



Durach bei der Einleitung aus der Wurzelraumkläranlage (April 2011)

**Durach bei der
Abwasserreinigungsanlage Barga
- Wirbellosen – Lebensgemeinschaft -
Gewässeruntersuchung vom 1. April 2011**

beauftragt durch

INTERKANTONALES LABOR

LEBENSMITTELKONTROLLE APPENZEL AUSSERRHODEN APPENZEL INNERRHODEN GLARUS SCHAFFHAUSEN
UMWELTSCHUTZ SCHAFFHAUSEN



Inhalt:

1 Auftrag.....	2
2 Beschreibung der Probenahmestellen	2
3 Abflüsse in der Durach, Kläranlagenablauf und Vorflutsituation.....	6
4 Beurteilung der Nährstoffparameter und des Sauerstoffgehalts.....	7
5 Ergebnisse und Diskussion der biologischen Untersuchungen	12
5.1 Kieselalpengesellschaft im Aufwuchs von Steinen	12
5.2 Wirbellosengesellschaft (Makrozoobenthos)	14
6 Taxaliste der Wirbellosenfauna	16
7 Schlussbetrachtung und Zusammenfassung	18
8 Empfehlungen für das weitere Vorgehen	19
9 Glossar	20
10 Anhang Methoden	22
10.1 Anwendung des Schweizer Modul-Stufen-Konzepts Makrozoobenthos (Stufe F) - Methoden und Strategie.....	22
10.2 Anwendung der Deutschen Bewertungsmodule Perloides im Europäischen System Asterics - Methoden und Bewertungsgrundlagen	22
11 Literatur	24

Gutachter: Dipl. Biol. Ursula Riedmüller
Erlenweg 13
D-79822 Titisee-Neustadt
Tel. 0049-7651 – 93 66 64
Fax 0049-7651 – 93 66 65
bnoe@gewaesserfragen.de

Titisee, im Juli 2011

1 Auftrag

Im Auftrag des Kantons Schaffhausen (Interkantonales Labor Schaffhausen - IKL) wurde die Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft (wirbellose Tiere der Bachsohle) in der Durach (s. Abb. 1) vor und nach der **Abwasserreinigungsanlage (ARA) Barga**n untersucht. Die alte Kläranlage Barga wurde stillgelegt und im Jahr 1998 wurde eine Wurzelraumkläranlage errichtet, welche in einem naturnahen Verfahren die Abwässer der Gemeinde Barga reinigt. An Hand der vorliegenden Makrozoobenthos-Untersuchung soll die Gewässergüte dokumentiert werden und in Zusammenhang mit den vom IKL durchgeführten Untersuchungen (physikalisch-chemische Parameter, Kieselalgenbesiedlung) bewertet werden.

2 Beschreibung der Probenahmestellen

Die Durach ist ein kleines Fließgewässer, mäßig turbulent fließend, mit mittlerem Gefälle (rund 2% im untersuchten Abschnitt) und ihr Einzugsgebiet befindet sich im Bereich des Schaffhauser Randens. Der beprobte Bachabschnitt liegt auf 570 bis 600 m ü. NN und die Durach stellt ein karbonatisches Mittelgebirgsgewässer der Forellenregion dar. Der Fließgewässertyp im deutschen System entspricht gemäß LUBW (2010) dem Typ 7 = karbonatischer Mittelgebirgsbach mit kleinem Einzugsgebiet von 10-100 km².

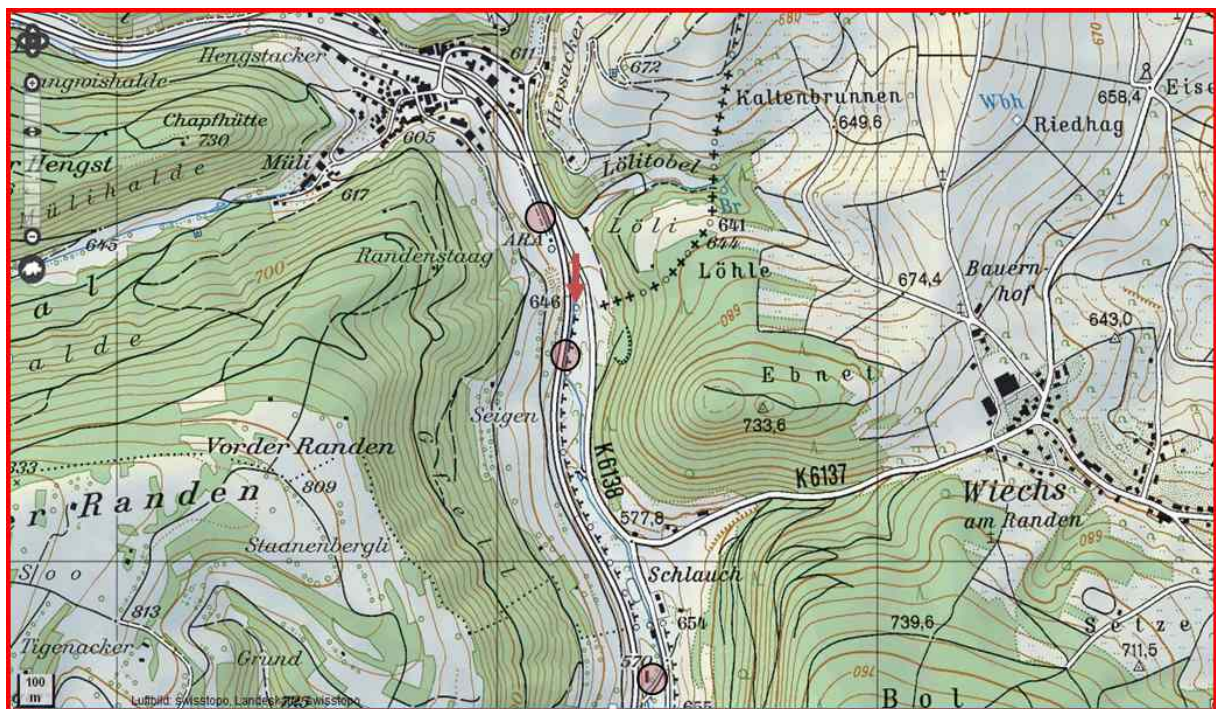


Abb. 1: Die Probenahmestellen in der Durach vor und nach der ARA Barga sind mit roten Kreisen markiert. Die ARA liegt am linken Bachufer ca. 250 m vom Dorfausgang entfernt (Einlaufstelle - roter Pfeil).

Die Durach ist im oberen Teil vor Barga noch relativ naturnah (s. Abb. 2). Durch künstliche Sohl-schwellen wird einer Tiefenerosion, welche sich vermutlich in Folge der Begradigung des Bachbettes einstellte, entgegen gewirkt. Im Ortsbereich Barga wird die Durach eingedolt geführt. Unterhalb des Dorfes verläuft sie auf etwa 500 m in einem künstlichen Bachbett mit kurzen Verdolungen, regel-mäßigen Sohl-schwellen (Abstand etwa 15 m), gepflasterten Ufern, teilweise gepflasterter Sohle und ohne nennenswerte Variabilität der Breiten und Tiefen (s. Abb. 3), was sich in einer verminderten Habitatvielfalt für die biologische Besiedlung niederschlägt. Die Entwicklungs- und Ausuferungs-

möglichkeiten des Baches sind deshalb sehr eingeschränkt. Etwa in der Mitte dieses "künstlichen" Abschnitts wird das behandelte Abwasser der ARA Barga eingeleitet.

Die unterste Probestelle, 200 m unterhalb Schlauch, befindet sich in einem wieder naturnäheren Abschnitt mit natürlichem Sohls substrat, Wasserwechselzone und nur streckenweise Ufermauern und Resten von Pflasterung (s. Abb. 4).

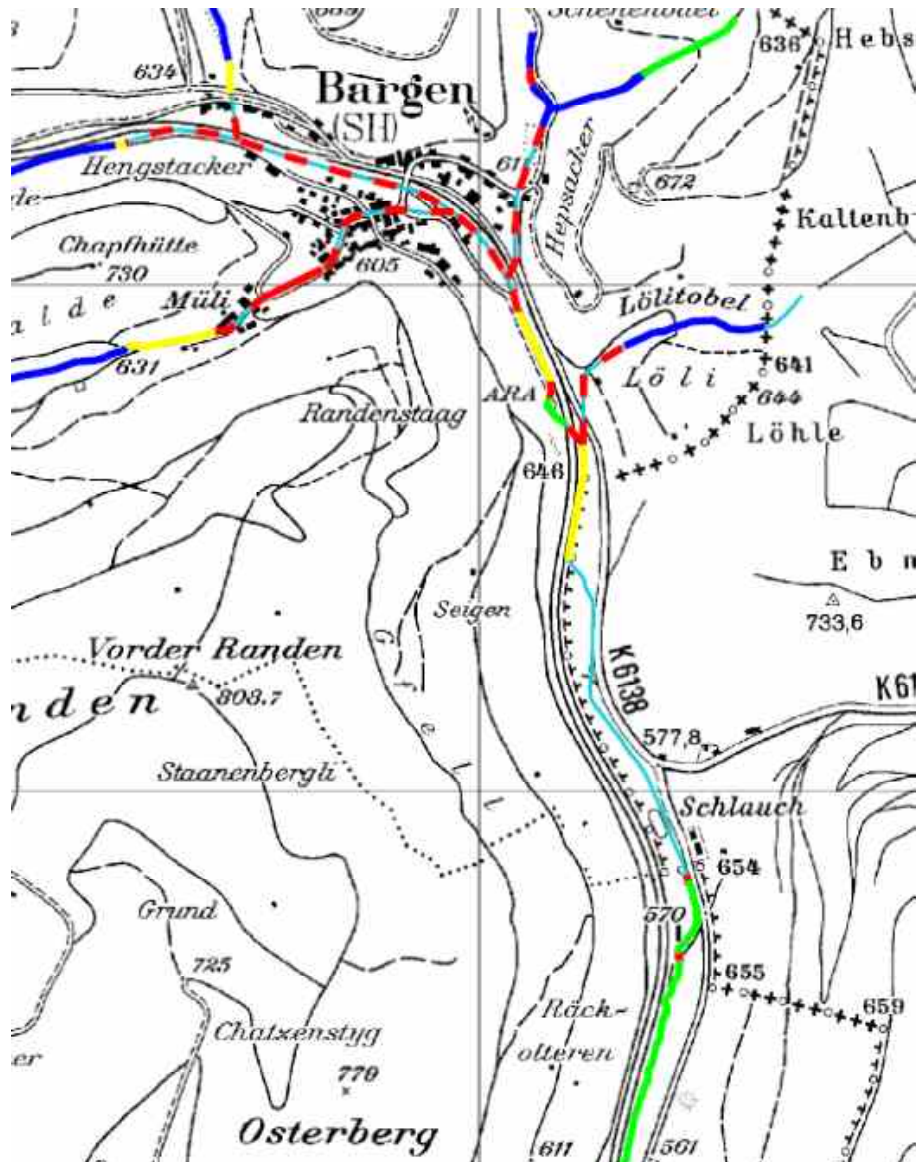


Abb. 2: Gesamtübersicht Klassifizierung der Ökomorphologie der Durach (hellblau), Bearbeitung durch Kt. Schaffhausen. blau: natürlich, naturnah; grün: wenig beeinträchtigt; gelb: stark beeinträchtigt; rot: künstlich, naturfremd; rot gestrichelt: eingedolt. (Der sich auf deutschem Staatsgebiet - Gemarkung Schlauch – befindliche Gewässerabschnitt wurde nicht beurteilt.)



Abb. 3: Probestellen der Makrozoobenthos-Untersuchung in der Durach. Links: kanalisierter Abschnitt oberhalb der Einleitung der ARA, rechts: direkt unterhalb der Einleitung (April 2011).



Abb. 4: Probestelle 1 km unterhalb der ARA-Einleitung in die Durach (April 2011).

Im kanalisiertem oberen Abschnitt der Durach, in den die Einleitung erfolgt, besteht das Sohlsubstrat zu 35-40% aus Grobmaterial (Steine und Blöcke) und zu 55-60% aus kiesigem Material (Abb. 5). Im naturnäheren, unteren Untersuchungsabschnitt ist der Grobanteil deutlich höher und erreicht 60% der Fläche. Sandflächen kommen in allen Abschnitten nur mit einem geringen Anteil von ca. 5% vor.

An allen Probestellen traten Fadenalgen mit rund 5% Deckung an Steinen oder an untergetauchten Wasserpflanzen (insbesondere Quellmoos, *Fontinalis antipyretica*) auf. Im kanalisiertem Abschnitt lag die Wasserpflanzendeckung bei etwa 10%. Am Austrittspunkt des Rohres aus der Schilfkläranlage (s. Titelbild) sowie in der Fahne der Einleitung war auf wenigen Metern Abwasserpilz zu finden.

An der untersten Probestelle stehen für die Wirbellosentiere zusätzliche Habitate wie Totholz, ins Wasser ragende Wurzeln und Falllaubansammlungen am Ufer zur Verfügung (s. Abb. 4). Die Deckung durch untergetauchte Wasserpflanzen war dort geringer.

In der Substratzusammensetzung bilden sich die Vielfalt der Strömungsgeschwindigkeiten und Habitate gut ab: Im naturnäheren, unteren Abschnitt (1 km unterhalb Einleitung ARA) sind die Voraussetzungen für einen Artenreichtum in der Wirbellosenbesiedlung deutlich höher.

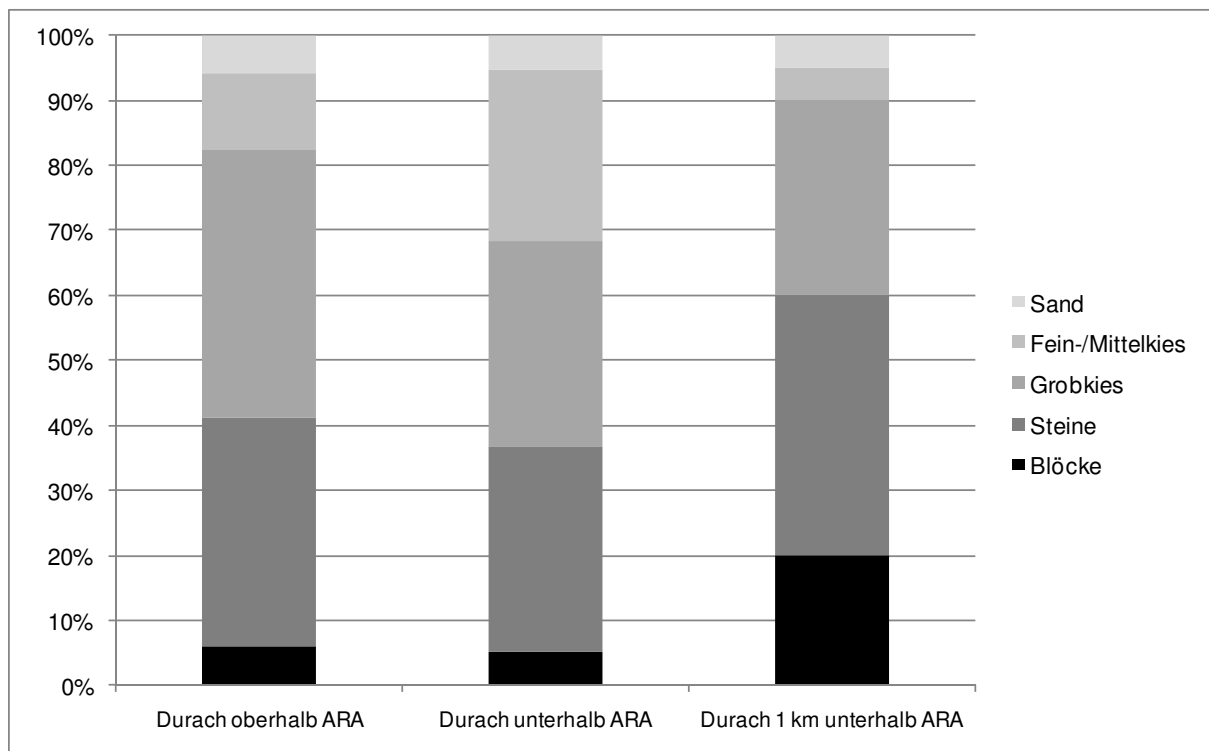


Abb. 5: Zusammensetzung des mineralischen Sohlsubstrats an den Probestellen in der Durach. April 2011.

Im Abschnitt direkt unterhalb der Einleitung waren die Steine an den Unterseiten teilweise schwarz-fleckig, was darauf hindeutet, dass im Sediment zeitweise Sauerstoffmangel herrscht. Ein auffälliger Geruch war jedoch nicht festzustellen. An den anderen Probestellen wurden keine Färbung der Steine und ebenfalls kein Fäulnisgeruch wahrgenommen.

3 Abflüsse in der Durach, Kläranlagenablauf und Vorflutsituation

Die nächstgelegene kantonale Pegelmessstelle "A4 Durchlass Weier" befindet sich auf Gemarkung der Nachbargemeinde Merishausen etwa 1 km unterhalb Schlauch und registriert zum Zweck der Hochwasservorhersage insbesondere höhere Abflüsse oberhalb eines Wasserstands von 18 cm, was einem Abfluss von 334 Litern pro Sekunde (L/s) und rund dem doppelten Mittelwasserabfluss (MQ) entspricht. Zur Abschätzung der Abflusssituation im Vorfeld der Untersuchungen standen die kantonalen Pegeldata des Jahres 2010 bis zum Untersuchungstermin 2011 zur Verfügung.

Im Vorfeld der biologischen Untersuchungen lagen die Abflüsse am Pegel unterhalb von 334 L/s. Die letzte Überschreitung dieser Marke wurde Mitte Januar gemessen und der Abfluss erreichte dort gerade die Grenze von 18 cm Pegelstand. Eine Beeinflussung der Untersuchungen und der Lebensgemeinschaft, welche durch Hochwasserabflüsse oder Trockenheit geschehen könnte, lag nicht vor.

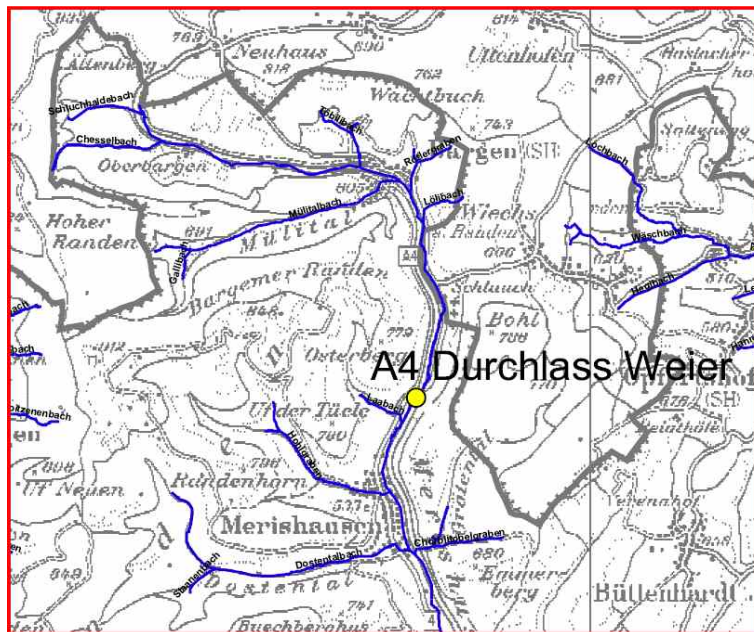


Abb. 6: Kantonale Pegelmessstelle "A4 Durchlass Weier". (Durchlass Weier registriert nur Wasserstände über 18 cm, d.h. Trockenwetterabflüsse werden nicht erfasst.)

Die Abflüsse in der Durach liegen in der Regel in einem Bereich von 50 bis 600 L/s und die Fließgeschwindigkeiten in einem für Bäche mäßigen Bereich. Die ARA Bargaen wird mit dem Abwasser von 250 Einwohnergleichwerten aus dem Einzugsgebiet der Gemeinde Bargaen beschickt, was einer Abwassermenge von ca. 50 m³ pro Tag entspricht. Die Einleitung in die Durach beträgt ohne Berücksichtigung von Verdunstungsprozessen in der Anlage im Mittel rund 0,6 L/s. Zum Zeitpunkt der Probenahme wurde eine Schüttung von 1,0-1,5 L/s geschätzt. Die Verdünnung erfolgt im schlechtesten Fall der Vorflut vermutlich in einem Verhältnis von 1 : 50 bis 1 : 100, bei hohen Abflüssen in der Durach bis rund 1 : 1000.

Schlechte Güteverhältnisse sind entsprechend der genannten guten Verdünnungssituation unter normalen Bedingungen und nach vollständiger Vermischung nicht zu erwarten, obwohl die Abwasserreinigung bei weitem nicht alle organischen Stoffe abbauen kann, was durch das Vorkommen von Abwasserpilz (*Sphaerotilus*) im Ablauf angezeigt wird. Bei Regenfällen, hohem Mischwasseraufkommen, extremem Niedrigwasser und einer höheren Emission der Abwassermenge aus dem Kläranlagenbereich könnten jedoch zeitweise schlechtere Bedingungen für die tierische Besiedlung der Durach auftreten.

4 Beurteilung der Nährstoffparameter und des Sauerstoffgehalts

Am Untersuchungstag 1. April 2011 zeigten die Wassertemperaturen unter Berücksichtigung der Messzeitpunkte keine Beeinflussung durch die Einleitung (s. Tab. 1). Die Leitfähigkeit und der pH-Wert weisen eine geringfügige Erhöhung durch die Einleitung auf. Die Sauerstoffsättigung in der Durach wird von 103% auf 101% erniedrigt, wobei im Ablauf 44% Sättigung (5 mg/L O₂) gemessen wurden. Eine Durchmischung der Fahne mit dem Bachwasser erfolgte jedoch auf wenigen Metern.

Tab. 1: Physikalisch-chemische Messungen zum Zeitpunkt der Makrozoobenthos-Untersuchungen am 1. April 2011 an den Probestellen der Durach. Wetter: heiter und trocken, Lufttemperatur ca. 10°C vormittags bis 16°C nachmittags.

Kenngröße	Durach oberhalb ARA	Durach direkt unterhalb ARA	Durach 1 km unterhalb ARA
Uhrzeit	13:40	9:10	11:00
Wassertemperatur	9,1°C	8,4°C	9,6°C
Elektrische Leitfähigkeit	533 µS/cm	542 µS/cm	520 µS/cm
pH-Wert	7,7	8,0	8,4
Sauerstoffgehalt	10,2 mg/L	11,0 mg/L	11,6 mg/L
Sauerstoffsättigung	103%	101%	109%

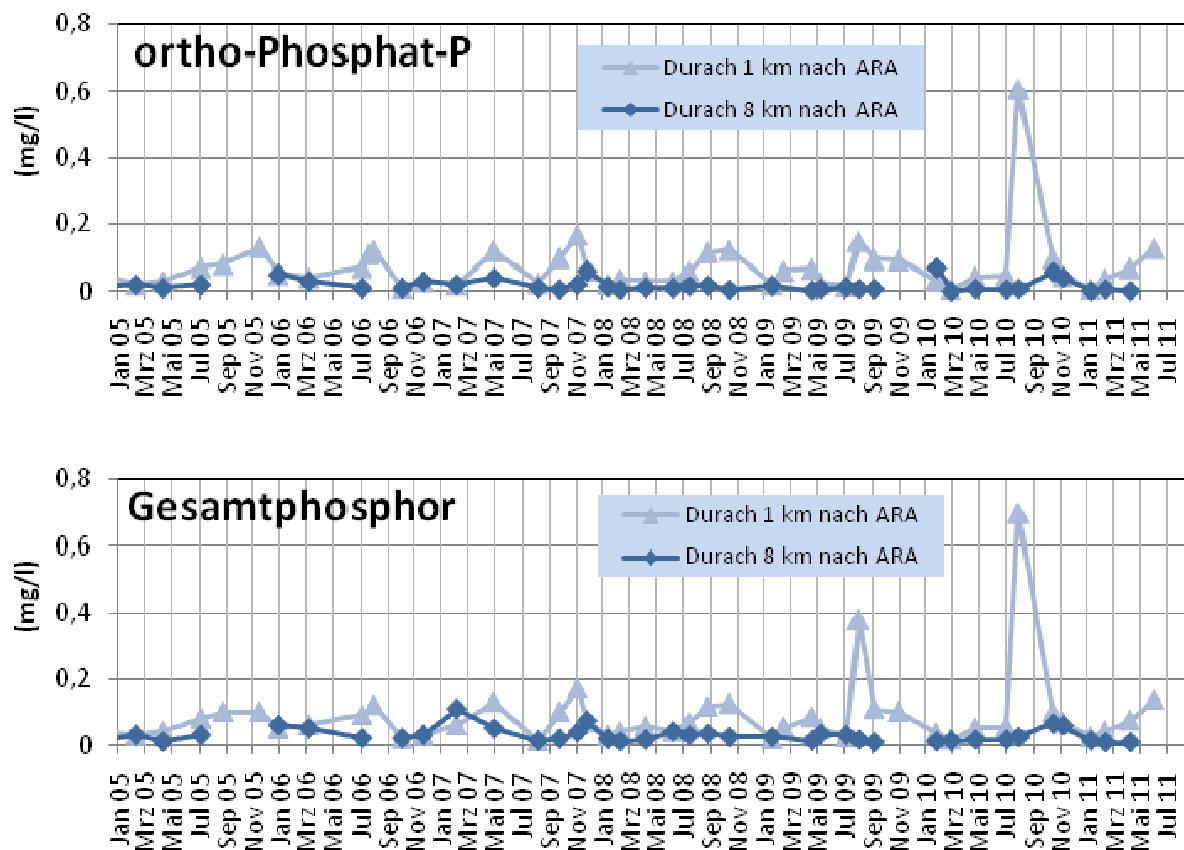


Abb. 7: Phosphor-Konzentrationen seit 2005 (Inbetriebnahme der Schilfkläranlage im Jahr 1998).

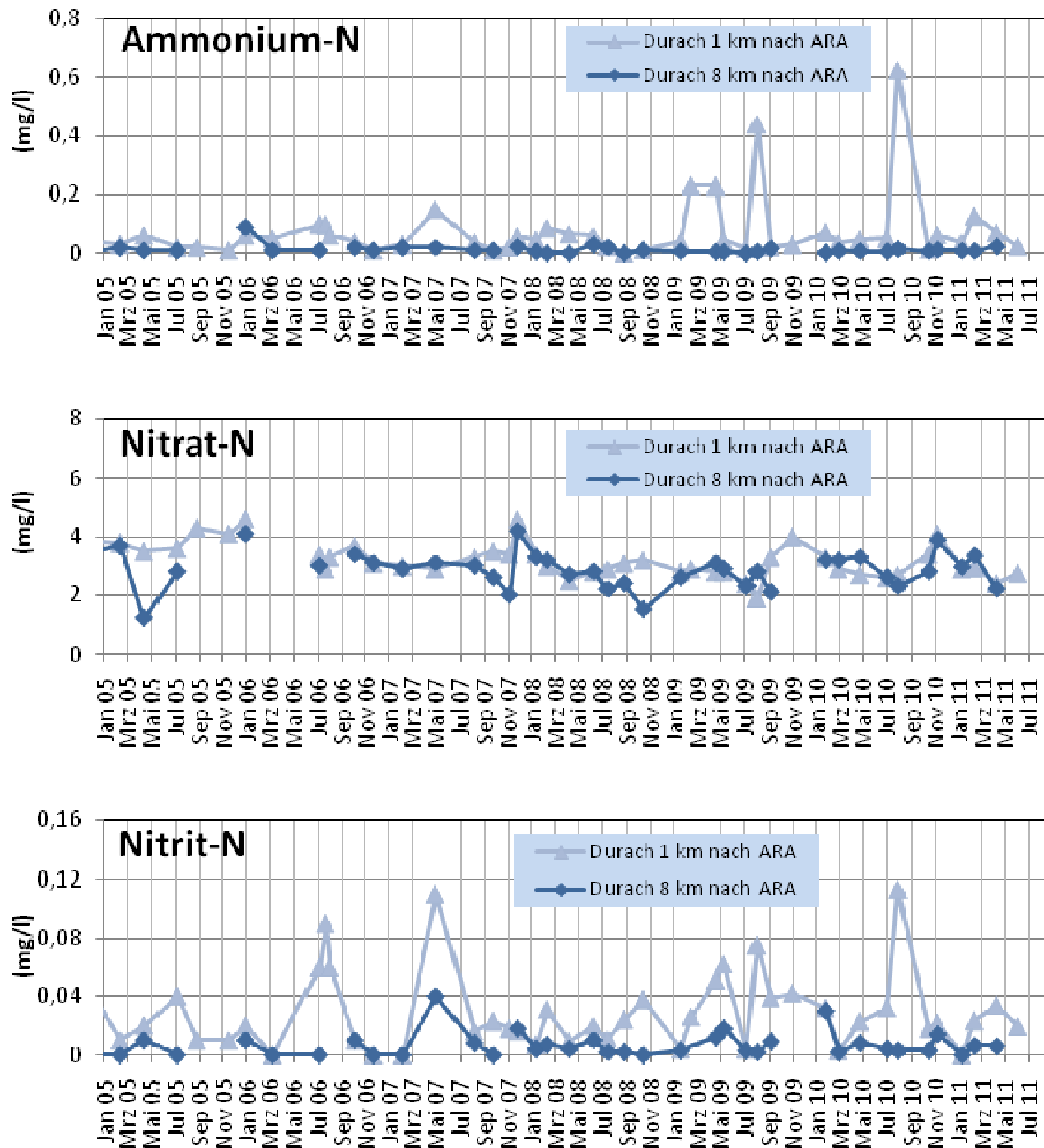


Abb. 8: Ammonium-, Nitrat- und Nitrit-Konzentrationen seit 2005 (Inbetriebnahme der Schilfkläranlage im Jahr 1998).

Sowohl die Stickstoff- als auch die Phosphorkomponenten (Abb. 7 und Abb. 8) stiegen in den Jahren seit 2005 oft in Zusammenhang mit Regenfällen oder unbeständiger Witterung auffällig an. Als Ursachen sind der Stoffaustrag aus landwirtschaftlichen Flächen sowie Mischwasserentlastungen in die Durach im Ortsbereich Barga und an der alten Kläranlage denkbar. Auffällig ist u.a. ein Termin im Mai 2007, an dem die Ortho-Phosphat- und Nitritwerte deutlich erhöht waren. Der bei nahezu allen Parametern sehr auffällige Spitzenwert am 9. August 2010 (s. Abb. 7 bis Abb. 9) ging mit einem Geruch des Bachwassers nach Gülle einher (mündl. Mitteilung Herr Lang). Es könnte deshalb ein Zusammenhang mit der Ausbringung und anschließendem Eintrag von Gülle ins Gewässer bestehen. Für diesen Tag konnte ausgeschlossen werden, dass die ARA der Verursacher der Konzentrationspitzen war.

Da **Ammonium und Nitrit** in höheren Konzentrationen auf Fische und Wirbellose akut schädlich wirken können, sind für diese Parameter nicht nur Mittelwerte, sondern auch Einzelwerte im Hinblick auf Grenzwertüberschreitungen zu betrachten. Die potenzielle Schädwirkung von Ammonium und Nitrit kann nicht nur allein an deren Konzentration im Gewässer festgemacht werden, sondern ist abhängig von den chemisch-physikalischen Begleitbedingungen: Eine gegebene Ammonium-Konzentration führt in Abhängigkeit von Temperatur und pH-Wert zur Freisetzung unterschiedlicher Konzentrationen von Ammoniak, welches für die Gewässerorganismen der eigentliche Schadstoff ist. Dagegen ist die Schädwirkung von Nitrit wesentlich abhängig von der begleitenden Chloridkonzentration, wobei die Schädlichkeit bei höheren Chloridkonzentrationen verringert wird (Fernández et al. 2004, Koekkoek 2005).

Unter den tierischen Gewässerorganismen sind die Wirbellosen in der Regel unempfindlicher als die Fische (Environment Canada 2010). Die strengsten Grenzwertbestimmungen bestehen deshalb für Fische (Schreckenbach et al. 1987 und 2001), bei denen sich wiederum die Forellenfische (Salmoniden) am wenigsten belastungstolerant darstellen. Aber auch Kleinkrebse und juvenile Muscheln können höhere Empfindlichkeiten aufweisen (EPA 1999).

Der betrachtete Abschnitt der Durach ist der Forellenregion zuzuordnen, deren Leitart Bachforelle hier als sensibelster Vertreter der Lebensgemeinschaft im Gewässer anzusehen ist.

Ammonium:

Die in der Durach an der Messstelle 1 km unterhalb der ARA langfristig erfassten pH-Werte betragen stets mehr als 7,5, meist 8 bis 8,5, maximal 8,8. Die dort gemessenen sommerlichen Wassertemperaturen betragen bis zu 18,8°C, liegen meist jedoch unter 17°C.

Bei pH 8,8 und 15°C darf die Ammonium-Stickstoff-Konzentration maximal 0,13 mg/L betragen, damit die Konzentration von Ammoniak-Stickstoff unter der Grenze für Schädwirkungen bei Forellenfischen von 0,20 mg/L (UVM BW 2007) bleibt. Bei pH 8,8 und 20°C darf die Ammonium-Stickstoff-Konzentration entsprechend nur maximal 0,09 mg/L betragen.

Die an der gleichen Messstelle registrierten Konzentrationsspitzen für Ammonium-Stickstoff in der Durach liegen bei ca. 0,15 bis 0,6 mg/L. Wenn solche Ereignisse in der Sommerperiode auftreten, wie dies in den Jahren 2009 und 2010 der Fall war, ist deshalb von Ammoniakfreisetzungen auszugehen, die schädliche Wirkung auf Forellenfische haben können.

Nitrit:

Die in der Durach an der Messstelle 1 km unterhalb der ARA registrierten Werte für Chlorid liegen durchweg über 5 mg/L und meistens bei 10-20 mg/L. Um eine Schädwirkung für Forellenfische auszuschließen, sollte die Konzentration von Nitrit-Stickstoff deshalb 0,07 mg/L nicht überschreiten (orientiert an Koekkoek 2005). Während der Belastungsspitzen liegen die gemessenen Konzentrationen für Nitrit-Stickstoff bei ca. 0,05-0,11 mg/L und somit teilweise im schädlichen Bereich für Forellenfische.

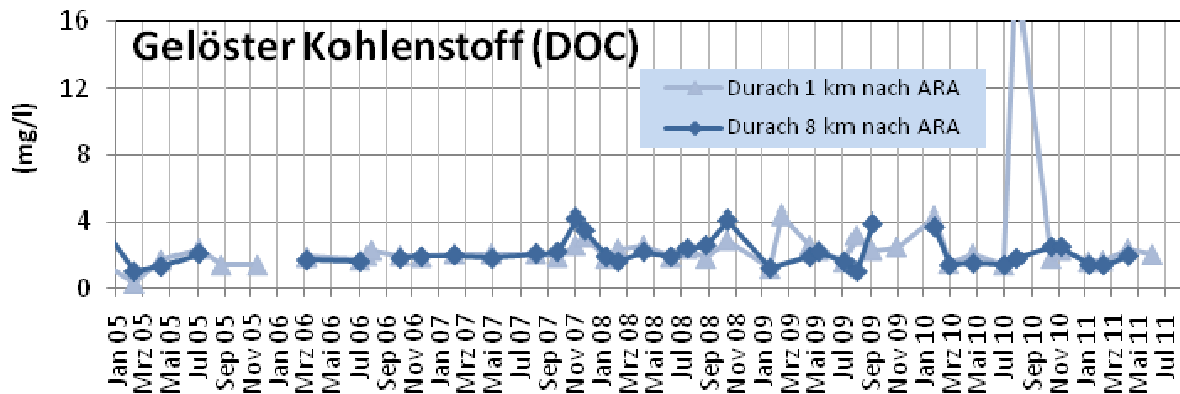


Abb. 9: Gelöster Kohlenstoff in der Durach 1 km und 8 km unterhalb der Einleitung der ARA Barga seit 2005 (Maximalwert am 9. August 2010 mit 19 mg/L).

Ungewöhnliche Erhöhungen des DOC-Gehaltes seit 2005 (Februar 2009 und 2010, 9. August 2010, s. Abb. 9) könnten ebenfalls auf Mischwasserentlastungen aus den Siedlungsbereichen und ggf. Eintragsspitzen aus landwirtschaftlichen Flächen zurückzuführen sein.

Die Bewertung nach Liechti (2010) ergibt für die Stickstoffkomponenten und den gelösten Kohlenstoffgehalt (DOC) vorwiegend einen "guten" Zustand der Durach, 1 km unterhalb der Einleitung wird sogar teilweise der "sehr gute" Zustand erreicht. Direkt unterhalb der Einleitung wird anhand der Phosphorkomponenten meist ein "schlechter" Zustand ermittelt. Hierbei muss beachtet werden, dass die Grenzlegung der Bewertungsschritte nach Liechti (2010) relativ eng ist und der "schlechte" Zustand z.B. beim Gesamtposphor bereits bei Überschreitung von 140 µg/L erreicht ist. An der 8 km unterhalb der Einleitung liegenden Probestelle wird für alle Parameter wieder der "sehr gute" oder "gute" Zustand erreicht. Lediglich für den Parameter Ortho-Phosphat liegt in den Jahren 2009/2010 noch eine als "mäßig" bewertete Belastung vor.

Tab. 2: Beurteilung der Nährstoffparameter in der Durach 1km resp. 8 km nach ARA gemäss BAFU Modul-Stufen-Konzept (Liechti 2010) anhand von Mittelwerten für die Jahre 2007/08 und 2009/10.

unbefriedig. = unbefriedigend:

Kenngröße Messpunkt Durach	Ammonium	Nitrat	Nitrit	ortho- Phosphat	Gesamt- Phosphat	DOC
1 km nach ARA 2007/08	gut	gut	gut	schlecht	unbefriedig.	gut
1 km nach ARA 2009/10	mäßig	gut	gut	schlecht	schlecht	mäßig
8 km nach ARA 2007/08	sehr gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut
8 km nach ARA 2009/10	sehr gut	gut	sehr gut	mäßig	gut	gut

Die Messungen der Sauerstoffsättigung seit 2005, welche meist mittags bis nachmittags stattfanden, ergaben an der Probestelle 1 km unterhalb der ARA in der Regel Werte um 100% (s. Abb. 10), welche dem Optimalzustand entsprechen. Auch die Schwankungen im Tagesgang liegen in einem engen Bereich um den 100%-Sättigungswert.

An der Probestelle 8 km unterhalb der ARA wurde an manchen Messtagen seit 2005 Übersättigungen des Sauerstoffs bis maximal 150% gemessen. Bei den Tagesgangmessungen (s. Abb. 10, unten) im April 2011 fällt diese Probestelle ebenfalls durch höhere Sättigungswerte bis nahezu 120% auf. Übersättigungen entstehen in Zusammenhang mit erhöhtem Wachstum von Wasserpflanzen. Deren Stoff-

wechsel arbeitet insbesondere an sonnigen Tagen um die Mittags- und Nachmittagszeit intensiver, wobei in erhöhtem Maße Sauerstoff in das Wasser abgegeben wird. Am Spätnachmittag fällt die Sättigung wieder ab und verharrt während der Nacht an beiden Probestellen relativ konstant bei rund 95%, also einer leichten Untersättigung, welche auf den nächtlichen Sauerstoffverbrauch der Pflanzen durch Atmung zurückgeht.

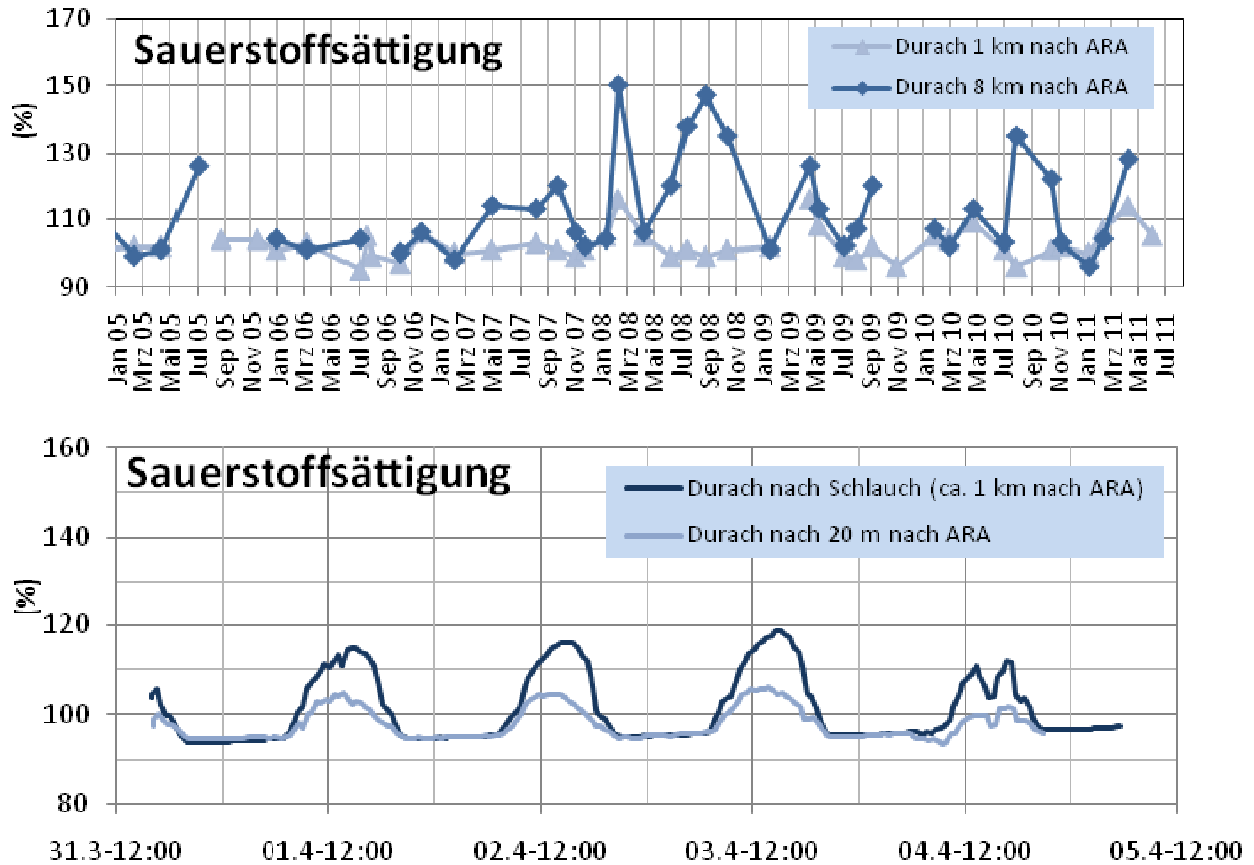


Abb. 10: Verlauf der Sauerstoffsättigung seit 2005 (oben) und Sauerstoff-Tagesganglinie (unten) in der Durach unterhalb Einleitung der ARA im zeitlichen Umfeld der Makrozoobenthos-Untersuchung (31.03.2011 bis 05.04.2011, 12:00 = 12 Uhr mittags).

Der Vergleich der beiden Tagesgangkurven zeigt, dass 8 km unterhalb der ARA eine höhere pflanzliche Aktivität herrscht, welche auch zu größeren Schwankungen der Sauerstoffsättigung führt. In der Regel bilden erhöht mit Nährstoffen belastete Fließgewässer höhere Wasserpflanzenbestände. Die Tagesganguntersuchungen zeigen somit eine Nährstoffbelastung (Eutrophierung) der Durach an. Nach Mauch et al. (1998), welcher auf Basis von sommerlichen Tagesgangmessungen eine Trophie-klassifikation vorschlägt, würde die Durach mit den beobachteten Übersättigungen ein mäßig nährstoffbelastetes Gewässer darstellen.

Fazit zur Auswirkung der ARA-Einleitung:

Ein erhöhter Eintrag aus der Schilfkläranlage in die Durach ist aufgrund der Durchflussbegrenzung zunächst nicht denkbar. Falls sich hier jedoch durch Störungen Kurzschlussströmungen ergeben, könnten die erhöhten Stoffkonzentrationen durchaus auf eine Ausspülung des Wurzelraumes der Schilfbecke zurückgehen. Eine Klärung könnte die Einrichtung eines zusätzlichen Messpunktes oberhalb der ARA sowie eine güte- und mengenbezogene Überwachung des Ablaufs erbringen.

5 Ergebnisse und Diskussion der biologischen Untersuchungen

5.1 Kieselalgenegesellschaft im Aufwuchs von Steinen

Die Bewertung mit dem Schweizer Kieselalgen-Index (Diatomeen-Index-Schweiz = DI-CH), welcher insbesondere Nährstoffbelastung und organische Einleitungen anzeigen soll (Hürlimann & Niederhauser 2007), zeigt im Jahr 2011 im Längsverlauf der Durach eine Reaktion auf die Einleitung, welche sich jedoch innerhalb des "sehr guten" Bereichs ereignet (s. Tab. 3). Der Index verschlechtert sich um 0,4 Indexeinheiten, was nahezu einer halben Zustandsklasse entspricht (s. Tab. 6). An der untersten Probestelle zeigt der DI-CH ebenso wie einige der weiter unten diskutierten Wirbellosen-Indices eine Erholung der Situation an, die jedoch im Falle der Kieselalgen nur geringfügig ist.

Tab. 3: Beurteilung der Durach unterhalb Bargaen mittels des Schweizer Kieselalgenindex (DI-CH).

Ort und Zeitraum der Probenahme	Frühling 2004	Herbst 2004	Frühling 2005	Frühling 2008	Frühling 2009	Herbst 2009	Frühling 2011
Durach vor ARA	keine Probe	keine Probe	keine Probe	keine Probe	keine Probe	keine Probe	sehr gut [2.6]
Durach 20 m unterhalb ARA	keine Probe	keine Probe	keine Probe	keine Probe	keine Probe	keine Probe	sehr gut [3.0]
Durach 1 km unterhalb ARA	gut [3.6]	gut [4.2]	gut [3.9]	gut [3.6]	sehr gut [2.9]	gut [3.9]	sehr gut [2.9]

In früheren Jahren wurden sowohl oberhalb als auch direkt unterhalb der Einleitung keine Erhebungen durchgeführt, so dass hier nur Werte unterhalb einer Selbstreinigungsstrecke von einem Kilometer zur Verfügung stehen. Dennoch wird deutlich, dass in früheren Jahren die Belastungen in diesem Abschnitt meist größer waren, was sich in einer Verschlechterung um etwa eine Zustandsklasse ausdrückt. Eine ursächliche Zurückführung der Belastung auf die Kläranlageneinleitung kann hier nicht hergestellt werden, da der Zustand oberhalb der Einleitung nicht bekannt ist. Unter Betrachtung des Ergebnisses in 2011 ist es wahrscheinlich, dass bereits oberhalb der Kläranlagen-Einleitung Belastungen vorlagen.

Hürlimann & Niederhauser (2007) berichten aus ihren Analysen, dass die Frühjahrsprobenahmen in vielen Fällen optimistischere Bewertungen ergaben als diejenigen im Herbst. Dies hat oftmals die Ursache der besseren Verdünnungssituation in den Bächen im Winter und Frühjahr. Dies zeichnet sich auch in den hier vorliegenden Untersuchungen in den Jahren 2004 und 2009 ab, in denen zusätzlich Herbstprobenahmen durchgeführt worden waren, deren Bewertung 0,6 und 1,0 Indexeinheiten schlechter ausfallen. 2009 führte dies zu einer schlechteren Einstufung von der "sehr guten" zur nur "guten" Bewertungsklasse.

Charakterisierung der Kieselalgenegemeinschaften an den Probestellen im Frühling 2011:

(Die ökologischen Ansprüche der Arten wurden zitiert aus: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 1998, Ettl et al. 1986 und 1991, Hürlimann & Niederhauser 2007)

Die Kieselalgenegesellschaft **oberhalb ARA** wird dominiert von den drei Arten *Achnanthes biasolettiana* (Anteil 53%), *Achnanthes minutissima* (18%) und *Achnanthes eutrophila* (12%). Von den übrigen 13 Taxa erreicht nur die auch in nährstoffreichen Gewässern vorkommende Art *Amphora pediculus* über 5%.

20 m unterhalb ARA stieg die Art *Achnanthes minutissima* auf 47% Dominanz an. Lediglich drei weitere Kieselalgenarten treten noch mit Anteilen von mehr als 10% auf: *Achnanthes eutrophila* (15%), *Achnanthes biasolettiana* (11%) und *Cymbella minuta* forma *semicircularis* (10%).

Wie bereits die Probestelle 20 m unterhalb der ARA wird auch die Kieselalpengesellschaft **1 km unterhalb ARA** sehr stark dominiert von der Art *Achnanthes minutissima* (Anteil 46%). Nur zwei weitere von den restlichen Kieselalgenarten erreichten noch nahezu 10%: *Cymbella minuta* forma *semicircularis* (10%) und *Achnanthes biasolettiana* (8%).

Die Kieselalge *Achnanthes biasolettiana* tritt insbesondere oberhalb der Einleitung sehr häufig auf. Sie besitzt ihren Vorkommensschwerpunkt in kalkreichen Fließgewässern mit mittlerem bis höherem Elektrolytgehalt. Sie meidet erhöhte Belastungen mit organischen Stoffen und kann sich auch bei erhöhter Nährstoffbelastung gegenüber anderen Arten nicht so gut durchsetzen. Ihr Rückgang unterhalb der ARA könnte eine Folge des Eintrags aus der Anlage sein.

Die insbesondere unterhalb der Einleitung dominante Art *Achnanthes minutissima* kommt in fast jeder Kieselalpengesellschaft der Schweiz vor. Sie ist eine Pionierart (rasche Neu- oder Wiederbesiedlung von Lebensräumen, z. B. nach Hochwasser) und ist auch bei erhöhten Nährstoffkonzentrationen konkurrenzstark. Im Schweizer Kieselalgen-Index wird sie als "Massenform mit beschränkter Aussagekraft" geführt. Bei hohen Dominanzen - wie hier vorliegend - führt deren Berücksichtigung in der Indexberechnung jedoch oft zu einer "sehr guten" Bewertung, sie besitzt also einen nivellierenden Effekt auf die Höhe des Index.

Die erst unterhalb der Einleitung gefundene Art *Cymbella minuta* forma *semicircularis* bevorzugt nährstoffarme Gewässer mit mittlerem Elektrolytgehalt und wird auch im Kieselalgen-Index als eine Art geführt, die "sehr gute" Verhältnisse anzeigt. Sie trägt also nicht zu der schlechteren Bewertung unterhalb der ARA bei. Vielmehr lenken andere oft weniger häufige Arten wie *Achnanthes eutrophila*, *Meridion circulare* und *Navicula tripunctata* den Index zu der geringfügig schlechteren Bewertung.

5.2 Wirbellosengesellschaft (Makrozoobenthos)

Tab. 4: Kenngrößen der biologischen Untersuchungen in der Durach und Bewertung. Deutsche Bewertungsverfahren: Saprobielle Qualität, Allgemeine Degradation (Asterics/Modul Perloides Version 3.1.1, Mai 2008) und SPEAR-Toxizitätsindices. Schweizer Modul-Stufen-Konzept mit dem Makrozoobenthos-Index IBCH.
(HK = Häufigkeitsklassen, Farbgebung gemäß Tab. 7. Erläuterung der Bewertung s. Glossar und Kästen unten).

	Kenngröße	Durach oberhalb ARA	Durach unterhalb ARA	Durach 1 km unter- halb ARA
	Individuen pro m ²	1.422	1.372	806
	Anzahl Taxa	33	29	31
	Saprobienindex und Kenngrößen			
Saprobie	Anzahl Indikator taxa	26	23	25
	Summe Häufigkeitsklassen*	60	60	48
	Saprobienindex	1,59	1,52	1,48
	Saprobielle Qualitätsklasse	sehr gut (-gut)	sehr gut	sehr gut
	Bewertungsmetric	Bewertungsmodul Allgemeine Degradation Bewertungszahlen von 0 bis 1 (Erläuterung Tab. 7)		
Allgemeine Degradation	Summe Häufigkeitsklassen*	40	35	29
	German Fauna Index Typ 5	0,90	0,73	0,85
	Bergbachoberlaufarten	0,80	0,84	1,00
	Rheoindex (HK)	0,97	1,00	0,96
	EPT-Taxa (HK)	0,67	0,70	0,98
	Bewertungszahl gesamt	0,85	0,79	0,91
	Qualitätsklasse	sehr gut	gut	sehr gut
	Kenngröße	Schweizer Makrozoobenthos-Index IBCH und Kenngrößen		
IBCH	Summe Taxa	20	21	19
	höchste Zeigergruppe (IG) (1-9)	9	9	7
	Diversitätsklasse	6	7	6
	IBCH-Wert	14 = gut	15 = gut	12 = mäßig (-gut)
	Toxizitätsindices SPEAR-Verfahren			
SPEAR	SPEAR_{pesticide} (Sensitive Taxa %)	46	52	59
	Bewertung SPEAR _{pesticide}	exzellent	exzellent	exzellent
	SPEAR_{organic}	-0,31	-0,31	-0,22
	Bewertung SPEAR _{organic}	entspricht Referenz- werten	entspricht Referenz- werten	entspricht Referenz- werten

*Für eine gültige und verlässliche Ermittlung des Saprobienindex und des German Fauna Index muss die Summe der Häufigkeitsklassen der jeweiligen Indikator taxa größer als 20 sein.

Die Auswertung der Wirbellosen-Untersuchung ergab folgende Ergebnisse (s. Tab. 4)

- Es wurden an den drei Probestellen der Durach insgesamt 44 Taxa gefunden. Die Individuen- und Taxazahlen waren im kanalisierten Abschnitt der Durach oberhalb der Einleitung am höchsten, am wenigsten Taxa wurden direkt unterhalb der ARA Barga gefunden. Die geringste Individuenzahl lag im naturnahen untersten Abschnitt bei Schlauch vor. Hier waren insbesondere die Bachflohkrebse (*Gammarus fossarum*) nicht so zahlreich vertreten (Tab. 5).

- Die saprobielle Qualität wurde an allen Probestellen der Durach als "sehr gut" (Saprobienindex < 1,60) eingestuft. Oberhalb der Einleitung war der Saprobienindex sogar 0,07 Indizeinheiten schlechter als direkt unterhalb der Einleitung und näherte sich mit 1,59 der Grenze zum "guten" Zustand. Der beste Saprobienindex wurde mit 1,48 an der untersten Probestelle ermittelt.

- Das deutsche Bewertungsmodul "Allgemeine Degradation" ergibt oberhalb und an der untersten Probestelle den "sehr guten" und direkt unterhalb der Einleitung nur den "guten" Zustand. Dieses Modul soll insbesondere Störungen der Gewässerstruktur aufzeigen, reagiert aber oft redundant zum Saprobienindex und oft sogar plausibler als dieser auf organische Belastungen.

- Der EPT-Index, der die Taxaanzahl der Insektenlarven berücksichtigt, und die Anzahl der Bergbachoberlaufarten zeigen die relative Naturferne des kanalisierten Abschnitts unterhalb Barga deutlich an. Dagegen liegen diese beiden Teilmetrics für die strukturreiche Probestelle unterhalb von Schlauch mit 0,98 und 1,0 im Bereich der bestmöglichen Bewertung.

- Der Rheoindex, welcher in Häufigkeitsklassen (HK) die strömungsliebenden Arten aufsummiert und bewertet, zeigt für alle Probestellen ein für Bergbäche typisches Strömungshabitat an.

- Der Schweizer Wirbellosen-Index IBCH (IB = Indice biologique), der insbesondere die Taxondiversität und das Vorkommen empfindlicher Taxa auf Familienebene bewertet, zeigt keine Reaktion auf die ARA-Einleitung. Vielmehr reagiert er stark auf die Anzahl der Familien und die Individuenzahlen und bewertet den gut strukturierten untersten Probeabschnitt mit "mäßig" (mit Tendenz zu "gut"), die beiden Probestellen mit künstlichem Bachbett dagegen mit "gut".

Hinsichtlich der Index-Konzeption fällt u.a. auf, dass der Grenzwert von drei Individuen pro Familie zur Berücksichtigung als Indikatortaxon möglicherweise zu streng ist bzw. flexibler gehandhabt werden könnte. An der untersten Probestelle wurden z.B. jeweils nur zwei Individuen zweier Familien mit höchstem Zeigerwert gefunden. Obwohl also insgesamt 4 Individuen der empfindlichen Taxa gefunden wurden, wird nicht die höchste Bewertung mit 9 sondern nur Zeigergruppe 7

Allgemeine Degradation: Dieses Bewertungsmodul reagiert auf Störungen im Gewässer wie Quer- und Längsverbau, Aufstau, Abflussregulierungen, Einflüsse aus dem Einzugsgebiet sowie u.a. auf organische Belastungen, welche sich in der Artengemeinschaft auswirken.

Biozönose: Artengemeinschaft

EPT-Taxa: Ein Metric auf Basis von Häufigkeitsklassen der Taxa Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera (Eintags-, Stein- und Köcherfliegen).

Häufigkeitsklassen: Den bei der biologischen Gewässergüteuntersuchung ermittelten Individuenzahlen müssen für die Bestimmung des Saprobien und German Fauna Index Häufigkeitsklassen von 1 bis 7 zugeordnet werden.

Makrozoobenthos: Mit dem bloßen Auge erkennbare tierische Organismen der Gewässersohle (größer als 2 mm, nach anderer Auffassung größer als 1 mm).

Metric: Maßzahl

Rheoindex: Der Index gibt das Verhältnis der strömungsliebenden Arten zu den Stillwasserarten und Ubiquisten an und zeigt Störungen auf, die sich z. B. durch Ausbau oder Aufstau, einstellen.

Saprobie: Maß für die biologische Produktivität der Organismengruppen Bakterien, Pilze und Tiere im Gewässer. Gegenbegriff zur **Trophie**, welche das Ausmaß der pflanzlichen Produktion beschreibt.

Saprobienindex ist eine Kenngröße, die das Ausmaß der Belastung mit organischen Stoffen bzw. von Sauerstoff zehrenden Prozessen anzeigen soll.

SPEAR_{pesticides}: Index, der **episodische** Belastung durch Pestizide bzw. organische Schadstoffe anzeigt.

erreicht. Diese führt dazu, dass die unterste Probestelle im Datenset am schlechtesten abschneidet, was angesichts der Artenzusammensetzung und der gefundenen Diversität innerhalb der Familien nicht ganz plausibel ist.

- Die SPEAR-Indices, welche auf Verschmutzungen durch Xenobiotika (u.a. Tenside, Pestizide) ansprechen, zeigen für alle Probestellen eine "exzellente" Qualität an. Dennoch zeigt sich innerhalb dieser Bewertung die folgende Tendenz für die drei Probestellen:

Die unterste Probestelle ist am wenigsten durch eine derartige Belastung betroffen (Indexwert 59) und die oberhalb der ARA in Ortsnähe gelegene Probestelle vergleichsweise am meisten (Indexwert 46). Daraus kann gefolgert werden, dass die Einleitung aus der ARA offenbar keine Belastung mit den o. g. organischen Schadstoffen mit sich bringt.

Die SPEAR-Indices werden derzeit für die Anwendung in der Schweiz und an den regionalen Artenbestand angepasst. Mit der zukünftigen Version kann u.a. durch die Einbeziehung weiterer Arten wie möglicherweise des Bach- und Flussflohkrebses noch eine bessere Verlässlichkeit der Aussage herbeigeführt werden.

SPEAR_{organic}: Index, der eine **kontinuierliche** Belastung mit organischen Schadstoffen anzeigt.

Taxon (Mehrzahl: Taxa): Bezeichnung für die Einheiten oder Organismengruppen im biologischen System der Pflanzen und Tiere, z.B. Familie, Art oder Gattung sind jeweils Taxa.

6 Taxaliste der Wirbellosenfauna

Tab. 5: Taxaliste und Individuenzahlen des Makrozoobenthos in der Durach am 1. April 2011.

Taxon/Probestelle	Durach oberhalb ARA	Durach direkt unterhalb ARA	Durach 1 km unterhalb ARA	Deutsche Bezeichnung*
Ephemeroptera				Eintagsfliegen
<i>Alainites muticus</i>	24	96	284	Eintagsfliegen (Larven)
<i>Baetis alpinus</i>	44		6	
<i>Baetis rhodani</i>	252	348	262	
<i>Habroleptoides confusa</i>		3	2	
<i>Habrophlebia lauta</i>	69	3	2	
<i>Rhithrogena picteti</i>	30	46	22	
<i>Serratella ignita</i>	4	21		
Coleoptera				Käfer
<i>Elmis aenea</i>	2	10	2	Hakenkäfer
<i>Elmis maugetii</i>	6	2	2	
<i>Elmis rietscheli</i>	5			
<i>Esolus parallelepipedus</i>	3			
<i>Limnius perrisi</i>	1	4		
<i>Limnius volckmari</i>	10		2	
<i>Riolus subviolaceus</i>		2	10	
Trichoptera				Köcherfliegen
<i>Allogamus auricollis</i>	1			Köcherfliegen (Larven)
<i>Halesus digitatus</i>	1			
<i>Halesus radiatus</i>			2	
Limnephilidae		2	3	
<i>Melampophylax mucoreus</i>	12		4	
<i>Odontocerum albicorne</i>	2	2	1	
<i>Potamophylax cingulatus</i>	1		4	



Taxon/Probestelle	Durach oberhalb ARA	Durach direkt unterhalb ARA	Durach 1 km unterhalb ARA	Deutsche Bezeichnung*
Trichoptera				Köcherfliegen
<i>Rhyacophila Rhyacophila-Gr.</i>	17	22	32	Köcherfliegen (Larven)
<i>Rhyacophila pubescens</i>			1	
<i>Rhyacophila tristis</i>		7	34	
<i>Tinodes unicolor</i>			1	
Crustacea				Krebstiere
<i>Gammarus fossarum</i>	716	474	30	Bachflohkrebs
Plecoptera				Steinfliegen
<i>Brachyptera risi</i>	12	6	2	Steinfliegen (Larven)
<i>Isoperla sp.</i>	2	3	2	
<i>Leuctra sp.</i>	1	4		
<i>Nemoura sp.</i>	3	59	5	
Turbellaria				Strudelwürmer
<i>Dugesia gonocephala</i>	41	12	1	Dreieckskopfstrudelwurm
<i>Polycelis felina</i>		12	2	Vieläugiger Strudelwurm
Acari				Wassermilben
Hydrachnidia Gen. sp.	9	21	5	Süßwassermilben
Gastropoda				Wasserschnecken
<i>Ancylus fluviatilis</i>	1			Flussmützenschnecke
<i>Radix balthica</i>			1	Schlammschnecke
Oligochaeta				Wenigborster
<i>Eiseniella tetraedra</i>	2	6		Uferregenwurm
Tubificidae	6	9		Schlammröhrenwurm
Diptera				Zweiflügler
<i>Ibisia marginata</i>		1		Schnepfenfliege (Larven)
Chironomidae Gen. sp.	130	184	66	Zuckmücken (Larven)
Tanytarsini Gen. sp.		4	5	
<i>Dicranota sp.</i>	2	1	1	Stelzmücken (Larven)
<i>Pedicia sp.</i>	3			
<i>Prosimulium hirtipes</i>	4	8	10	Kriebelmücken (Larven)
<i>Simulium sp.</i>	6			

*Viele Wirbellosenarten besitzen keinen deutschen Artnamen.

7 Schlussbetrachtung und Zusammenfassung

Die Wirbellosenbesiedlung der Bachsohle der Durach wurde Anfang April 2011 an drei Probestellen untersucht. Eine Probestelle lag oberhalb der alten Kläranlage und oberhalb der Einleitung des behandelten Abwassers aus der Schilfkläranlage Barga (ARA = Abwasserreinigungsanlage). Zwei Probestellen lagen unterhalb der ARA, eine direkt und eine weitere etwa 1 km unterhalb der Einleitung.

Im Bereich der ARA-Einleitung verläuft die Durach in einem künstlichen Gerinne mit geschlossener Uferverbauung, das jedoch noch eine weitgehend naturnahe Sohle mit einem hohen Anteil an Kies und Steinen aufweist. Die ökomorphologische Situation wurde mit "stark beeinträchtigt" bewertet (Abb. 2). Der unterste beprobte Abschnitt (etwa 1 km unterhalb der Einleitung) wurde hinsichtlich der Morphologie als "wenig beeinträchtigt" eingestuft, die Sohle besteht dort überwiegend aus grobem Substrat wie Blöcken, Steinen und grobem Kies. Die Lebensbedingungen für die Gewässerorganismen sind in naturnahen strukturreichen Bächen oft deutlich besser als in ausgebauten Profilen.

Die Bewertung der Gewässerstrecken erfolgte sowohl mit Methoden des Schweizer Modul-Stufen-Konzepts (Wirbellosen- und Kieselalgenbesiedlung, chemisch-physikalische Parameter) als auch mit dem deutschen EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) konformen Verfahren Asterics/Perlodes. Für die Wirbellosenerhebung im Gelände wurde das ProbenahmeprozEDURE des WRRL-Verfahrens verwendet, welches sich im Kern von der Schweizer Konzeption nicht wesentlich unterscheidet.

In der Durach wurden in der Zeitspanne seit 2005 immer wieder Belastungsschübe durch Stickstoff- und Phosphorverbindungen beobachtet. In einigen Fällen standen diese Schübe in Zusammenhang mit schlechter Witterung und möglicherweise beginnenden Regenfällen, in anderen Fällen sind die Ursachen und Quellen beim vorliegenden Informationsstand unklar. Da die Schilfkläranlage im Normalfall nur mit einer begrenzten Abwassermenge beschickt wird (Zuflussregulierung und Abschlag an der alten Kläranlage), kann eigentlich nicht von einer Kurzschlussströmung bzw. Ausspülung in die Durach in Abhängigkeit von der Witterung ausgegangen werden. Vielmehr führen vermutlich Mischwasserentlastung und weitere punktuelle oder diffuse Eintragsquellen, z. B. aus landwirtschaftlichen Betrieben oder Flächen, zu den beobachteten Belastungsspitzen.

Die Tagesgangmessungen der Sauerstoffsättigung in der Durach 1 km und 8 km unterhalb der Einleitung der ARA zeigen, dass unterhalb von Barga Nährstoffeinträge stattfinden, welche die pflanzliche Aktivität steigern. Hier trägt die Einleitung aus der ARA sicherlich einen Teil bei. Weitere Einträge könnten episodisch durch Mischwasserentlastung erfolgen, diffus z. B. durch Austrag aus landwirtschaftlichen Flächen oder punktuell z.B. aus Anwesen ohne Kanalanschluss oder Ab- und Überläufen von Kleinkläranlagen.

Die Betrachtung der auf Gewässerorganismen potenziell toxisch wirkenden Parameter Ammonium und Nitrit zeigte, dass die in den letzten Jahren registrierten Konzentrationsspitzen, welche sehr wahrscheinlich Einzelereignisse darstellen, Werte erreichen, die sich unter bestimmten Randbedingungen auf empfindliche Organismen wie z.B. Forellenfische (Salmoniden) schädlich auswirken können. Im entsprechenden Kapitel werden ökologisch relevante Grenzwerte speziell für die Bedingungen in der Durach genannt.

Auf Basis der aktuellen Kieselalgenerhebung im Frühjahr 2011 zeigte die Bewertung mit dem Schweizer Kieselalgen-Index, welcher die Belastung sowohl durch Nährstoffe als auch durch organische Stoffe anzeigen soll, dass direkt unterhalb der ARA-Einleitung eine Verschlechterung der Wasserqualität eintritt. Der Index-Anstieg entspricht etwa einer halben Zustandsklasse, ereignet sich jedoch inner-

halb der "sehr guten" Zustandsklasse. Einen Kilometer weiter flussabwärts zeigt sich bereits eine geringfügige Erholung in der Kieselalgenzusammensetzung.

Anhand des deutschen Saprobienindex konnten keine Auswirkungen der ARA-Einleitung ermittelt werden und an allen Probestellen wurde eine "sehr gute" saprobielle Qualität ermittelt. Der beste Saprobienindex wurde an der untersten Probestelle ermittelt. Die Gewässerstruktur anzeigenden Indices bewerteten die kanalisierte Strecke (beide Probestellen ober- und unterhalb der Einleitung) teilweise um eine Zustandsklasse schlechter als die unterste naturnähere Stelle 1 km unterhalb der ARA. Dennoch bewerten alle Teilmodule und Metrics die Probestellen entweder mit "sehr gut" oder "gut" und aus dieser Sicht ist kein Handlungsbedarf abzuleiten.

Die Ergebnisse des Schweizer Makrozoobenthos-Index IBCH bewerten in erster Linie die Diversität der Wirbellosenbesiedlung auf Basis der taxonomischen Ebene der Familie. Hier schneidet die unterste Probestelle tendenziell am schlechtesten ab und erhält im Gegensatz zu den oben ermittelten "guten" Bewertungen die Einstufung "mäßig". Allerdings liegt der entsprechende Indexwert sehr nahe an der Grenze zum "guten Zustand". In erster Näherung kann aus dem IBCH abgeleitet werden, dass die Einleitung keine wesentlichen Unterschiede in der Artengemeinschaft hervorruft.

Die SPEAR-Indices, welche organische Schadstoffe – Xenobiotika – anzeigen sollen, weisen auf einen geringen Eintrag oberhalb der ARA möglicherweise im Ortsbereich hin. Die Einleitung aus der Wurzelraumkläranlage enthält gemäß der genannten Indices keine auf die Wirbellosen wirkenden Schadstoffe. Auch diese beiden Kenngrößen weisen den untersten Probeabschnitt als den am wenigsten belasteten aus, wobei jedoch alle Ergebnisse im Bereich "sehr gut"/"exzellent" sind.

In Zusammenschau aller angewandten Bewertungs-Indices sowie der Kieselalgen-Bewertung lässt sich für das Frühjahr 2011 und die vorgefundene Normalsituation schließen, dass die Einleitung zwar eine negative Auswirkung besitzt, diese sich jedoch örtlich nur sehr eingeschränkt auswirkt und keine große Reichweite im Längsverlauf der Durach besitzt. Es ist zu vermuten, dass bereits im Ortsbereich Barga kleinere Verunreinigungen geschehen. Die negative Auswirkung auf die Wasserqualität wirkt sich in Indexeinheiten etwa ebenso groß auf die Wirbellosenbesiedlung aus wie die strukturellen Defizite der Kanalisierung im Bachabschnitt unterhalb Barga.

Die örtlich sehr eingeschränkt beobachteten Effekte von Sauerstoffdefiziten im Sediment (Eisensulfidflecken auf Steinen) und organischer Belastung (Abwasserpilz) werden durch die im Verhältnis hohe Vorflut schnell aufgehoben und verdünnt.

8 Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Für die Beurteilung der physikalisch-chemischen Situation würde ein Messpunkt oberhalb der Einleitung der Abwasserreinigungsanlage bzw. der Regen- oder Mischwasserentlastung an der alten Kläranlage sowie ggf. oberhalb der Ortschaft Barga Aufschluss über die Herkunft der beobachteten Belastungsspitzen u.a. der Stickstoffparameter geben. Es ist zu beachten, dass die erreichten Konzentrationen von Ammonium und Nitrit eine schädigende Wirkung auf Wirbellose und Fische besitzen können und eine Klärung über deren Herkunft möglicherweise Verbesserungsmöglichkeiten eröffnen würden.

Ein erhöhter oder stark schwankender Eintrag aus der Schilfkläranlage in die Durach ist aufgrund der Durchflussbegrenzung zunächst nicht ableitbar. Eine endgültige Aufklärung könnte eine güte- und mengenbezogene Überwachung des Ablaufs erbringen.

9 Glossar

Allgemeine Degradation. Die Allgemeine Degradation indiziert einerseits Störungen im Gewässer wie z.B. Quer- und Längsverbau, Aufstau, Abflussregulierungen sowie u.a. organische Belastungen, welche sich in der Artengemeinschaft auswirken. Andererseits werden auch Einflüsse aus dem Einzugsgebiet erfasst, wenn z.B. durch erhöhte Erosion von Feinsediment von Äckern oder Schlagflächen die Lebensbedingungen im Gewässer signifikant verschlechtert werden oder anspruchsvolle Arten aus intakten Zuflüssen eindriften und die Vielfalt und damit die ökologische Qualität erhöhen.

Asterics. Software für die Bewertung der Organismengruppe Makrozoobenthos in natürlichen Fließgewässern gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie, welche von einigen EU-Staaten gemeinsam entworfen wurde und welche anhand eines multimetrischen Index (MMI) das Maß der anthropogenen Degradation ermittelt (der Name des Entwicklungsprojektes ist AQEM). Für Deutschland steht ein spezielles Auswertemodul mit dem Namen **Perلودes** zur Verfügung. (Information und Programmdownload auf der Webseite www.fliessgewaesserbewertung.de.)

Biozönose. Artengemeinschaft.

DIN-Arten. Arten, die in der DIN 38 410 mit einem Saprobiewert (= Vorkommensschwerpunkt hinsichtlich des Faktors Wassergüte) und der Gewichtung (= Treue des Vorkommens) aufgeführt sind. Die im Programm ASTERICS/PERLODES durchgeführte Berechnung des Saprobienindex entspricht dem revidierten DIN-Verfahren (2004) nach DIN 38 410.

EPT-Taxa auf Basis von Häufigkeitsklassen (HK) (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera = Eintags-, Stein- und Köcherfliegen). Der Metric berechnet die relative Häufigkeit der genannten Taxa auf der Grundlage von Häufigkeitsklassen.

German Fauna-Index. Grundlage des „Deutschen Fauna Index“ sind artspezifische ökologische Einstufungen, welche eine Maß für die Toleranz von Strukturdefiziten sind. Die Art-Einstufungen sind in der Regel für jeden deutschen Fließgewässertyp speziell angepasst.

Häufigkeitsklassen. Den bei der biologischen Gewässergüteuntersuchung ermittelten Individuenzahlen werden u.a. für die Bestimmung des Saprobienindex Häufigkeitsklassen von 1 bis 7 zugeordnet. Diese gehen als Gewichtungskriterium in die Berechnung der verschiedenen Indices mit ein. Der für eine Probestelle ermittelte Saprobienindex wird als statistisch abgesichert angesehen, wenn eine ausreichende Anzahl an Organismen zur Bioindikation zur Verfügung war: Die Summe der Häufigkeitsklassen soll im Fall des Saprobienindex und des German-Fauna-Index größer als 20 sein.

Bergbachoberlaufarten. Das vermehrte Vorkommen von Oberlaufarten der Bergbäche (> 17%) unterstreicht den Bergbach-Charakter, den ein Gewässer dieser Größe (EZG: 10-100 km²) im naturnahen Zustand besitzt. Die Oberlaufarten gehen zurück wenn Störungen z.B. des natürlichen Fließverhaltens durch Aufstau und Kanalisierung oder des Temperaturregimes aufgrund fehlender Beschattung eintreten.

Makrozoobenthos. Mit dem bloßen Auge erkennbare tierische wirbellose Organismen der Gewässersohle (größer als 2 mm, nach anderer Auffassung größer als 1 mm).

Rheoindex. Der Index gibt das Verhältnis der strömungsliebenden Taxa eines Fließgewässers zu den Stillwasserarten und Ubiquisten an und zeigt Störungen auf, die sich durch die Veränderung des Strömungsmusters (z. B. durch Ausbau oder Aufstau) in der Artengemeinschaft der Mittelgebirgsbäche einstellen.



Saprobie. Summe der (heterotrophen/sauerstoffverbrauchenden) Bioaktivität der Organismengruppen Bakterien, Pilze und Tiere in einem Gewässer. Gegenbegriff zur **Trophie**, welche das Ausmaß der pflanzlichen Produktion eines Gewässers beschreibt. Der **Saprobienindex** ist eine Kenngröße, die auf Basis der Bioindikation mit Makrozoobenthosorganismen (tierische Organismen der Gewässersohle) das Ausmaß der Belastung mit organischen Stoffen bzw. von Sauerstoff zehrenden Prozessen anzeigen soll.

SPEAR_{pesticides}. Zeigt die episodische Belastung durch organische Fremdstoffe (Xenobiotika) an

SPEAR_{organic}. Zeigt die kontinuierliche Belastung mit organischen Schadstoffen (Xenobiotika) an.

Taxon. Bezeichnung für die Einheiten oder Organismengruppen im biologischen System der Pflanzen und Tiere, z.B. Familie, Art oder Gattung sind Taxa.

10 Anhang Methoden

10.1 Anwendung des Schweizer Modul-Stufen-Konzepts Makrozoobenthos (Stufe F) - Methoden und Strategie

In der Bearbeitungsstufe F des Modul-Stufen-Konzepts, welches gemeinsam von BAFU, EAWAG und kantonalen Behörden entwickelt wurde, sollen Fließgewässer des Landes flächendeckend und überblickshaft untersucht und bewertet werden. Eines der biologischen Bewertungskriterien ist die Wirbellosenfauna der Bachsohle (Makrozoobenthos → IBCH, s. auch Tab. 6). Diese Organismengruppe wird als "integrierendes Überwachungsinstrument" angesehen (Stucki 2010), anhand dessen über die anthropogenen Belastungen hinsichtlich Wasserqualität, Morphologie und Hydrologie interpretierende und bewertende Aussagen möglich sind. Des Weiteren soll zur Bewertung der Durach bei Barga das Modul "Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe" zur Beurteilung angewandt werden (Liechti 2010). Zur Diskussion der Bewertung stehen darüber hinaus Bewertungsergebnisse von Kieselalgen-Erhebungen seit 2004 mit dem Diatomeen-Index Schweiz (DI-CH, Hürlimann & Niederhauser 2007, s. auch Tab. 6) zur Verfügung.

Die Berechnung des IBCH wurde auf Basis der bezüglich beprobter Fläche etwas umfangreicheren Probenahme nach AQEM/Star (Probenahme s. www.fliessgewaesserbewertung.de) und der entsprechenden Taxalisten durchgeführt. Hinsichtlich der beprobten Habitate und der Zielsetzung der Probenahme insgesamt besteht kein Unterschied zwischen deutscher (AQEM/Star) und Schweizer Methode (Stucki 2010), so dass die Übernahme der Listen als zulässig angenommen werden kann. Zur Ermittlung des IBCH müssen die für das deutsche Bewertungsverfahren differenzierter ermittelten Taxa z.T. auf Familienebene aufsummiert werden.

Tab. 6: Ableitung der Bewertungsstufe anhand des Schweizer Index IBCH (Stucki 2010) und des Kieselalgenindex DI-CH nach Hürlimann & Niederhauser (2007).

Schweizer Indices zur Fließgewässerbewertung					
Index/Qualitätsklasse	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
IBCH (Wirbellose)	17-20	13-16	9-12	5-8	0-4
DI-CH (Kieselalgen)	< 3,49	3,50 - 4,49	4,5 – 5,49	5,5 – 6,49	> 6,5

10.2 Anwendung der Deutschen Bewertungsmodule Perloides im Europäischen System Asterics - Methoden und Bewertungsgrundlagen

Die Beprobung im Gelände erfolgte nach der AQEM/STAR-Methode (www.fliessgewaesserbewertung.de) und berücksichtigt DIN (Deutsche Industrienorm) 38410 (2004), Haase & Sundermann (2004) sowie Meier *et al.* (2006a). Alle 20 Teilproben (Fläche jeweils 25 x 25 cm) wurden im Gelände lebend sortiert. Belegexemplare wurden in Ethanol konserviert und für die Artbestimmung ins Labor mitgenommen. Die Artdetermination erfolgte unter Berücksichtigung der Operationalen Taxaliste von Haase & Sundermann (Stand Februar 2010).

Auf Basis der Makrozoobenthos-Artenlisten erfolgt die Berechnung des **Saprobienindex** und der **Allgemeinen Degradation** nach EG-WRRL (Meier *et al.* 2006a/b). Die ökologische Bewertung auf Basis der Makrozoobenthos-Artenlisten erfolgt nach EG-WRRL (Meier *et al.* 2006a/b) und wird gewässertypspezifisch durchgeführt. Ebenso die Bewertung mit dem Modul Allgemeine Degradation, welches

für den hier vorliegenden Typ 7 die Einzelmetrics **German Fauna Index 5**, die Summe der Häufigkeitsklassen der **EPT-Taxa**, den **Rheoindex** sowie den Anteil der **Bergbachoberlauf-Besiedler** (Ind. %) berücksichtigt. Eine Beschreibung der Einzelmetrics ist im Glossar enthalten.

Des Weiteren wurden zwei Indices der **SPEAR-Bioindikationsverfahren** (SPEAR = "species at risk") angewandt. Im Rahmen von Forschungsprojekten zur Erarbeitung des SPEAR-Konzepts wurden biologische Indices entwickelt (www.systemecology.eu/SPEAR/index.php), die auf Basis des Vorkommens und der Häufigkeit von Makrozoobenthosarten in Fließgewässern auf die Stressoren Pestizide und organische Schadstoffe (z.B. Petrochemikalien und Tenside) hinweisen (u.a. Beketov et al. 2008, Liess et al. 2008). Die Indices reagieren weitgehend unabhängig von Effekten im Fließgewässer-Kontinuum und gewässertyp-unabhängig. Das heißt jeder Fließgewässertyp in Mitteleuropa kann mit derselben Indexberechnung bewertet werden und es besteht eine hohe Sicherheit der Unabhängigkeit des Ergebnisses von einem möglichen Typ- oder Charakterwechsel des Gewässers im Längsverlauf.

Tab. 7: Grundlagen der Bewertung nach dem deutschen Verfahren PERLODES: Index-Bereiche der Qualitätsklassen für Saprobie, Allgemeine Degradation und Säurezustand. Bewertung mit den SPEAR-Indices nach u.a. Beketov et al. (2008 und 2009).

Saprobie (Fließgewässertyp 7 :Grundzustand 1,45)					
Qualitätsklasse	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Saprobienindex	< 1,60	> 1,60 – 2,10	> 2,10 – 2,75	> 2,75 – 3,35	> 3,35
Allgemeine Degradation					
Qualitätsklasse	sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Bewertungszahl	> 0,8 – 1,0	> 0,6 – 0,8	> 0,4 – 0,6	> 0,2 – 0,4	≤ 0,2 – 0,0
SPEAR-Indices (gewässertyp- und ökoregionsunabhängig)					
Qualitätsklasse	exzellent	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Bewertungszahl	≥ 44	< 44 – 33	< 33 – 22	< 22 – 11	< 11
SPEAR _{pesticide} (Sensitive Taxa %)	≥ 44	< 44 – 33	< 33 – 22	< 22 – 11	< 11
Bewertungszahl					
SPEAR _{organic} (häufigkeitsgewichteter Mittelwert der Taxon- Sensitivität)	-0,4 bis +2,0	-2,5 bis -0,4			

Während der **SPEAR_{pesticides}**-Index (s. Tab. 7) besser auf episodische Belastungen reagieren soll (Liess & Von der Ohe 2005), indiziert der **SPEAR_{organic}** kontinuierliche Belastungen (Von der Ohe & Liess 2004). Insgesamt zeigen beide Indices das Vorkommen bzw. den Rückgang von physiologisch empfindlichen Taxa an (Herr Liess, mündl. Mitt.).

(Bei der Berechnung der Indices auf Basis von Probenbefunden geht bei beiden genannten Indices die Abundanz der Taxa als logarithmisch transformierte Größe – $\log(\text{Abundanz}+1)$ – sowie der Taxon-Score bzw. eine "Sensitivitätszahl" (binäre Größe: 0 = nicht sensitiv gegenüber Pestiziden oder 1 = sensitiv gegenüber Pestiziden) in eine gewichtete Mittelwertbildung ein.)

11 Literatur

- Beketov, M., Foit, K., Schäfer, R., Schriever, C., Sacchi, A., Capri, E., Biggs, J., Wells, C., Liess, M. (2009): SPEAR indicates pesticide effects in streams - comparative use of species - and family-level biomonitoring data. *Environmental Pollution* 157: 1841-1848.
- Beketov, M.A., Liess, M. (2008): An indicator for effects of organic toxicants on lotic invertebrate communities: independence of confounding environmental factors over an extensive river continuum. *Environmental Pollution* 156: 980-987.
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.) (1998): Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. Erarbeitung von Trophieindikationswerten für ausgewählte benthische Algen und Makrophyten. Informationsberichte des Bayerischen Landesamts für Wasserwirtschaft, Heft 4/98.
- DIN 38410 (2004): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung (Gruppe M); Bestimmung des Saprobienindex in Fließgewässern (M 1).
- Environment Canada 2010: Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: Ammonia. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. Canadian Council of Ministers of the Environment. 2010.
- EPA (2009): National Recommended Water Quality Criteria. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Science and Technology (4304T).
- Ettl et al. (Hrsg.) (1986): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae, Band 2/1 (Krammer & Lange-Bertalot). Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Ettl et al. (Hrsg.) (1991): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae, Band 2/4 (Krammer & Lange-Bertalot). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart / Jena.
- Fernández, C., Carbonell, G., Tarazona, J. V. (2004): Scientific bases for the development of water quality objectives in Spain. *Ecotoxicological criteria. Spanish Journal of Agricultural Research* (2004) 2 (3): 361-367.
- Haase, P., Sundermann, A. (2004): Standardisierung der Erfassungs- und Auswertungsmethoden von Makrozoobenthosuntersuchungen in Fließgewässern. Forschungsinstitut Senckenberg Abschlussbericht 2. Projektjahr. 93 S.
- Haase, P., Sundermann, A. (2010): Operationale Taxaliste für Fließgewässer in Deutschland. Forschungsinstitut Senckenberg. <http://www.fliessgewaesserbewertung.de>.
- Hürlimann J., Niederhauser P. (2007): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Kieselalgen Stufe F (flächendeckend). Umwelt-Vollzug Nr. 0740. Bundesamt für Umwelt, Bern. 130 S.
- Koekkoek, E. de (2005): Die ökotoxikologische Ableitung von PNEC-Werten für Ammoniak und Nitrit für österreichische Oberflächengewässer. Gruppe Angewandte Limnologie KEG, Technisches Büro für Biologie-Limnologie, A-6020 Innsbruck.
- Liechti, P. (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. Umwelt-Vollzug Nr. 1005. Bundesamt für Umwelt, Bern. 44 S.
- Liess, M., Schäfer, R., Schriever, C. (2008): The footprint of pesticide stress in communities - species traits reveal community effects of toxicants. *Science of the Total Environment* 406: 484-490.
- Liess, M., Von der Ohe, P. (2005): Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24, 954-965. Liess, M., Schäfer, R., Schriever, C., (2008). The footprint of pesticide stress in communities - species traits reveal community effects of toxicants. *Science of the Total Environment* 406: 484-490.

- LUBW (2010): Biozönotisch bedeutsame Gewässertypen in Baden-Württemberg. Karte 4.1. Bestandsaufnahme 2004/2005, Download-Datum Dezember 2010. WRRL – Zentraler Kartenservice der LUBW Baden-Württemberg. <http://rips-uis.lubw.baden-wuerttemberg.de/rips/wrrl/wrrl.htm>.
- Meier, C., Böhmer, J., Rolaufts, P. & Hering, D. (2006b): Kurzdarstellungen „Bewertung Makrozoobenthos“ & „Core Metrics Makrozoobenthos“. www.fliessgewaesserbewertung.de. (Stand Juni 2006).
- Meier, C., Haase, P., Rolaufts, P., Schindehütte, K., Schöll, F., Sundermann, A. & Hering, D. (2006a): Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-WRRL. <http://www.fliessgewaesserbewertung.de> (Stand Mai 2006).
- Stucki, P. (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026: 61 S.
- Von der Ohe, P., Liess, M. (2004): Relative sensitivity distribution of aquatic invertebrates to organic and metal compounds. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23: 150–156.
- Mauch, E., Hamm, A., Heuss, K., Schaumburg, J., Schmedtje, U., Schmidt, W.D. (1998): Hinweise zur Kartierung der Trophie von Fließgewässern in Bayern. – Anleitung der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung, Stand 22.05.1998; München: 7 S.
- Schreckenbach, K., Steffens, W., Zobel, H. (1987): Technologien, Normen und Richtwerte der Fischproduktion. Institut für Binnenfischerei Berlin.
- Schreckenbach, K., Knösche, R., Ebert, K. (2001): Nutrient and energy content of freshwater fishes. *J. Appl. Ichthyol.* 17, S. 1-3.
- UVM BW (2007): Verordnung des Umweltministeriums über die Qualität von Fischgewässern (Fischgewässerverordnung) vom 28. Juli 1997 (GBl. S. 340). zuletzt geändert durch Artikel 128 der Verordnung vom 25. April 2007 (GBl. Nr. 9, S. 252) in Kraft getreten am 16. Juni 2007.