßnahmen

Fließgewässer

Bei den beiden rinnsalartigen Zuflüssen *Hummelbach* und *Bach X* wurden die folgenden kritischen Sachhalte festgestellt:

1. Geringe Wasserschüttung $< 0,1$ l/s
2. kritische bis sehr kritische Sauerstoff-Defizite
3. fehlendes Interstitial
4. ungenügende Habitate für ein Makrozoobenthos
5. biologische Gewässerarmut.



Zu Punkt 1: Geringe Wasserschüttung

Mit geringem Aufwand ist es möglich, den Wasserabfluss im Oberlauf der beiden Fließgewässer durch eine mechanische **Grabenräumung zu beschleunigen**. Dies bewirkt eine Erhöhung des Wasserzuflusses um etwa 10 %, im günstigsten Fall um etwa 20 %.

Die Grabenreinigung sollte etwa 100 Meter vor dem Einlauf in die Fischteiche enden, um auf dieser mäandrierenden Restlaufstrecke der beiden Fließgewässer durch die Laubholz-Aue eine natürliche **mechanisch-biologische Reinigung zu gewährleisten**.

Weiterhin ist das Anlegen von mindestens zwei **Sandfallen** vor dem Einlauf in die Fischteiche zu empfehlen.

Zu Punkt 2: Sauerstoff-Defizite

Zur Sauerstoff-Anreicherung können im gesamten Bachlauf sog. **Sohlschwellen** eingebaut werden. Deren Wirkung ist vergleichbar mit kleinen „Wasserfällen“.

Diese Maßnahmen verbessern das Sauerstoff-Defizit um geschätzt 10 – 20 %.

Zu Punkt 3: Fehlendes Interstitial

Hier gilt die *Koch'sche Regel*:

*Ein Stein im Bach
ist besser als zehn,
die am Ufer liegen.*

Es sind im Fließgewässer Kolke und Gumpen anzulegen, welche mit einer Mischung von Kies der Korngröße 16- 32 mm und Geröll ausgelegt werden.

Diese Maßnahme ist nur dann sinnvoll, wenn oberhalb des Fließgewässers **Sandfallen** angelegt werden.



Zu Punkt 4: Ungenügende Habitate

Die hier notwendigen Maßnahmen sind unter Punkt 3 beschrieben.

Zu Punkt 5: Biologische Gewässerarmut

Nach mündlichen Berichten lebten vor Jahren noch Handteller große Bachkrebse, auch Steinkrebse genannt (*Austropotamobius torrentium*) im Fließgewässer *Bach X*. Weiterhin war das Vorkommen der Köcherfliegenlarven (*Trichopteren*) gesichert und die Populationsdichte des Bachflohkrebses (*Rivulogammarus pulex*) war hoch.

Durch einen massiven Insektizid-Einsatz zur Laubholz-Sicherung durch die Forstverwaltung im Einzugsgebiet der beiden Gewässer sind die so wichtigen Wasserleittiere eines Fließgewässers wie Bachkrebs und Köcherfliegenlarve vollständig ausgerottet worden. Die Dezimierung der Bachflohkrebs-Population war ebenfalls nahezu vollständig.



Schäden durch Insektizide

Allgemein ist bekannt, dass vor allem Stein- oder Bachkrebse hochsensibel auf organische und chemische Verschmutzungen reagieren. Besonders auf Insektizide, welche oftmals ein Aussterben des Bachkrebses bewirken.

Unterhalb der Sauer'schen Fischeiche befinden sich kleinere Fließgewässer mit einer hohen Abundanz an Bachflohkrebsen. So ist es angezeigt, aus diesen Gewässern einen gewissen Teil an Bachflohkrebsen mit Hilfe eines 1-Liter-Siebes zu entnehmen und diese dann in die Oberläufe der beiden Fließgewässer *Hummelbach* und *Bach X* an geeigneten Habitaten auszusetzen.

Es muss alles für eine gesunde Gewässerentwicklung getan werden, indem wieder biologisches Leben in die beiden Fließgewässer gebracht wird.

Fischteiche

Bei den 8 Fischteichen wurden die folgenden kritischen Sachverhalte festgestellt:

1. Geringer Wasserzuflusses $< 0,1 \text{ l/s}$
2. Kritische Wassertemperaturen $> 22 \text{ °C}$
3. Geringe Wassertiefe / Schlammgrund
4. Kritische Sauerstoff-Defizite



Zu Punkt 1: Geringer Wasserzufluss

Die hierzu notwendigen Maßnahmen wurden unter Punkt 1 der Fließgewässer beschrieben. Siehe hierzu die Ausführungen auf Seite 9 des Gutachtens.

Zu Punkt 2: Kritische Wassertemperaturen > 22 °C

Aufgrund des seit mehreren Jahrzehnten eingetretenen Klimawandels müssen wir verstärkt mit heißen bis sehr heißen Sommermonaten rechnen. Erhöhte Wassertemperaturen bewirken einen Sauerstoffmangel. Damit besteht die Gefahr, dass die kritische Grenze von 5 mg O₂/l unterschritten wird. Die Unterschreitung dieser Sauerstoff-Grenze führt bei Regenbogenforellen zu Atemnot und ist für diese Fischart auf Dauer nicht verträglich.



Anomalie des Wassers bei 4°C

Eine deutliche Vergrößerung des Wasservolumens durch eine **Teichvertiefung** kann eine Unterschreitung der kritischen Sauerstoff-Grenze in tieferen Wasserzonen verhindern aufgrund des physikalischen Phänomens der **Anomalie des Wassers**.

Unter der Anomalie des Wassers versteht man die Erscheinung des Wassers, dass sich das Wasser mit abnehmender Temperatur bis 4 °Celsius zusammenzieht und bei weiterer Abkühlung aber wieder ausdehnt.

Wasser hat bei 4 °C seine größte Dichte.

Dieses Naturphänomen der Wasseranomalie nutzen die Fische. Das kühlere und damit Sauerstoff reichere Wasser sammelt sich aufgrund der höheren Dichte in den heißen Sommermonaten in den unteren, „schwereren“ Wasserzonen oberhalb des Teichgrundes an.



Notwendige Wassertiefe > 2 Meter

Wird der Sauerstoff-Gehalt in den oberen Wasserschichten der Fischeiche knapp, so begeben sich die anspruchsvolleren Fischarten wie die Salmoniden in die unteren, Sauerstoff reicheren Wasserzonen.

Dieser Vorgang wird vor allem bei Bachforellen beobachtet, welche sich wochenlang nahezu regungslos in den unteren Wasserschichten kurz oberhalb der Teichsohle aufhalten, bis sich die oberen Wasserschichten wieder abgekühlt haben.

Die Grundvoraussetzung für ein mögliches Fluchtverhalten der Salmoniden bei Sauerstoffmangel in den Sommermonaten ist eine ausreichende Teichtiefe. Aufgrund meiner rund 40-jährigen Erfahrung in der Teichwirtschaft ist eine **Tiefe von > 2 Meter** notwendig, wenn der notwendige Sauerstoffeintrag im Fischeich durch ein entsprechend kühles Fließgewässer mit einer ausreichenden Wasserschüttung fehlt.



Zu Punkt 3: Geringe Wassertiefe

Wesentliche Aussagen zur geringen Wassertiefe sind bereits unter Punkt 2 der Seiten 11 und 12 gemacht worden.

Das Vorhandensein von Roten Zuckmückenlarven (*Chironomiden*) und Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex*) weist auf einen **starken Schlammgrund** der Fischeiche hin. Pflanzen können hier wegen der schlechten Wassergüte nicht mehr existieren.

Die **organische Belastung (= Schlamm)** des Teichbodens bewirkt eine zusätzliche **Sauerstoffzehrung**. Der weitaus größte Prozentsatz des im Wasser gelösten Sauerstoffs wird bei der Zersetzung der organischen Substanz verbraucht. Wegen des stets vorhandenen **Sauerstoff-Defizits** in allen acht Fischeichen ist somit eine sukzessive **Entschlammung** zwingend erforderlich.

Allgemein sollte eine Entschlammung der Fischeiche in der Regel alle 12 bis 15 Jahre durchgeführt werden.



Zu Punkt 4: Sauerstoff-Defizite

Ein Kernproblem bei den untersuchten Fischteichen im Gewann *Hummelloch* ist der generelle **Sauerstoffmangel** im Gewässer.

Auf Seite 7 wurde bereits ausgeführt, dass bereits die beiden Zuflüsse *Hummelbach* und *Bach X* unter einem Sauerstoff-Defizit von 30 % respektive 70 % leiden.

Die Sauerstoff-Defizite bei allen acht Fischteichen liegen zwischen 30 % und 50 %. Siehe hierzu die Ausführungen auf Seite 8.



Sauerstoff gelangt auf zwei Wegen ins Gewässer

Der größte Teil des Sauerstoffs gelangt durch Austausch mit der Atmosphäre über die Oberfläche in das Wasser. Turbulenzen auf Gefällstrecken, das Umpumpen des Wassers über Fontänen oder Sprühanlagen sowie Wellenbewegungen und Abstürze unterstützen diesen Austausch.

Bei der Assimilation geben Unterwasserpflanzen und Planktonalgen tagsüber Sauerstoff an das Wasser ab.

Der Verbrauch des im Wasser gelösten Sauerstoffs wird durch zwei Vorgänge bestimmt

- Durch Atmungsvorgänge aller Lebewesen (Fische, Pflanzen, Bakterien) im Wasser.
- Durch den Abbau organischer Stoffe (Schmutzstoffe).

Der **resultierende Sauerstoffgehalt** ist somit von verschiedenen Faktoren abhängig wie Fischart, Gewicht, Geschlecht, Wassertemperatur, Tageszeit, Futterart, Fütterungsmodus, Besatzdichte, Aktivität der Wasserpflanzen, Schmutzstoff-Konzentration u.a.m. Im Laufe eines Tages kann deshalb der Sauerstoffgehalt stark schwanken.

Maßnahmen, den Sauerstoffgehalt zu erhöhen

Der größte Teil des Sauerstoffs gelangt durch Austausch mit der Atmosphäre über die Oberfläche in das Wasser. Je größer die Wasseroberfläche, desto größer ist der Austausch mit der Luftatmosphäre und desto größer ist die Anreicherung mit Luftsauerstoff im Wasser. Hierzu gibt es verschiedene Möglichkeiten.

1. Wasserfontänen

Das Umpumpen des Teichwassers und Bildung von Wasserfontänen ist eine effiziente Methode, Sauerstoff im Gewässer anzureichern.

Die Wasserfontänen vergrößern die Oberfläche des Wassers erheblich. Beim Aufschlagen des Wasserregens auf der Wasseroberfläche erfolgt eine positiv wirkende Wellenbewegung. Weiterhin tritt beim Versprühen des Wassers ein sog. **Trümmer-Effekt** auf, welcher die Wassertropfen verkleinert und damit in ihrer Gesamtzahl erheblich vergrößert. Dadurch wird die Gesamtoberfläche des Wasserkörpers vergrößert. Weiterhin tritt beim Versprühen des Wassers die sog. **Verdunstungskälte** auf, welche die Wassertemperatur im positiven Sinne erniedrigt.



Umwälzen des Teichwassers

Das Umwälzen des Teichwassers in Form von Wasserfontänen erfolgt über Pumpen. Diese können über verschiedene Energieformen angetrieben werden. Bislang wurden Pumpen mit Benzin-Motoren eingesetzt, ebenso ein Pumpen-System, welches mit Windkraft angetrieben wird.

Den Antrieb für eine Wasserpumpe über ein Windrad zu steuern, bringt nur wenig Effizienz für eine Sauerstoff-Anreicherung in den Fischteichen. In den maßgeblichen Sommermonaten herrscht meistens Windstille und außerdem steht das jetzt vorhandene Windrad im Windschatten der umliegenden Bäume.

Photovoltaikanlage (PV-Anlage)

Hier wäre eine Photovoltaikanlage (PV-Anlage) die eindeutig bessere Alternative. Leistungsfähige Elektropumpen sind sehr preisgünstig bei Discountern wie ALDI und LIDL für 30 Euro zu erwerben. Eine PV-Anlage zu installieren, liegt jedoch im 4-stelligen Eurobereich. Um die Sonnenenergie optimal zu nutzen, wird für die Installation der notwendigen Silicium-Zellelemente eine **Ständer-Konstruktion** vorgeschlagen.



2. Wasserverteilungssysteme

Hier kann man der Kreativität und seinem Ideenreichtum freien Lauf lassen. Alle Systeme, Gegenstände, Konstruktionen u.a.m., welche die Wasseroberfläche vergrößern, sind hier gefragt.

Dies können beispielsweise sein:

- natürliches Gefälle
- Wasser über Steine „springen“ lassen
- Schaufelfächer
- Störsteine usw.



Nachwort

Möge das vorliegende Gutachten dazu beitragen, die Güte der Fischeiche zu verbessern, zum Wohle und der Gesundheit der darin lebenden Fische.

Letztendlich ist ein gesundes und lebendiges Gewässer die Voraussetzung für eine artenreiche Tier- und Pflanzenwelt und trägt dazu bei, auch unsere Lebensgrundlagen zu verbessern.