

### 3 Biologischer Gewässerzustand

*Biologische Untersuchungen ergänzen die chemische Wasserqualität und geben Auskunft über den langfristigen Zustand eines Gewässers und über dessen Gewässerökologie.*

Früher konzentrierte sich der Gewässerschutz auf die Reduktion der chemischen und physikalischen Belastung. Heute steht der ganzheitliche Schutz der Gewässer als Ökosysteme im Vordergrund. Das erfordert genaue Kenntnisse über ihren Zustand. Nötig ist deshalb nicht nur die Untersuchung der Wasserchemie, sondern auch der Gewässerstruktur, der Abflussverhältnisse sowie der Lebensgemeinschaften von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen.

Biologische Untersuchungen sind allerdings aufwändig. Im Rahmen des regelmässigen Monitorings der Gewässer im Kanton Solothurn werden sie deshalb lediglich punktuell durchgeführt. Ausnahmen bilden die Aare, der grösste Fluss im Kanton, und die Dünnern.

Gute Methoden für umfassende Untersuchungen und Qualitätskontrollen in Fliessgewässern liefert das sogenannte Modul-Stufen-Konzept (MSK). Seit der Vorperiode (Zustandsbericht 2008) ist zu dem bereits bekannten Modul «Kieselalgen» (Diatomeen) ein weiteres Modul zur Beurteilung von Makrozoobenthos in Fliessgewässern erschienen.

Als Makrozoobenthos bezeichnet man die wirbellosen Tiere der Gewässersohle, die von blossem Auge sichtbar sind. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Insektenlarven, Krebse, Milben, Schnecken und Muscheln. Sie erfüllen im Ökosystem Gewässer wichtige Funktionen. Zum Beispiel wirken sie beim Abbau abgestorbener Pflanzen mit oder sind Nahrung für die Fische. Ein gesundes Artenspektrum aller Gewässerbewohner – man bezeichnet das auch als hohe Biodiversität – macht die Gewässerfauna weniger anfällig auf schädigende Einflüsse von aussen (z.B. durch Havarien oder Störfälle).

Neben einer ausreichenden Wasserqualität und der nötigen Nahrung benötigen jedoch alle Gewässerlebewesen auch einen für sie passenden Lebensraum (ökomorphologisch naturnahe Zustände). Auf diesen Aspekt wird in diesem Bericht nicht näher eingegangen. Basierend auf den ökomorphologischen Erhebungen wird derzeit eine kantonale Revitalisierungsplanung erarbeitet.

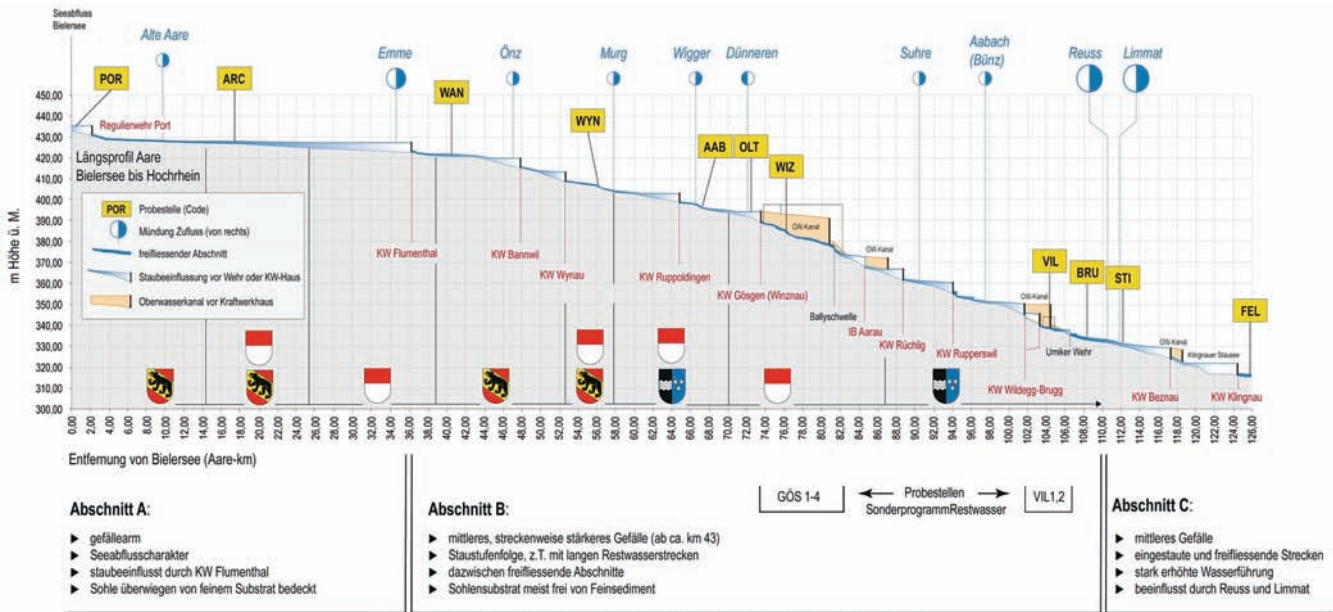
#### Zustand der Aare

Vom Bielersee bis zur Mündung in den Rhein ist die Aare 125 Kilometer lang. Diese Strecke ist weitgehend anthropogen geprägt, also durch menschliche Einflüsse verändert worden: ungefähr 70 Prozent dieser Strecke wird durch Stauwehre und deren Staubereich beeinflusst und rund 20 Prozent sind Restwasserstrecken. Nur rund 10 Prozent des Aarelaufs vom Bielersee bis zur Mündung in den Rhein sind unbeeinträchtigt, das heisst freifliessend mit vollem Abfluss. Auch in den Jahren 2011 und 2012 haben die Kantone Bern, Aarau und Solothurn gemeinsam die Aare zwischen dem Bielersee und der Mündung in den Rhein systematisch untersucht – wie zuvor bereits in den Jahren 2001 und 2002.

*Zur Bewertung von Fliessgewässern hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) zusammen mit dem Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs (eawag) und mit kantonalen Fachstellen das sogenannte Modul-Stufen-Konzept erarbeitet. In verschiedene Stufen, die sich in ihrer Bearbeitungsintensität und ihrem räumlichen Bezug unterscheiden, werden chemisch-physikalische, hydromorphologische, biologische sowie ökotoxikologische Aspekte der Gewässerqualität untersucht:*

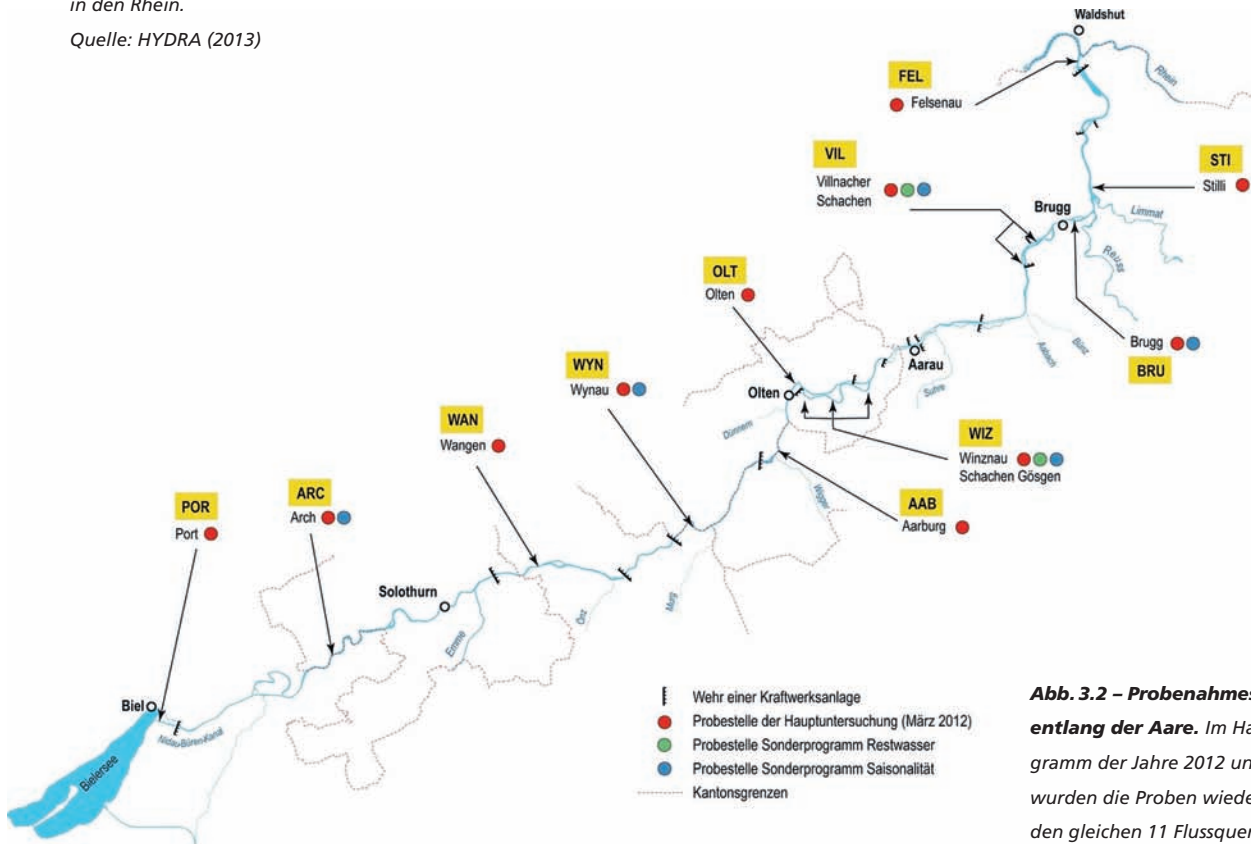
- Stufe F – flächendeckend
- Stufe S – systembezogen
- Stufe A – abschnittsbezogen

*Stucki, P.: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos Stufe F (BAFU, Umwelt-Vollzug 1026, 2010).*



**Abb. 3.1 – Schematisches Längsprofil Aare.** Stauwehre und deren Staubereich prägen einen grossen Teil des Aarelaufs zwischen Bielersee und Mündung in den Rhein.

Quelle: HYDRA (2013)



**Abb. 3.2 – Probenahmestellen entlang der Aare.** Im Hauptprogramm der Jahre 2012 und 2013 wurden die Proben wieder aus den gleichen 11 Flussquerschnitten zwischen Bielersee und Rhein gesammelt, die schon vor zehn Jahren untersucht worden sind.

Quelle: HYDRA (2013)

Schon 2001 und 2002 ist in dem als Langzeitmonitoring konzipierten Programm die Besiedlung der Flusssohle mit wirbellosen Kleinlebewesen (Makrozoobenthos) und ihr Bewuchs mit Kieselalgen untersucht worden. Bei der jüngsten Kampagne kamen nun auch noch Untersuchungen des Jung- und Kleinfischbestands hinzu. In Sonderprogrammen, die sich über die Jahre 2010 bis 2013 erstreckten, sind zudem die Saisonalität der Besiedlung durch wirbellose Kleinlebewesen und die Besonderheiten ausgewählter Restwasserstrecken studiert worden.

### **Kieselalgen**

Die koordinierten biologischen Untersuchungen der Aare beinhalten auch einen Bericht über die Lebensgemeinschaften der Kieselalgen. Anlässlich dieser Untersuchung wurden dieselben 11 Transsekte (Flussquerschnitte mit Probennahmestellen entlang einer geraden Linie) biologisch beprobt wie vor rund 10 Jahren.

Die Bewertung der Kieselalgenproben erfolgte mit zwei Verfahren: einerseits mit dem Modul-Stufen Konzept (Modul Kieselalgen), andererseits als Gesamtbewertung unter Berücksichtigung weiterer Aspekte wie der Gewässergüte und der Taxazahl (Taxa sind Gruppen von Lebewesen, die als systematische Einheit gelten).

Die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften wiesen über alle 48 Probenahmestellen hinweg 149 Taxa auf. Dies sind 28 Prozent der für Fließgewässer Mitteleuropas bekannten Taxa. Die artenreichste Probe wies mit 50 Taxa eine auch für Flüsse überdurchschnittlich hohe Artenvielfalt auf. Während an den Ufern die Taxazahl im Mittel über alle Uferproben hinweg bei 32 Taxa war, betrug der Mittelwert der Proben in der Flussmitte nur 21. Auffällig und ungewöhnlich für Fließgewässer war der hohe Anteil an erodierten Kieselalgeschalen. Die Ursachen dieser Erosion ist unklar, wobei methodisch bedingte Effekte weitgehend ausgeschlossen werden können. Bei den Untersuchungen im Jahr 2001 ist sie jedenfalls nicht beobachtet worden.

Die durch die Kieselalgen-Lebensgemeinschaften biologisch indizierte Wasserqualität in der Aare war im Untersuchungsjahr an allen Transsekten «gut» bis «sehr gut». Nur 2 Probenahmestellen innerhalb eines Transsekts (Arch, Taucher Mitte und Olten, Ufer rechts) erhielten die Beurteilung «mässig».

Verglichen mit der Untersuchung 2001 ist die biologisch indizierte Wasserqualität in der Aare besser geworden. Dasselbe gilt auch gemäss der Gesamtbewertung. So erfüllten im Frühjahr 2012 immerhin 22 der 28 Stellen die ökologischen Ziele gemäss eidg. Gewässerschutzverordnung (GSchV).

### **Wirbellose**

Die bereits 2001 und 2002 gefundenen Unterschiede in der Besiedlung der Aare bestätigten sich. So wurde der gefällearme Aareabschnitt unterhalb des Bielersees (Abb. 3.1, Abschnitt A) von anderen Wirbellosenarten dominiert als die freifliessenden Strecken zwischen Wangen und Brugg (Abb. 3.1, Abschnitt B) oder die tiefen Aarestellen unterhalb der Reuss- und Limmatmündung (Abb. 3.1, Abschnitt C). Um auch die tiefen Aarestellen beproben zu können, wurden erneut Taucher eingesetzt.

Auffallend ist zudem, dass sich die Sohlenbesiedlung der Aare an den meisten Stellen seit 2002 grundlegend verändert hat. Ursache hierfür ist vor allem die zwischenzeitliche Ausbreitung von Neozoen, das heisst neuer, eingeschleppter Wirbellosenarten (z.B. Körbchenmuscheln und Höckerflohkrebe). Diese bereits seit

*Diese jüngsten Untersuchungen der Aare wurden in einem Hauptbericht zusammengefasst, und ein weiterer Bericht hält die Resultate über die Lebensgemeinschaften der Kieselalgen fest:*

*HYDRA: Koordinierte biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein 2011–2013. Fachbericht zum Untersuchungsprogramm zuhanden der Gewässerschutz- und Fischereifachstellen der Kantone Aargau, Bern und Solothurn (2013)*

*AquaPlus: Koordinierte biologische Untersuchungen an der Aare: Fachbericht Kieselalgen 2012: Aufnahmen zwischen Bielersee und Mündung in den Rhein an 11 Transekten (2013)*

---

1995 im Hochrhein beobachteten Besiedlungsprozesse laufen in ähnlicher Form auch in der Aare ab. Zudem gab es bei der angestammte Wirbellosenfauna in den letzten zehn Jahren Veränderungen. So nahm vor allem an einigen naturnahen und freifliessenden Stellen der Anteil der EPT-TAXA (Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen) tendenziell ab.

Generell hat die Besiedlungsdichte angestammter Arten wenig bis mässig abgenommen. Ob dies bereits im Zusammenhang mit der beobachteten Neozoen-Ausbreitung steht, ist noch nicht eindeutig belegbar.

### **Jung- und Kleinfische**

Aus den Ergebnissen der Jung- und Kleinfischerhebungen liessen sich die Reproduktionspotenziale an den untersuchten Aareabschnitten abschätzen. Besiedlungsunterschiede, die sich bereits bei den Untersuchungen der Wirbellosen zeigten, wurden durch die Erfassung der Jungfischfauna erhärtet bzw. traten noch deutlicher zu Tage. Deshalb wird für künftige Monitoring-Kampagnen eine Kombination dieser beiden Untersuchungsinhalte vorgeschlagen.

Auffällig war die völlig unterschiedliche Zusammensetzung der Jungfischfauna zwischen den Stellen in den Aareabschnitten A auf der einen und den Abschnitten B und C auf der anderen Seite (vgl. Abb. 3.1). Während sich die gefällearme und rückgestaute Strecke A eher der Barbenregion zuordnen lässt, findet sich in den unteren, zum Teil freifliessenden Strecken eine bachähnliche Fischgemeinschaft. Dort werden mehr Arten gezählt.

Diese Unterschiede zeugen von verschiedenen Reproduktionsmöglichkeiten und Habitatangeboten. An den Stellen «Brugg» und «Felsenau» belegten die Befischungsergebnisse den Erfolg lokaler Aufwertungsmassnahmen.

### **Saisonalität und Restwasser**

Weitreichende Zusatzinformationen über die Flussbesiedlung lieferten die beiden Sonderprogramme «Saisonalität» und «Restwasserstrecken». Durch sie konnten auffällige Besiedlungsunterschiede im Jahresverlauf und zwischen den Jahren aufgedeckt werden. Die grossen Restwasserstrecken Gösger- und Villnacherschachen sind im aktuellen Zustand gute Besiedlungsreservoirs und wertvolle ökologische Trittsteine für die Aare. Die Erhöhung der Dotierwassermenge seit der letzten Untersuchungskampagne hat sich positiv auf die ökologische Funktionsfähigkeit ausgewirkt. Dies lässt sich weniger an der nachgewiesenen Besiedlung als vielmehr an der Zunahme fluss- und auentypischer Lebensräume feststellen.

### **Zustand der Dünnern**

Auch an der Dünnern wurden biologische Untersuchungen durchgeführt. Sie fanden im Mai 2011 an 9 Stellen zwischen Welschenrohr und Olten statt und ergänzten die 2009 durchgeführten Studien zur Beeinflussung der Wasserqualität durch Einleitungen aus Abwasserreinigungsanlagen (vgl. Kapitel 8).

Der pflanzliche Bewuchs setzt sich in der Dünnern hauptsächlich aus Algen und vereinzelt aus Moosen zusammen. Es ist teilweise eine übermässige Veralgung festzustellen, besonders nach Zuflüssen aus Abwasserreinigungsanlagen.

*AquaPlus: Dünnern – Gewässer-ökologischer Ist-Zustand Mai 2011. Im Auftrag des Amt für Umwelt des Kantons Solothurn (2012).*

*Das Probejahr 2011 war sehr trocken, wodurch ein gewisser negativer Verstärkereffekt nicht ausgeschlossen werden kann: Schadstoffe werden durch niedrigen Abfluss konzentrierter.*

Bei der Lebensgemeinschaft der Kieselalgen ist die Situation besser («sehr gute» bis «gute» Verhältnisse). Dagegen zeigt sich bei den Wasserwirbellosen gegenüber der Vorperiode tendenziell eine Abnahme der Taxazahl. Die Gesamtindividuen sind trotzdem meist «mittel bis gross». An der Referenzstelle oberhalb von Welschenrohr dominieren in der Lebensgemeinschaft der Wasserwirbellosen die Bachflohkrebse (Gammariden), an den übrigen Stellen flussabwärts sind es die Zuckmücken (Chironomiden).

Die Dünner ist, auch aus biologischer Sicht, ein belastetes Gewässer, das durch viele Einflüsse beeinträchtigt wird. Die Einträge aus den Abwasserreinigungsanlagen gehören ebenso dazu wie kurzzeitige Nährstoff- und Schadstoffeinträge aus der Landwirtschaft oder aus Niederschlagswasser. Darüber hinaus ist die Dünner ein monotonies Fließgewässer mit ökomorphologischen Defiziten. Alle diese Beeinträchtigungen wirken sich auf die hier betrachteten aquatischen Lebensgemeinschaften aus. Neben der zum Teil starken Veralgung entspricht auch die Wirbellosen-Lebensgemeinschaft nicht der Zusammensetzung, die für ein höchstens als «schwach» belastetes Gewässer – und das wäre das Qualitätsziel – wünschenswert wäre.

### Badewasserqualität

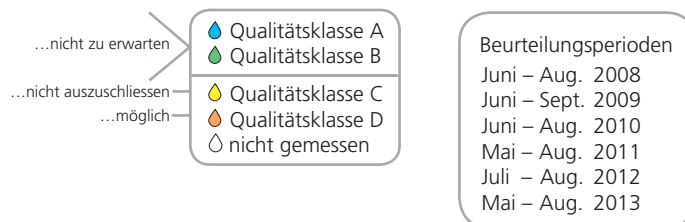
Die Badewasserqualität wird regelmässig vom kantonalen Labor des Gesundheitsamts überprüft (als Hygieneparameter werden dabei die intestinalen Enterokokken untersucht). Die Badewasserqualität der Aare ist im westlichen Kantonsteil besser als flussabwärts: Vor allem die Zuflüsse aus der Emme und der Dünner belasten die Aare. Die Verunreinigung vom 29. Juli 2013 ist auf starke Niederschläge zurückzuführen. Der Burgäschisee hatte in den jüngsten Jahren eine einwandfreie Badewasserqualität.

Gewässer	Messstelle	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Aare	Altreu	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●
Aare	Grenchen	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●
Aare	Solothurn	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●
Emme	Derendingen	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●
Aare	Oltén	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●
Aare	Winznau	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●
Aare	Schönenwerd	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●
See	Burgäschi	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●

**Badewasserqualität der Aare und des Burgäschisees nach Qualitätsklassen.**

Daten: Kanton Solothurn, Gesundheitsamt Lebensmittelkontrolle, Jahresberichte 2008–2013

Eine gesundheitliche Beeinträchtigung durch Badewasser ist...





## Fische und Fischerei

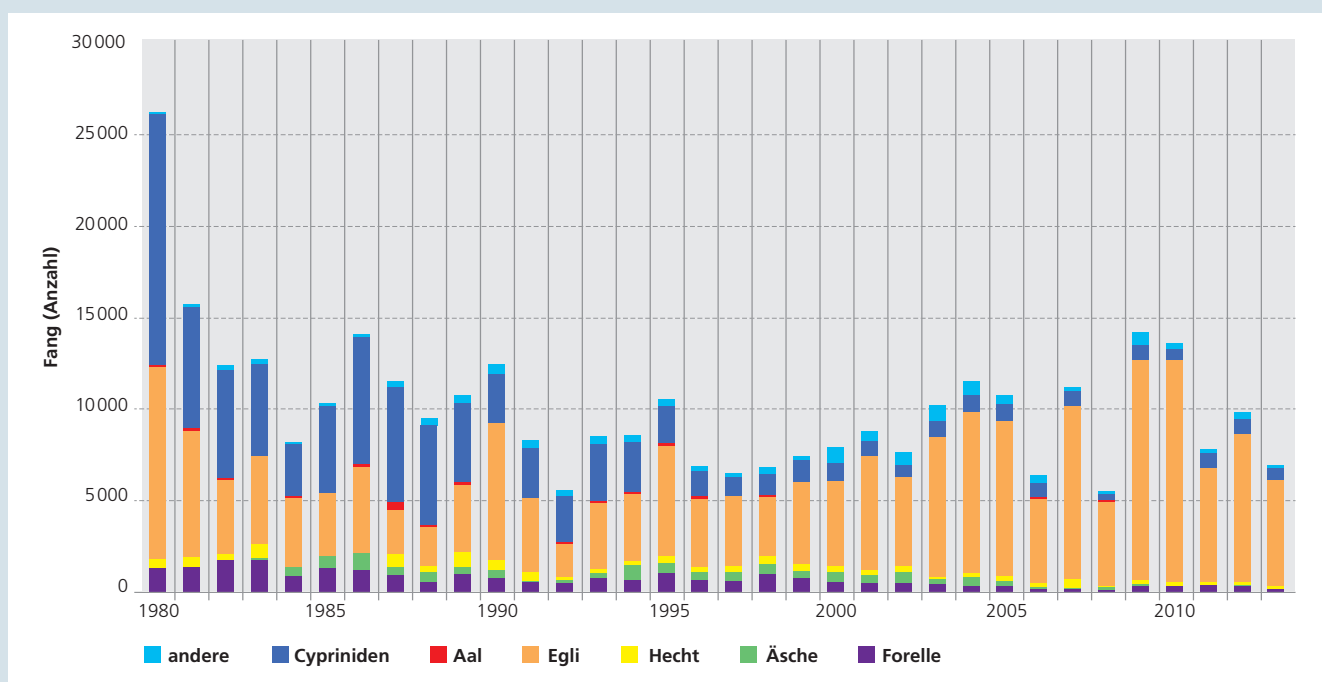
*Durch die Klimaerwärmung erhöhen sich die Wassertemperaturen in Fließgewässern, und dadurch verändern sich auch die Fischbestände.*

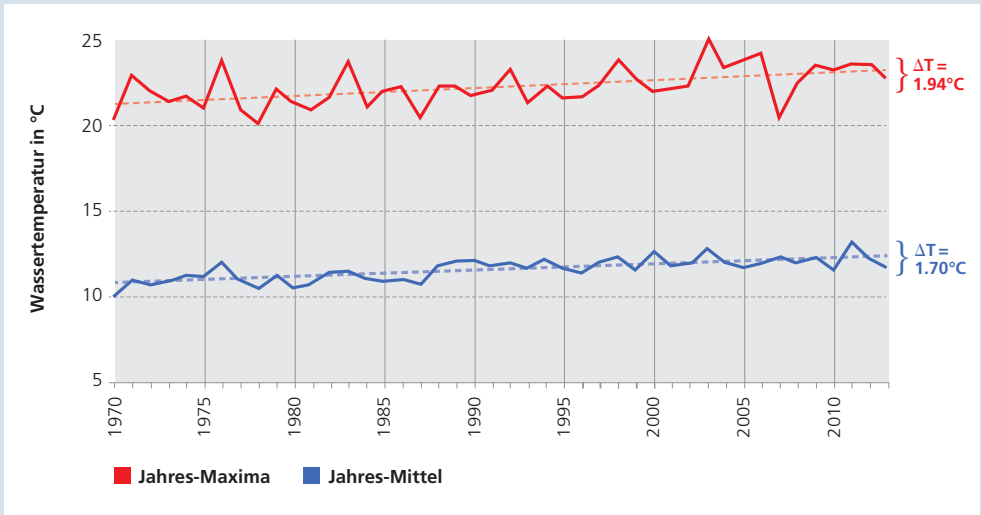
Die Fischbestände im Kanton Solothurn haben sich in den letzten Jahren stark verändert: einerseits nehmen sie zahlenmässig ab, andererseits verändert sich die Artenzusammensetzung. Diese Aussage stützt sich auf die Auswertung der Fischfangstatistiken, die von den Fischern selbst ausgefüllt werden. Einige Sportfischereivereine führen solche Statistiken seit den 1940er-Jahren, wodurch auch Veränderungen und Schwankungen der Fischpopulationen ersichtlich werden.

Anschaulich können diese Entwicklungen am Aareabschnitt zwischen Grenchen und Flumenthal erläutert werden (vgl. Abb. 3.3). Dort nahmen die Fangzahlen seit den 1980er-Jahre ab, von vormals 20 000 Stück auf unter 10 000 in den 1990er-Jahren. Doch ab Mitte der 2000er-Jahre zeigen die Fänge, trotz erheblicher Schwankungen, wieder eine zunehmende Tendenz. Der vermeintlich starke Einbruch der Fänge im Jahr 2008 kann mit dem durch den Systemwechsel von der Pacht- zur Patentfischerei verminderten Rücklauf der Fangstatistiken erklärt werden. Seit dem Jahr 2009 gilt für die Fischerei in grösseren Gewässern das Patentsystem: Aare, Emme, Dünnern, Lüssel, Lützel, Birs und Chastelbach. Jährlich werden stabil rund 2000 Angelpatente verkauft. Alle anderen Gewässer werden immer noch als Pachtgewässer behandelt.

Aus fischereirechtlicher Sicht ist im Kanton Solothurn vor allem die Aare von Bedeutung, da 90% der Fangerträge aus der Aare stammen. Bezüglich der Fangzahlen scheint die Talsohle zumindest im Aareabschnitt zwischen Grenchen und Flumenthal durchschritten zu sein. Bei genauerer Betrachtung variieren aber einzelne Fischarten unterschiedlich in den dargestellten Fängen: Salmoniden (Forellen, Äschen) und andere rheophile (strömungsliebende) Arten wie die Barbe sind

**Abb. 3.3 – Jährliche Fischfänge in der Aare zwischen Grenchen und Flumenthal.** In den Jahren 1980, 1981, 1984, 1986, 1987 und 1988 sind nicht von allen Vereinen Fangdaten erhoben worden. Die Gesamtfangzahl dieser Jahre ist somit höher als in der Grafik ausgewiesen. Zur Sammelgruppe «andere» gehören weniger häufig gefangene Fischarten wie Welse, Felchen oder kleinere Karpfenartige, die von den Sportfishern nicht genauer bestimmt wurden.





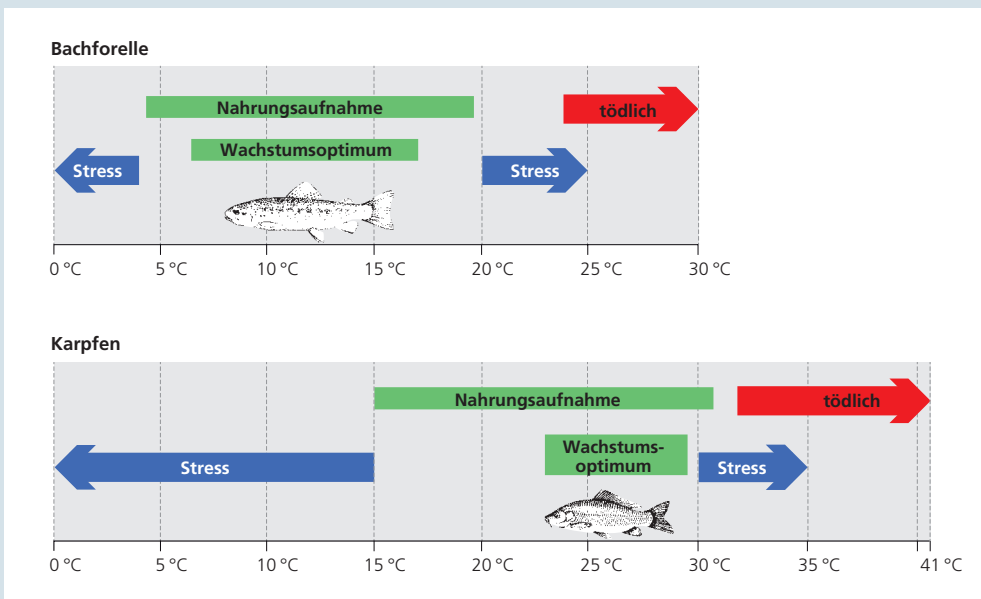
**Abb. 3.4 – Faktor Wassertemperatur.** Verlauf der Wassertemperatur von 1970 bis 2013 in der Aare bei Brugg oberhalb des Wasserschlosses (Zusammenfluss der Aare, Reuss und Limmat).

immer noch abnehmend. Das gleiche gilt auch für die Karpfenartigen (Cyprinidien). Der schmackhafte Egli (Flussbarsch) ist für die Sportfischerei die wichtigste Fischart zwischen Grenchen und Flumenthal. Sie machte in den letzten Jahren über 80 Prozent des Gesamtfangs aus.

Aus Sicht der Fischerei ist die Temperatur ein Haupteinflussfaktor im Aareabschnitt Grenchen–Flumenthal. Sie wird seit den 1970er Jahren in Brugg und Brugg (vor dem Zusammenfluss mit Reuss und Limmat) kontinuierlich gemessen. Die Messreihe zeigt, dass sich die Jahresmitteltemperatur der Solothurner Aare in den letzten 40 Jahren um rund 1.70 °C erhöht hat (Abb. 3.4). Weit grösseren Einfluss auf die Fischbestände hat jedoch der Anstieg der Jahresmaxima (1.94 °C). Der massive Anstieg bewirkt, dass kälteliebende Fischarten wie die Forelle und Äsche gestresst werden, da ihr Temperaturoptimum für wichtige Lebensvorgänge überschritten wird. Sie werden dadurch aus dem Lebensraum Aare verdrängt. Ihre Plätze übernehmen andere Fischarten (z.B. Egli) mit einem höheren Temperaturoptimum (Abb. 3.5).

**Abb. 3.5 – Temperaturansprüche von Bachforellen und Karpfen.** Mit der Wassertemperatur verändert sich auch die Artenzusammensetzung in einem Bach oder Fluss.

Quelle: Elliott, J.M.: Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. In: Stress and Fish (ed. A.D. Pickering), London (1981)







**Die beiden Toteisseen im Wasseramt (Burgäschi- und Inkwilersee) dienen vielen Vögeln als Brut- oder Jagdgebiet. Bild: Fischreither**





## Zustand Burgäschisee

Der Burgäschisee ist ein kleiner, bis zu 31 Meter tiefer See in der Nähe von Herzogenbuchsee auf der Kantongrenze Solothurn-Bern. Etwa zwei Drittel der Seefläche gehören zum Kanton Solothurn.

Das Einzugsgebiet des Burgäschisees wird landwirtschaftlich genutzt. Entsprechend hoch sind die dem See zufließenden Nährstoffmengen. Deshalb ist der Burgäschisee seit vielen Jahren eutroph (ein Lebensraum mit hoher organischer Produktivität). Das äussert sich einerseits durch ein starkes Algenwachstum, andererseits durch prekäre Sauerstoffverhältnisse. Die vor knapp vierzig Jahren in Betrieb genommene Tiefenwasserableitung, die stark belastetes Wasser am Seegrund direkt in den Seeausfluss abführt, hat den Zustand zwar stabilisiert, aber nicht grundlegend verbessert.

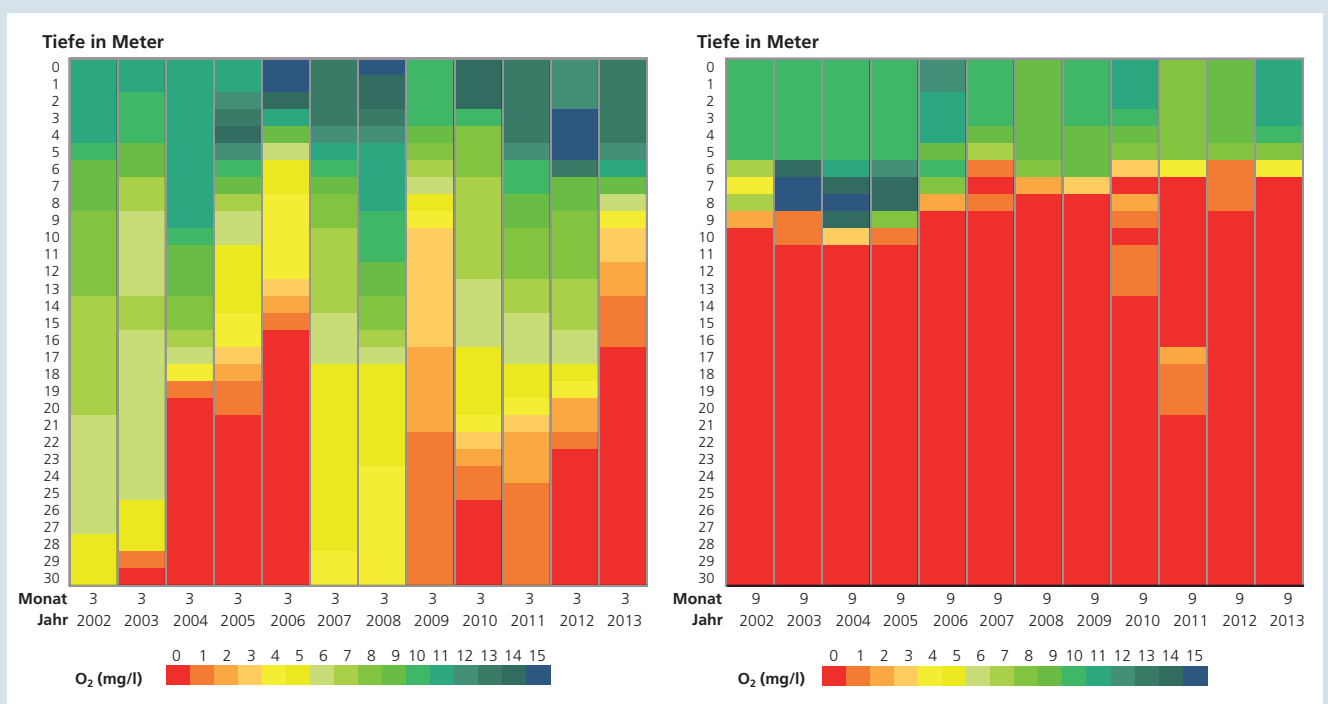
### Sauerstoff

In den Wintermonaten der vergangenen Jahre hat sich der Wasserkörper nur noch sehr selten, wenn überhaupt, durchmischt und mit Sauerstoff angereichert. Schon im Frühjahr hat der Burgäschisee deshalb wenig Sauerstoff, und durch den bakteriellen Abbau absterbender Algen wird der noch vorhandene Sauerstoff im Tiefenwasser bereits früh vollständig aufgebraucht. Unterhalb von rund 8 Metern und während mehrerer Monate pro Jahr ist das Tiefenwasser deshalb völlig sauerstofflos und als Lebensraum für Wasserlebewesen nicht mehr nutzbar. In windstillen und heissen Sommerphasen können sich Fische noch in den obersten 6 Metern des Wasserkörpers aufhalten. In grösserer Tiefe würden sie ersticken.

Im Sommer hat der Burgäschisee stabil geschichtetes warmes Oberflächen- und kaltes Tiefenwasser. Ein Temperatursturz im Spätsommer oder ein starkes Gewitter reichen nicht aus, um diese Schichtung zu zerstören. Erst sinkende Temperaturen

*Unter natürlichen Verhältnissen wäre der Burgäschisee mesotroph (ein Lebensraum mit mittlerer organischer Produktivität).*

**Abb. 3.6 – Tiefenprofil Burgäschisee.** Die beiden Grafiken dokumentieren den Sauerstoffgehalt im März (links) und im September (rechts).



und mehrere Winterstürme führen zu einer – häufig nicht vollständig ablaufenden – Zirkulation des Seewassers. Ein Kippen des gesamten Sees in einen sauerstofflosen Zustand ist beim Burgäschisee daher sehr unwahrscheinlich.

### Stickstoff

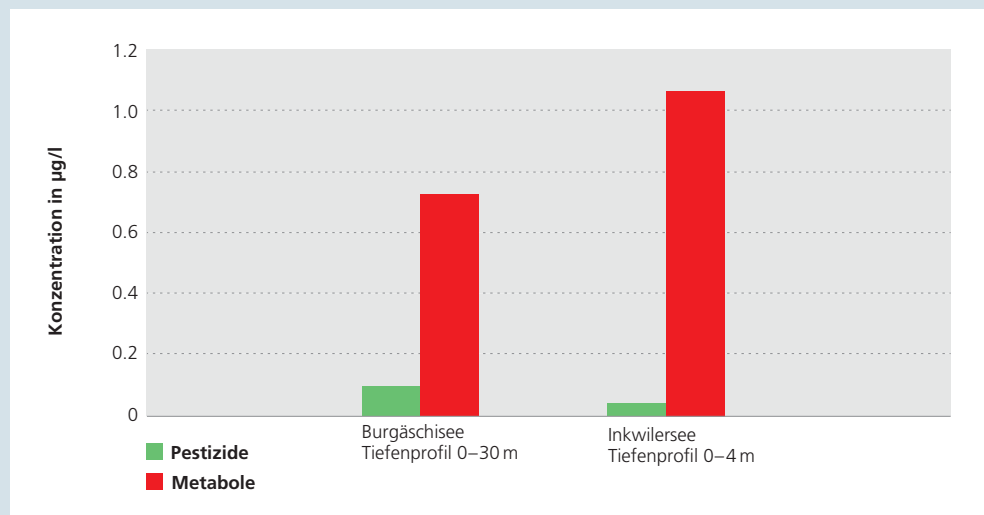
Der Verlauf der Ammoniumkonzentrationen im Frühling und im Herbst widerspiegelt einerseits die hohen Stickstoffmengen und andererseits die Sauerstoffverhältnisse in den verschiedenen Wassertiefen. In den Märzmessungen sind die Ammoniumwerte über die gesamte Wassersäule gering, meistens sogar unterhalb der Bestimmungsgrenze. Der Stickstoff liegt in dieser Jahreszeit hauptsächlich in oxidiert Form als Nitrat vor. Hat die winterliche Zirkulation nicht bis ins tiefere Hypolimnion (also unterhalb einer Tiefe von rund 15 Metern) gereicht, sind dort bereits im Frühling hohe Ammoniumwerte festzustellen. Im Laufe des Sommers kann die Ammonium-Konzentration im sauerstofflosen Hypolimnion sehr hohe Werte annehmen. Das ist ein deutlicher Hinweis auf ein starkes bevorstehendes Wachstum von Algen und deren Abbau am Ende der Saison.

Das Hypolimnion ist die untere, nur durch interne Wellen und deren Ausgleichsströmungen bewegte Wasserschicht in einem geschichteten, stehenden Gewässer.

### Pestizide und deren Abbauprodukte

Bei den Pestiziden ist die Konzentration ihrer Abbauprodukte höher als jene ihrer Ausgangsstoffe: Im Burgäschisee ist die Summe der gemessenen Umwandlungsprodukte rund 0.8 µg/l. Dieser Wert übertrifft das Gesamttotal der ermittelten Pestizide um etwa das Zehnfache. Im Inkwilensee ist der Unterschied noch ausgeprägter (vgl. Abb. 3.7). Mangels ökotoxikologischer Qualitätskriterien für Abbauprodukte von Pestiziden lassen sich diese Befunde nicht fundiert beurteilen. Vorsorglich sollte der Eintrag von Spurenstoffen in die Gewässer – und damit auch die Gehalte ihrer potenziell kritischen Abbauprodukte – aber möglichst minimiert werden. Denn diese stabilen und wasserlöslichen Verbindungen können auch in genutzte Grundwasservorkommen gelangen und die menschliche Gesundheit gefährden.

**Abb. 3.7 – Pestizide und deren Abbauprodukte.** Zwischen März 2011 und September 2012 analysierte das Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA) im Burgäschisee und im Inkwilensee jeweils im Frühjahr, Sommer und Frühherbst insgesamt je 6 Tiefenprofile. Dabei untersuchte man verschiedene Pestizide und deren Abbauprodukte (sogenannte Metaboliten).



## Zustand Inkwilersee

*Wie der Burgäschisee liegt auch der Inkwilersee in der Nähe von Herzogenbuchsee und zum Teil auf Solothurner Boden. Er ist etwa 500 Meter lang, 300 Meter breit und maximal knapp 5 Meter tief.*

Im Inkwilersee ist gelöster Phosphor – ein essentieller Nährstoff für Phytoplankton – im Überfluss vorhanden. Dies führt generell zu starkem Algenwachstum und zeitweise zur Blüte einzelner Arten. So hat zum Beispiel im September 2013 die einzellige *Ceratium hirundinella* die Algengemeinschaft vollständig dominiert.

Der bakterielle Abbau des toten Planktons benötigt Sauerstoff, der im Wasser in gelöster Form vorhanden ist. Ist dieser bei der Zersetzung von hohen Algenbiomassen aufgebraucht, erfolgt eine unvollständige Mineralisation. Dabei entstehen an Stelle von oxidierten Abbauprodukten (Nitrat oder Sulfat) reduzierte Verbindungen wie Ammonium oder Sulfid. Diese reichern sich im geschichteten See in den untersten Metern an. Der Wasserkörper ist dort einerseits vollständig sauerstofflos, andererseits ist die Konzentration an toxischen Verbindungen wie etwa dem nach faulen Eiern stinkenden Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) hoch. In diesem Tiefenwasser können Fische, Krebse, Muscheln, Würmer, Insektenlarven und das Plankton nicht mehr überleben.

Im Spätsommer können plötzliche Temperatureinbrüche oder starke Winde dazu führen, dass der See kippt: Das sauerstofflose und mit reduzierten Verbindungen belastete Tiefenwasser wird aufgemischt und über die ganze Wassersäule verteilt. Diese Verdünnung mit Tiefenwasser reduziert auch den zuvor noch im Oberflächenwasser vorhandenen Sauerstoff. Aber auch der verbliebene Sauerstoff wird durch die ablaufenden Oxidationsprozesse der reduzierten Verbindungen innert kürzester Frist völlig aufgebraucht. Solange im Wasser noch reduzierte Verbindungen vorhanden sind, wird sämtlicher in den See eingetragener Sauerstoff zuerst für die Oxidation benötigt. Erst dann kann sich langsam wieder Sauerstoff im Wasser anreichern. Es dauert je nach Situation Stunden oder Tage, bis sich wieder genügend Sauerstoff anreichert. Im schlimmsten Fall stirbt ein Teil der Fauna ab. Im Inkwilersee war dies 2009 und 2011 der Fall.

### Phosphor

Die Gesamtposphor-Konzentrationen ( $P_{tot}$ ) sind mit 100 bis 300 mg Phosphor pro Liter im Herbst am höchsten. Ein beträchtlicher Teil des Phosphors in der Wassersäule dürfte dann in der Algenbiomasse enthalten sein, welche in den Wintermonaten abgebaut wird. Der mineralisierte Phosphor sedimentiert, so dass im Frühling die Konzentrationen von  $P_{tot}$  deutlich geringer sind.

### Stickstoff

Die Stickstoffverbindungen (Ammonium, Nitrit, Nitrat) entstehen einerseits durch das Algenwachstum, andererseits durch die wechselnden Konzentrationen von Sauerstoff. Das Nitrat liegt im Frühjahr in Konzentrationen von 3 bis 4 mg/l vor und wird im Laufe des Sommers zu Ammonium reduziert (sobald der im Wasser

*Der Burgäschisee und der Inkwilersee sind nicht die einzigen Kleinseen im Kanton Solothurn. Gemäss einer Aufstellung des Bundes gibt es mindestens 63 Kleinstgewässer im Kanton.*

*Der Inkwilersee wäre auch unter natürlichen, vom Menschen unbeeinflussten Verhältnissen eutroph (ein Lebensraum mit hoher organischer Produktivität).*



gelöste Sauerstoff durch den bakteriellen Abbau des Planktons vollständig aufgebraucht ist). Entsprechend werden die höchsten Ammonium-Konzentrationen im Frühherbst gemessen. Sie sind ein deutliches Zeichen für ein übermässiges Algenwachstum.

Der Inkwilersee ist sehr nährstoffreich (eutroph), also ein Lebensraum mit hoher organischer Produktivität. Durch den Zufluss von Phosphor und Stickstoff aus dem landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebiet und durch die Siedlungsentwässerung ist die aktuelle Primärproduktion aber deutlich höher als bei einem natürlichen, von menschlichen Einflüssen unbeeinflussten Zustand. Der Inkwilersee verlandet deshalb zusehends und wandelt sich von einem offenen Wasserkörper hin zu einem Flachmoor.

Dieser Entwicklung soll gemäss dem seit 2011 vorliegenden Sanierungskonzept entgegengewirkt werden. Um die Verlandung zu hemmen, sollen in den Uferzonen Sedimente abgesaugt werden. Dadurch würde auch der Lebensraum für aquatische Organismen wieder grösser. Trotz solcher Massnahmen kann aber auch in Zukunft das Kippen des Inkwilersees nicht gänzlich verhindert werden.

### Naturschutz

Das Wasser im Inkwilersee ist zu tief für eine un stabile Schichtung mit häufigeren Zirkulationen, aber auch zu seicht für eine stabile Schichtung mit langsam einsetzender Zirkulation. Deshalb, und wegen der hohen Algenproduktion, ist der Inkwilersee prädestiniert für eine plötzlich einsetzende Spätsommerzirkulation samt Faunensterben.

Jeweils Ende August 2009 und 2011 ist der Inkwilersee innert weniger Stunden in einen sauerstofflosen Zustand geraten, der mehrere Tage anhielt und ein grosses Fischsterben verursachte. Die Bestände haben sich jeweils rasch wieder erholt. Dies ist sowohl auf das gute Nahrungsangebot als auch auf die Besatzbemühungen des örtlichen Fischvereins zurückzuführen.

Die Alterszusammensetzung von aquatische Lebewesen zeigt, dass viele Muscheln und Fische sich während eines kurzen sauerstofflosen Zustands weiterhin mit genügend Sauerstoff versorgen können (etwa im Mündungsbereich von Drainagen und von zulaufenden Fliessgewässern wie dem Etzikenkanal, dem Dägermoosbächli oder dem Önzbergkanal).

Im Hinblick auf die geplante Absaugung von Sedimenten aus dem Inkwilersee haben Gewässerökologen im März 2012 Grossmuscheln umgesiedelt. An zwei Tagen haben sie ungefähr 3100 Tiere vom betroffenen Uferbereich in andere Gebiete innerhalb des Sees gebracht. Bei dieser Gelegenheit stellten die beauftragten Fachleute fest, dass es sich ausschliesslich um die einheimische Schwanenmuschel (*Anodonta cygnea*) handelt. 50 dieser Tiere waren jünger als 10 Jahre, 350 Tiere zwischen 10 und 15 Jahre alt. Die restlichen 2700 Muscheln waren über 15 Jahre alt und hatten Grössen von über 20 Zentimetern.

Es wird vermutet, dass sich im Inkwilersee zwischen 30000 und 50000 Exemplare dieser Muscheln befinden. Sie vollbringen eine gewaltige Reinigungsleistung, da eine Muschel pro Tag rund 30 Liter Seewasser filtert. Die Filtrierleistung der Tiere ist allerdings alters- und temperaturabhängig. Deshalb ergeben sich deutliche jahreszeitliche Unterschiede.

#### Abb. 3.8. Schwanenmuschel.

Die Schwanenmuschel ist auch für den Stoffhaushalt des Inkwilersees von Bedeutung: Ohne Muscheln würde der See früher im Jahr und häufiger in einen sauerstofflosen Zustand kippen. Aus diesem Grund ist die Erhaltung der grossen Population an Schwanenmuscheln für die Wasserqualität des Sees wichtig.



Bei der Erarbeitung des Sanierungskonzepts haben die beteiligten Naturforscher auf die 38 verschiedenen Libellenarten im Lebensraum rund um den See und an dessen Zuflüssen aufmerksam gemacht. Diese Vielfalt ist bemerkenswert, denn sie umfasst fast 50 Prozent der in der Schweiz je festgestellten Arten. Damit ist der Inkwilersee – zusammen mit dem Burgäschisee – eines der libellenreichsten Gewässer des Schweizer Mittellands. Die gut besonnten Röhrichte mit vorgelagerter Flachwasserzone, vor allem am sonnenexponierten Nordufer, sind für die Erhaltung der meisten Arten von existenzieller Bedeutung.

Weniger erfreulich ist, dass im Inkwilersee Amerikanische Rotwangen-Schmuckschildkröten (*Trachemys scripta elegans*) ausgesetzt worden sind. Bislang haben sie sich glücklicherweise nicht vermehrt. Diese Tiere wachsen zu stattlichen Exemplaren mit einer Grösse von bis zu 30 Zentimetern heran. Sie fressen alles, was sie überwältigen können, und richten so grosse Schäden an.

### Vogelschutz

Gemäss Jahresbericht des Natur- und Vogelschutzvereins Etziken brüteten im Frühling 2013 sechs Zwergdommelpaare (*Ixobrychus minutus*) im Schilfgürtel des Inkwilersees. Gemäss Vogelwarte Sempach brüten schweizweit nur gerade 80 bis 120 Zwergreiherpaare, so dass der Bruterfolg am Inkwiler- und Burgäschisee mit insgesamt 30 Jungen als sensationell bezeichnet werden kann. Die Bemühungen den Ufergürtel artenreich, vielfältig strukturiert, mit einem reduzierten Baumbestand und frei von Problempflanzen zu halten, wirkt sich sowohl für Flora als auch für Fauna zunehmend positiv aus.

### Vegetation

Ursprünglich war die Vegetation um den Inkwilersee baumlos: Es war eine Moorvegetation mit Binsen, Zypergräsern und Seggen. Durch Entwässerungen im Umland verschwanden diese Feuchtwiesen und wichen landwirtschaftlich genutztem Land. Der dichte und eintönige Baumbestand an Erlen, Weiden und Pappeln etablierte sich erst nach der Absenkung des Seespiegels und dem Bau des Drainagesystems im Einzugsgebiet des Sees in den 1960er-Jahren.

Im Jahr 2007 wurde die Vegetation detailliert erhoben und in botanischen Gesellschaften zusammengefasst. Inzwischen haben sich die seltenen Pflanzen wie beispielsweise der Wasserschierling (*Cicuta virosa*) oder die Gelbe Schwertlilie (*Iris pseudacorus*) deutlich vermehrt und weitere Standorte im Ufergürtel besiedelt. Allerdings kommt auch die Armenische Brombeere (*Rubus armeniacus*) vor. Sie ist eine eingeschleppte Pflanze – ein invasiver Neophyt – und wird regelmässig bekämpft.

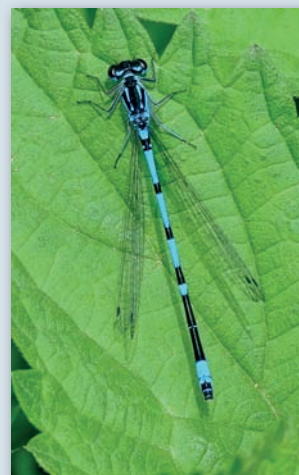


Abb. 3.9 – Gebänderte Prachtlibelle

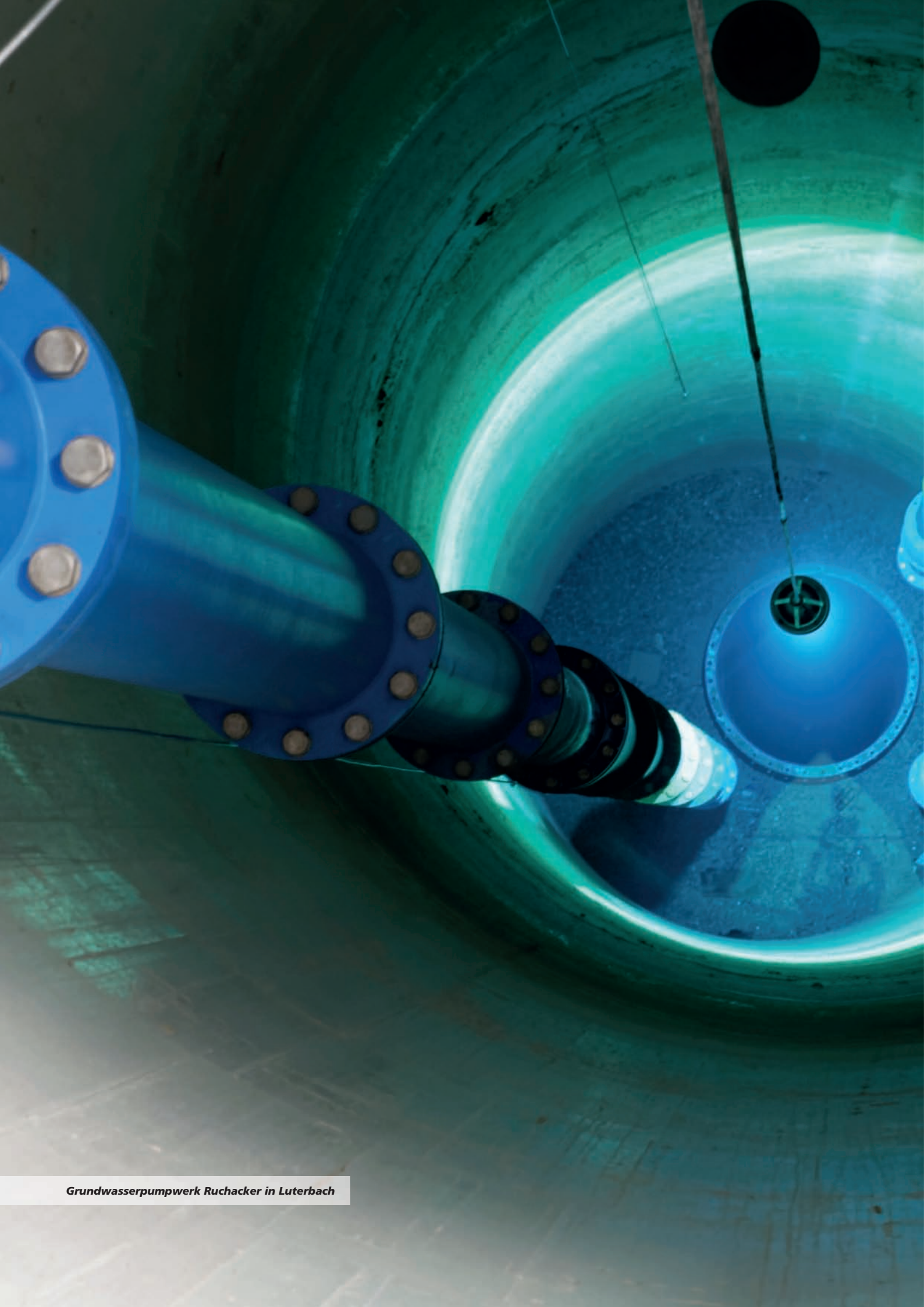


Abb. 3.10 – Silberreiher



Abb. 3.11 – gelbe Schwertlilie





**Grundwasserpumpwerk Ruchacker in Luterbach**