



***Gewässerqualität des Fischingerbaches im Bereich der ARA
Schupfart: Zustand vor der Sanierung***

Ambio GmbH, Dezember 2006

Herausgeber

Departement
Bau, Verkehr und Umwelt
Abteilung für Umwelt

Projektleitung

Arno Stöckli, Abteilung für Umwelt, Sektion Boden und Wasser

Autor

Markus Haberthür, Ambio GmbH, Zürich

Mitarbeit

Guido Erni, Untersiggenthal

Titelblatt: ARA Schupfart

Inhalt

Zusammenfassung	5
1. Anlass der biologischen Erfolgskontrollen	7
2. Gewässerbeurteilung nach Modul-Stufen-Konzept	
2.1 Ausgewählte Kriterien für die Erfolgskontrollen	9
3. Untersuchungsablauf und Probenahmeorte	11
3.1 Untersuchungsablauf	11
3.2 Probenahmestellen	11
4. Ergebnisse	13
4.1 Äusserer Aspekt	13
4.2 Gewässerqualität gemäss der Kieselalgenindikation	14
5. Beurteilung des heutigen Zustandes	15
6. Literatur	17
Anhang A1: Übersichtsbild mit ARA und Lage der Probenahmestellen	18
Anhang A2: Daten der Kieselalgen	19
Anhang A3: Daten des Äusseren Aspektes	21
Anhang A4: Methoden	22
1. Beurteilung des „Äusseren Aspektes“	22
2. Beurteilung der Wasserqualität anhand der Kieselalgen	24

Zur Überprüfung der Einleitungsbedingungen der ARA Schupfart wurde 1997 der biologische Zustand des Fischingerbaches im Einflussbereich der ARA untersucht und in einem ersten Bericht dargelegt. Der jetzt vorliegende zweite Bericht berücksichtigt die Ergebnisse einer weiteren Untersuchung im Jahr 2006. Der sichtbare Bewuchs mit Einzellern ist im Untersuchungsabschnitt heute immer noch sichtbar. Gemäss den Kieselalgen verfehlt die stoffliche Gesamtbelastung unterhalb der ARA auch heute noch die ökologischen Ziele. Weiter entsprechen verschiedene Kriterien des äusseren Aspektes wie Trübung, Schaumbildung und Geruch nicht den gesetzlichen Anforderungen. Insgesamt sind in der untersuchten Gewässerstrecke verschiedene Anforderungen und Ziele der Gewässerschutzverordnung noch nicht eingehalten. Die Sanierung der Abwasserreinigung von Schupfart ist daher dringend erforderlich.

Anlass zur biologischen Erfolgskontrolle

Im Rahmen der ARA-Ausbauphase der 90er Jahre sieht das Gewässerschutzkonzept der Abteilung für Umwelt als Begleitmassnahme vor, die Kläranlagen einer Erfolgskontrolle zu unterziehen. Die erste Prüfung der ARA Schupfart erfolgte 1997 und zeigte den dringenden Sanierungsbedarf auf. Statt eines Ausbaus steht heute der Anschluss an die ARA Wallbach oder an die ARA Möhlin im Vordergrund. Die jetzige Zustandsaufnahme erlaubt es, die Situation vor der Sanierung als Basis für die spätere Erfolgskontrolle zu zeigen.

Untersuchte Qualitätskriterien

Für die Erfolgskontrolle wurde der Fischingerbach je an einer Stelle ober- und unterhalb der Abwassereinleitung der ARA Schupfart untersucht. Die Beurteilung der Wasserqualität erfolgte entsprechend ausgewählter Anforderungen und ökologischer Ziele der Gewässer-

schutzverordnung. Die Proben wurden am 1. Juli 1997 und 19. Juni 2006 genommen.

Gewässerzustand vor der Sanierung

Der äussere Aspekt des Fischingerbaches hat sich seit 1997 nicht wesentlich verbessert. Nach wie vor ist der Fischingerbach unterhalb der ARA leicht getrübt, neigt zu Schaumbildung und ist geruchlich beeinträchtigt. Die entsprechenden Anforderungen (GSchV, Anhang 2, Ziffer 11, Absätze 2a, 2b, 2c und Ziffer 12, Absatz 1a) sind folglich nicht alle eingehalten.

Die Häufigkeit der Einzellerkolonien ist im Vergleich zur früheren Untersuchung an beiden Stellen zurückgegangen aber noch nicht verschwunden. Die Anforderung der GschV, Anhang 2, Ziffer 11, Absatz 1a ist noch nicht erfüllt.

Der pflanzliche Sohlenbewuchs hat sich an der Bachsohle kaum verändert. Infolge der starken Beschattung durch Wald und Ufergehölze kann der heutige Bewuchsgrad durch Fadenalgen und höhere Wasserpflanzen nicht als lästige Pflanzenwucherung im Sinne der GSchV (Anhang 2, Ziffer 11, Absatz 1a) bezeichnet werden.

Das Kieselalgenspektrum vermittelt im Jahr 2006 hinsichtlich der stofflichen Gesamtbelastung ein besseres Bild als 1997. Der Diatomeen-Index Schweiz (DI-CH) erfüllt aber die ökologischen Ziele der GSchV (Anhang 1, Ziffer 1, Absatz 1c) unterhalb der Einleitung noch nicht. Eine differenzierte Betrachtung bezüglich stofflicher Komponenten ergibt, dass die organische Belastung seit 1997 an beiden Stellen deutlich zurückging.

Im Gegensatz zur Verbesserung bei den organischen Stoffen ist der Düngungsgrad des Fischingerbaches bezüglich anorganischer Nährstoffe gleich geblieben. Der Fischingerbach ist an beiden Stellen immer noch „stark gedüngt.“

Handlungsbedarf

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass durch die Vorbelastung und den Belas-

tungsbeitrag aus der ARA Schupfart der Zustand des Fischingerbaches den heutigen Anforderungen des qualitativen Gewässerschutzes noch nicht genügt. Eine Sanierung der Abwasserbehandlung erweist sich als dringend.

1. Anlass der biologischen Erfolgskontrollen

Die kantonalen Gewässerschutzfachstellen sind gemäss Gewässerschutzgesetz (GSchG) Art. 50 verpflichtet, die Massnahmen zum Gewässerschutz zu prüfen und die Öffentlichkeit über den Zustand der Gewässer in Bezug auf die gesetzlich festgelegten Anforderungen zu informieren.

Die ökologischen Ziele und Anforderungen an die Wasserqualität für Fliessgewässer sind in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 formuliert. Neben den Grenz- und Richtwerten für chemische und physikalische Parameter umschreibt die Verordnung auch Anforderungen für den äusseren Aspekt (Farbe, Geruch, Trübung etc.) sowie den heterotrophen und pflanzlichen Bewuchs der Gewässersohle (Anhang 2). Die ökologischen Ziele streben bezüglich der organischen Belastungen (Saprobie) und anorganischem Nährstoffeintrag (Trophie) einen Verhältnisse an, der für nicht oder nur schwach belastete Gewässer typisch sind (Anhang 1).

In methodischer Hinsicht ergänzen sich die chemischen und biologischen Qualitätskriterien gegenseitig. Während chemische Untersuchungen in der Regel Momentaufnahmen der stoffspezifischen Wasserqualität darstellen, widerspiegeln die biologischen Erhebungen die längerfristige die Wirkung der Belastungsfaktoren auf die Lebensprozesse im Gewässer. So können z.B. aus der Organismenzusammensetzung Rückschlüsse auf die Belastungsvorgänge im Gewässer gezogen werden. Diese können nicht nur stoffliche Aspekte, sondern auch hydrologische und gewässermorphologische Stressfaktoren umfassen. Biologische Methoden eignen sich besonders für Erstaufnahmen der Wasserqualität und um Qualitätsänderungen im Laufe eines Sanierungsvorhabens festzustellen.

Gestützt auf dem Grobkonzept für den Gewässerschutz der 90er [12] Jahre und den Folgerungen eines Berichtes der Abteilung für Umwelt vom Juni 1993 zum Zustand der aargauischen Fliessgewässer [13] wurden die Ziele für

die biologische Überwachung der Gewässergüte im Kanton Aargau definiert. Diese sind:

1. Erweiterung der Beurteilung der Wasserqualität auf die biologischen Qualitätsziele (Langzeitkontrolle)
2. Erfolgskontrolle der weitergehenden Abwasserreinigung (ARA-Ausbauphase der 90er Jahre) bezüglich der biologischen Gewässergüte
3. Flächendeckender Überblick über die biologische Wasserqualität (Optimierung des Mitteleinsatzes zur Feststellung von Abwasserunreinigungen)
4. Nachweis von akuten Gewässerverschmutzungen (Schadenfälle)

Der vorliegende Bericht betrifft Punkt 2 des Untersuchungsprogrammes.

Mit einer ersten Untersuchung 1997 wurden die Einleitungsbedingungen überprüft. Das Ergebnis zeigte den dringenden Sanierungsbedarf auf. Ein Variantenvergleich der Gemeinde Schupfart legte den Zusammenschluss mit der ARA Wallbach nahe. Der Abwasserverband Wallbach studiert seinerseits einen möglichen Anschluss an die ARA Möhlin. Die vorliegende Untersuchung 2006 bildet die Basis für die spätere Erfolgskontrolle. Sie beschreibt die Situation vor der Sanierung.

2. Gewässerbeurteilung nach Modulstufenkonzept

Das Gewässerschutzgesetz (GSchG) verlangt nicht nur die Erhaltung einer guten Wasserqualität und der vielfältigen Funktionen der Gewässer als Lebensraum für Pflanzen und Tiere, sondern auch eine nachhaltige Nutzung durch den Menschen. Für die Überwachung von Fließgewässern ergeben sich daraus unterschiedlichste Anforderungen und Qualitätskriterien, welche in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) und im „Modul-Stufen-Konzept zur Untersuchung der Fließgewässer“ [11] beschrieben sind.

Bereiche	Module	Stufen		
	Äusserer Aspekt	–	–	–
Hydrologie und Morphologie	Abflussverhalten	F	S	A
	Gewässerform	F	S	A
Biologie	Kieselalgen	F	–	A
	Wasser- und Sumpfpflanzen	F	S	A
	Ufervegetation	F	S	A
	Wirbellose	F	S	A
	Fische	F	S	A
Stoffe	Chemie	F	S	A
	Umwelt-schädlichkeit	F	S	A

Figur 1: Bei den ARA-Erfolgskontrollen zur Anwendung gelangte Bewertungsmodule des Modul-Stufen-Konzeptes.

Das Modul-Stufen-Konzept wird der Notwendigkeit gerecht, dass die Bewertung von Fließgewässern entsprechend der Problemstellung mit unterschiedlichen und differenzierten Ansätzen erfolgen muss. Es unterscheidet zwischen den drei Fließgewässerbereichen „Abflussverhalten und Gewässerformen“, „Gewässerorganismen“, und „Wasserinhaltsstoffe“. Dazu bietet es gegenwärtig 10 Bewertungsmodule, mit denen sich die Gewässer flächendeckend (Stufe F), systembezogen (Stufe S) und abschnittsweise (Stufe A) bewerten lassen (Figur 1). Dabei ist festzuhalten, dass die Bewertung je nach Modul und Stufe eine unterschiedliche zeitliche Gültigkeit hat.

2.1 Ausgewählte Kriterien für die Erfolgskontrollen

Zur Erfolgskontrolle des ARA-Ausbauprogrammes erwies sich eine Bewertung nach den Modulen **Kieselalgen, Stufen A und F** und **Äusserer Aspekt** am zweckmässigsten und kostengünstigsten.

Modul Äusserer Aspekt

Der äussere Aspekt eines Gewässers wurde gemäss dem entsprechenden Modul [1] nach 7 Kriterien geprüft und bewertet. Die Kriterien „Kolmation“ und „Feststoffe“ sind nicht bewertet.

Kriterium	Bewertung		
heterotropher Bewuchs	kein	<25%	≥25%
Eisensulfid	kein	<25%	≥25%
Schlamm	kein	wenig/mittel	viel
Schaum	kein	wenig/mittel	viel
Trübung	keine	leicht/mittel	stark
Verfärbung	keine	leicht/mittel	stark
Geruch	kein	leicht/mittel	stark
Kolmation	keine	leicht/mittel	stark
Feststoffe	keine	vereinzelt	viele

starke Beeinträchtigung, GSchV nicht erfüllt. Massnahmen gemäss GSchV, Art. 47	
schwache bis mässige Beeinträchtigung, GSchV nicht erfüllt. Massnahmen nach Art. 47	
keine Beeinträchtigung, GSchV erfüllt. Keine Massnahmen	

Figur 2: Bewertungskriterien und Bewertungsskala des Moduls „äusserer Aspekt“.

Modul Kieselalgen, Stufe F

Im Modul „Kieselalgen“ [2] wird die aus den Proben ermittelte Indexzahl nach einer fünfstufigen Skala bewertet. Der schweizerische Diatomeenindex (DI-CH) erlaubt die Beurteilung der Wasserqualität auf Stufe F (generelle Indikatoren der chemischen Belastung).

DI-CH	Bewertung	
1.00-3.49	sehr gut	GSchV erfüllt
3.50-4.49	gut	
4.50-5.49	mässig	GSchV nicht erfüllt
5.50-6.49	unbefriedigend	
6.50-8.00	schlecht	

Figur 3: Bewertungskriterien und Bewertungsskala des Moduls „Kieselalgen“ auf der Stufe F.

Bei den Stufen „sehr gut“ und „gut“ sind die

Anforderungen der Gewässerschutzverordnung (GSchV) erfüllt, bei den Stufen „mässig“, „unbefriedigend“ und „schlecht“ hingegen nicht.

Modul Kieselalgen, Stufe A

Die Zusammensetzung der Kieselalgen wurde zudem nach weiteren Zeigereigenschaften untersucht, die eine differenziertere Beurteilung hinsichtlich der Saprobie und der Trophie ermöglicht. Die Methode von Lange-Bertalot [4], Hofmann [7] und Reichardt [8] nutzt vor allem die saprobiologischen Eigenschaften (= Wirkung der organischen Belastung auf die Kieselalgenzusammensetzung) der Kieselalgen. Sie bewertet die organische Belastung nach folgenden 7 Stufen.

Gewässergütestufe		
I	oligosaprob	GSchV erfüllt
I - II	oligo – β-mesosaprob	
II	β-mesosaprob	
II - III	β-mesosaprob – α-mesosaprob	GSchV nicht erfüllt
III	α-mesosaprob	
III - IV	α-mesosaprob – polysaprob	
IV	polysaprob	

Figur 4: Bewertungsskala der Saprobie nach Lange-Bertalot, Hofmann und Reichardt.

Tropiestufen	Indexbereiche
unbelastet (oligotroph)	1.0 – 1.4
schwach belastet (oligotroph-mesotroph)	1.5 – 1.8
deutlich belastet (mesotroph)	1.9 – 2.2
kritisch belastet (mesotroph – eutroph)	2.3 – 2.7
auffallend belastet (eutroph)	2.8 – 3.1
stark belastet (eutroph – hypertroph)	3.2 – 3.5
sehr stark belastet (hypertroph)	3.6 – 4.0

Figur 5: Bewertungsskala der Trophie nach Schiefele und Kohmann.

Die Methode von Schiefele und Kohmann [6]

erlaubt es, anhand der Kieselalgenzusammensetzung die Nährstoffumsetzung (Trophie) in einem Fließgewässer anhand eines Trophieindex abzuschätzen. Dabei wird nach 7 Trophiestufen unterschieden.

3. **Untersuchungsablauf und Probenahmeorte**

3.1 **Untersuchungsablauf**

Die Untersuchung erfolgte im Auftrag der Abteilung für Umwelt durch die Firma Ambio GmbH in Zürich. Die Proben wurden an den gleichen Stellen wie 1997 erhoben. Die Probenahme und Felderhebung fanden am 19. Juni 2006 statt.

Bei den Feldarbeiten wurden die Merkmale des äusseren Aspektes erhoben und Kieselalgenproben genommen.

Die Kieselalgenproben wurden im Feld fixiert, im Verlauf des Sommers durch einen spezialisierten Botaniker (G. Erni) aufbereitet und hinsichtlich der Zusammensetzung und Häufigkeit der Kieselalgenarten bestimmt.

3.2 **Probenahmestellen**

Die Lage der Probenahmestellen ist in der Karte im Anhang A1 ersichtlich. Die zwei Probenahmestellen sind in den Abbildungen 1 und 2 abgebildet.

Stelle 1 befindet sich unmittelbar vor der Strassenbrücke ca. 50 m oberhalb des ARA-Ausflusses. Die Ufer sind beidseitig mit dichtem Bachgehölz bewachsen. Das Bachbett wird dadurch stark beschattet. Im Bereich der Wasserlinie ist das Gerinne verbaut. Die Gewässersohle besteht aber aus natürlichem Material mit breiter Korngrössenverteilung.



Probenahmestelle oberhalb der Einleitung der ARA Schupfart mit Blickrichtung bachaufwärts

Stelle 2 befindet sich rund 100 m unterhalb der

Abwassereinleitung. Beidseitig werden die Ufer von einem dichten Bachgehölz gesäumt. Durch die gänzlich schliessenden Kronen wird auch dieser Abschnitt stark beschattet. Aufgrund der natürlichen Gewässersohle und dem deutlichen Gefälle hat der Fischingerbach an beiden Stellen einen turbulenten Lauf.



Probenahmestelle unterhalb der Einleitung der ARA Schupfart mit Blickrichtung bachaufwärts

Beide Probenahmestellen haben sich seit der früheren Untersuchung kaum verändert.

4. Ergebnisse

4.1 Äusserer Aspekt

Schlamm, Trübung, Verfärbung, Schaum, Geruch und Eisensulfid

Bei der Untersuchung 1997 zeigten sich zwischen den beiden Probenahmestellen deutliche Unterschiede. Oberhalb der ARA war im Fischingerbach keines der 6 Merkmale zu beanstanden. Die Abwässer der ARA veränderten die Situation im Abschnitt unterhalb drastisch. Sie führten zu Schlammablagerungen und Eisensulfidablagerungen, welche ein Zeichen für temporäre Sauerstoffdefizite in den Zwischenräumen der Gewässersohle ist. Weiter neigte das Wasser zum Zeitpunkt der Feldaufnahme zu leichter Schaumbildung, war leicht getrübt und geruchlich beeinträchtigt. Da bei der ARA damals keine ausserordentlichen Betriebsbedingungen herrschten, kann angenommen werden, dass die festgestellten Beeinträchtigungen keine Ausnahmesituation darstellten.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien					
		Schlamm- bildung	Trübung	Verfä- bung	Schaum	Geruch,	Eisen- sulfid
oberhalb ARA	1997	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	wenig	kein	0%
ARA-Einlauf							
unterhalb ARA	1997	wenig	wenig	keine	wenig	gering	7%
	2006	keine	gering	keine	wenig	gering	0%

Beurteilung der Merkmale des äusserern Aspektes im Fischingerbach an den 2 Probenahmestellen oberhalb und unterhalb der ARA Schupfart in den Jahren 1997 und 2006 (Erläuterungen siehe im Text).

Bis zum Jahr 2006 hat sich die Situation nicht grundlegend geändert. Im Bachabschnitt unterhalb der ARA-Einleitung sind nach wie vor Schaumbildungstendenzen, leichte Trübungen und geruchliche Beeinträchtigungen festzustellen. Dagegen ist die Verschlammung verschwunden und die Sohle ausreichend mit Sauerstoff versorgt (keine Eisensulfidflecken mehr).

Es ist festzuhalten, dass im Abschnitt des Fischingerbaches unterhalb der ARA-Einleitung

immer noch 3 der 6 untersuchten Merkmale zu beanstanden sind.

Heterotropher Bewuchs

Der früher starke Bewuchs durch sichtbare Kolonien von heterotrophen Organismen (Ciliaten und Sphaerotilus) ist an beiden Stellen deutlich zurückgegangen. Allerdings besteht zwischen den beiden Stellen immer noch ein erheblicher Unterschied. Während heute an der Stelle oberhalb der ARA 3% der Steine sichtbare Kolonien von heterotrophen Organismen aufweisen, treten sie an der Stelle unterhalb der Einleitung noch bei 27% auf (siehe Tabelle 6). 1997 lagen die Häufigkeiten bei 37% bzw. 93%. Der noch bestehende Bewuchs setzt sich ausschliesslich aus Ciliaten zusammen und dürfte zum einen Teil auf die organische Vorbelastung aus dem Bachabschnitt oberhalb des Untersuchungsperimeters und zum andern Teil auf abbaubare organische Stoffe im Abwasser der ARA zurückzuführen sein.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien				
		het. Bewuchs	Algen- dichte	Algendeck- ung gesamt	Algendeck- ung KG1-3	Planzen, Moose
oberhalb ARA	1997	37%	3	5%	5%	2-3
	2006	3%	1-2	<10%	<10%	1-2
ARA-Einlauf						
unterhalb ARA	1997	93%	3-4	30%	45%	3-4
	2006	27%	1-2	10-50%	10-50%	<2-3

Heterotropher und pflanzlicher Bewuchs im Fischingerbach an den Probenahmestellen oberhalb und unterhalb der ARA Schupfart 1997 und 2006 (Erläuterungen siehe im Text).

Pflanzlicher Bewuchs

Die Deckung der Gewässersohle mit Fadenalgen ist seit 1997 praktisch gleich geblieben. Sie liegt sowohl oberhalb wie unterhalb der früheren ARA-Einleitung nicht über 30%. Parallel zum Deckungsgrad der Sohle zeigen auch die andern Merkmale keinen übermässigen pflanzlichen Bewuchs. An Steinen mit Korngrössen zwischen 1 und 3 liegt der Deckungsgrad ebenfalls unter 50%. Dies schlägt sich auch in der Bewuchsdichte nieder, welche an beiden Stellen von 3-4 auf den Indexwert 1-2 zurück-

ging. Der Makrophyten- und Moosbewuchs hat sich etwa im selben Ausmass vermindert. Der heute geringe pflanzliche Bewuchs ist vor allem mit der guten Beschattung der Bachsohle zu erklären. Der numerische Unterschied zwischen den beiden Stellen und liegt unter der Schätzgenauigkeit der Erhebung.

Bezüglich der festgestellten wirbellosen Tiere fällt auf, dass Wasserasseln und Egel, beides Indikatoren für organisch stark belastete Gewässer, auch 2006 an den beiden Stellen fehlen. Ein komplementäres Vorkommen von belastungsempfindlichen Wirbellosen konnte aber nicht festgestellt werden.

4.2 Gewässerqualität gemäss der Kieselalgenindikation

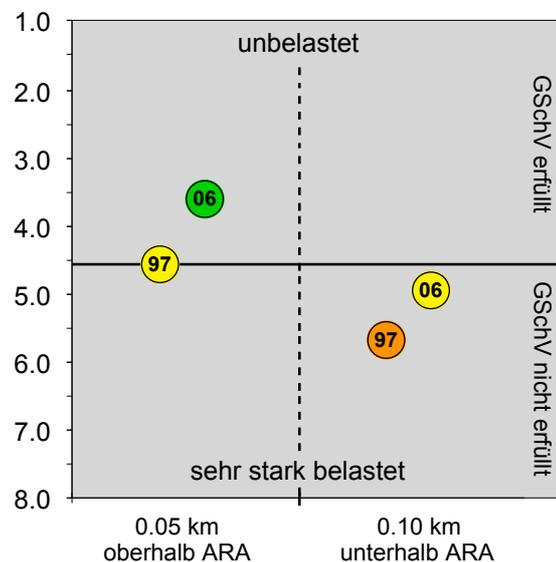
Obwohl die stoffliche Belastung des Fischingerbaches gemäss der Kieselalgenindikation seit 1997 zurückging, ist sie heute unterhalb der ARA Schupfart noch zu hoch. In Bezug auf die organischen Substanzen ist dieser Gewässerabschnitt „mässig“ (β -mesosaprob) belastet. Hinsichtlich der anorganischen Nährstoffe hat sich die Situation verbessert. Der Fischingerbach ist aber immer noch „kritisch“ (mesotroph-eutroph) mit anorganischen Nährstoffen gedüngt.

Stoffliche Gesamtbelastung (DI-CH)

Die stoffliche Gesamtbelastung, bewertet nach dem schweizerischen Diatomeen-Index (DI-CH), zeigt in beiden Jahren einen deutlichen Unterschied zwischen der Stelle oberhalb der ARA-Einleitung und der Stelle unterhalb. Bei beiden Untersuchungen verursachen die Abwässer im Fischingerbach eine Indexverschlechterung von 1.2 Einheiten. Die Verschlechterung findet aber auf verschiedenen Indexniveaus statt. Wohl hat sich die Situation seit der letzten Untersuchung etwas verbessert, die ökologischen Ziele sind jedoch unterhalb der ARA noch nicht erreicht (siehe Figur 6).

Kieselalgenarten, die aufgrund ihres Indikationsgewichtes und der gefundenen Häufigkeit

das Ergebnis 2006 massgeblich beeinflussten sind: *Achnanthes atomus*, *Achnanthes minutissima* var. *Jackii*, *Amphora inariensis*, *Navicula atomus permitis* und *Navicula saprophila*. Dabei zeigt sich, dass *Achnanthes atomus*, *Achnanthes minutissima* var. *Jackii*, *Amphora inariensis* mit Indikationswerten D von 3.0, 1.0, und 3.0 an der Stelle vor der ARA deutlich häufiger auftraten, während die Häufigkeit von *Navicula atomus permitis* und *Navicula saprophila* mit Indikationswerten von 6.0 bzw. 7.0 an der Stelle unterhalb der ARA-Einleitung wesentlich grösser war als an der oberhalb gelegenen Stelle.



Figur 6: Belastungssituation im Fischingerbach 1997 und 2006 oberhalb und unterhalb der ARA Schupfart nach dem schweizerischen Diatomeenindex (DI-CH).

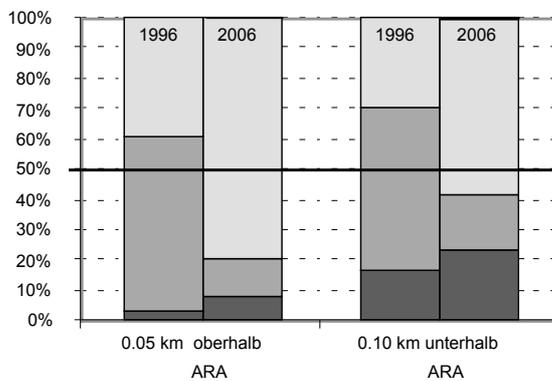
Saprobie

Die Häufigkeitsverteilung der Kieselalgen auf die vier Differenzialartengruppen nach Lange-Bertalot [4] und Hofmann [7] bewertet die organische Belastung (Saprobie) an den beiden Probenahmestellen (Figur 7). An der Stelle oberhalb der ARA-Einleitung hat seit 1997 eine starke Verschiebung von der belastungstoleranten zur der sensiblen Artengruppe stattgefunden. Sie ist hauptsächlich auf den Rückgang

der toleranten Art *Amphora pediculus* von 52.5% (1997) auf 7.5% (2006) zurückzuführen. Demgegenüber haben bei der sensiblen

Artengruppe speziell die Häufigkeiten von *Achnanthes atomus* und *Amphora inariensis* zugenommen. Weiter treten 2006 sechs sensible Arten neu auf. Gleichzeitig ist aber auch die Häufigkeit der resistenten Artengruppe von 2.6% auf 7.5% gestiegen. Die Artenlisten der resistenten Gruppen beider Jahre sind praktisch identisch und der Zuwachs verteilt sich auf alle Arten.

An der Stelle unterhalb der früheren ARA-Einleitung ist der Anteil der resistenten Artengruppe ebenfalls von 15.9% (1997) auf 22,6% (2006) angestiegen. Auch hier verteilt sich der



Figur 7: Prozentuale Häufigkeit der Kieselalgen, die auf die Belastung mit organischen Stoffen hochsensibel (weiss), sensibel (hellgrau), tolerant (grau) und resistent (dunkelgrau) reagieren. Verglichen werden am Fischingerbach die Stellen ober- und unterhalb der ARA Schupfart in den Jahren 1997 und 2006

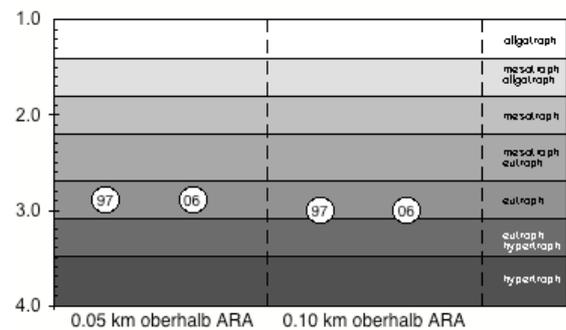
Zuwachs auf mehrere Arten, wobei aber die neu auftretende *Navicula saprophila* mit 11.4% wesentlich dazu beiträgt. Der wichtigste Unterschied zwischen den beiden Untersuchungen ist aber die starke Verschiebung der Häufigkeiten von der toleranten zur sensiblen Artengruppe. Dabei sind beim Vergleich der beiden Untersuchungsjahre einerseits die bedeutend Abnahme der toleranten Art *Amphora pediculus* und die wesentlich grösseren Häufigkeiten bei den sensiblen Arten *Achnanthes minutissima* und *Navicula cryptotenella* Ausschlag gebend.

An beiden Stellen des Fischingerbaches hat sich die organische Belastung zwischen 1997 und 2006 von der Gewässergütestufe II-III zur Stufe II verbessert. Damit würde der heutige Grad der organischen Belastung die ökologischen Ziele nach Anhang 1, Ziffer 1, Absatz 1b der GSchV wieder erfüllen.

Trophie

In Bezug auf die Düngung mit anorganischen Nährstoffen unterscheiden sich die beiden Probenahmestellen im Jahr 2006 mit Indexwerten 2.9 und 3.0 nicht signifikant. Der Tropical Diatom Index (TDI) liegt an beiden Stellen in der eutrophen Stufe (siehe Figur 8). Damit ist die heutige Situation mit der von 1997 identisch. Ein sichtbarer Düngungseinfluss der ARA Schupfart ist bei beiden Untersuchungen nicht ersichtlich.

Daraus kann geschlossen werden, dass der Fischingerbach vor allem durch diffuse Belastungen mit Phosphor und Stickstoff aus seinem Einzugsgebiet ein nährstoffreiches Gewässer ist.



Figur 8: Tropical Diatom Index für die Summe des anorganischen Phosphors und Stickstoffs. Verglichen werden am Fischingerbach die Stellen ober- und unterhalb der ARA Schupfart 1997 und 2006.

5. Beurteilung des heutigen Zustandes.

Hinsichtlich der äusseren Merkmale sind im Fischingerbach ober- und unterhalb der ARA nicht alle geprüften Anforderungen (GSchV, Anhang 2, Ziffer 11, Absätze 2a, 2b, 2c und Ziffer 12, Absatz 1a) eingehalten. Weiter ist der früher an beiden Stellen starke Einzellerbewuchs heute wohl deutlich geringer, die entsprechen-

de Anforderung (GschV, Anhang 2, Ziffer 11, Absatz 1a) ist aber noch nicht erfüllt. Dagegen sorgt die starke Beschattung in diesem Gewässerabschnitt dafür, dass der pflanzliche Bewuchs der Gewässersohle die entsprechende Anforderung (GschV, Anhang 2, Ziffer 11, Absatz 1a) erfüllt.

Wie die Kieselalgenuntersuchung zeigt, erfüllt der Fischingerbach unterhalb der ARA die gesetzten ökologischen Ziele bezüglich der organischen Belastung (GschV, Anhang 1, Ziffer 1, Absatz 3c) hinsichtlich der stofflichen Gesamtbelastung (GschV, Anhang 1, Ziffer 1, Absatz 1c) jedoch noch nicht. Zudem ist der Bach in diesem Abschnitt immer noch stark gedüngt.

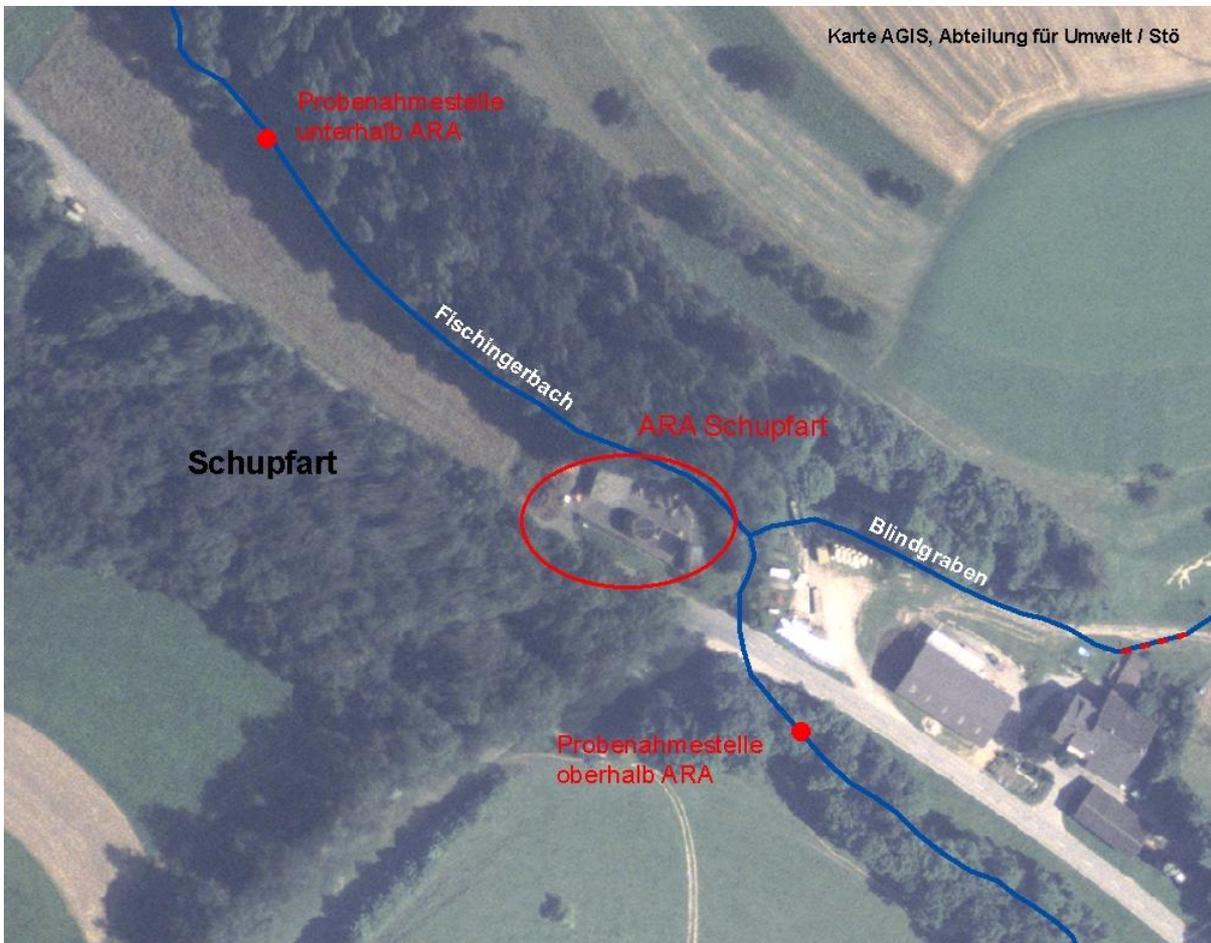
Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass durch die Vorbelastung und den Belastungsbeitrag aus der ARA Schupfart der Zustand des Fischingerbaches den heutigen Anforderungen des qualitativen Gewässerschutzes noch nicht genügt.

Mit der geplanten Sanierung der Abwasserreinigung in Schupfart und einer Behandlung des Regenwassers kann eine wesentliche Verbesserung der Wasserqualität erwartet werden.

6. Literatur

- [1] Binderheim E., Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: *Äusserer Aspekt*. BUWAL, Bern 2006
- [2] Niederhauser P., Hürlimann J., Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: *Kieselalgen Stufe F*. BUWAL, Bern, 30. März 2006
- [3] Thomas E. A., Schanz F. (1976): Beziehungen zwischen Wasserchemismus und Primärproduktion in Fließgewässern, ein limnologisches Problem. Vierteljahresschrift Natf. Ges. Zürich, 121, 309-317.
- [4] Lange-Bertalot H. (1978): Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: ein geeignetes Kriterium der Gewässerbelastung. Arch. Hydrobiol./Suppl. 51, 393-427.
- [5] Kramer K., Lange-Bertalot H. (1988): In Ettl H., Gerloff J., Heynig H., Molenhauer D. (Hrsg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/2, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- [6] Schiefele S., Kohmann F. (1993): Bioindikation der Trophie in Fließgewässern. Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Forschungsbericht Nr. 102 01 504, 211 S. mit Anhang.
- [7] Hofmann G. (1987): Diatomeengesellschaften saurer Gewässer des Odenwaldes und ihre Veränderungen durch anthropogene Faktoren. Diplomarbeit im Fachbereich Biologie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, 264 S.
- [8] Reichardt E. (1991): Beiträge zur Diatomeenflora der Altmühl. 3. Teil: Wasserqualität und Diatomeenbesatz. Algologi
- [9] Erni G., Preisig H.R., (1994): Hydrobiologische Untersuchungen am Unterlauf der Thur (Kanton Zürich, Schweiz) - II. Algen. Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in schenden Gesellschaft in Zürich 139, Heft 2, 71-78.
- [10] Uehlinger U. (1994): Sauerstoff in der Glatt: Photosynthese, Respiration und Sauerstoffhaushalt in einem anthropogen stark beeinflussten Mittellandfluss (Glatt, Kt. Zürich). Gas Wasser Abwasser 74, Heft 2, 123-128.
- [11] BUWAL (1998): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Modul-Stufen-Konzept. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 26, Bern.
- [12] Kanton Aargau, Regierungsrat (1990): Stand und Entwicklung des Gewässerschutzes im Aargau – Grobkonzept der 90er Jahre, Aarau 1990.
- [13] Kanton Aargau, Abteilung Umweltschutz (1993). Bericht zum Zustand der aargauischen Fließgewässer – Untersuchung 1990/91. Aarau, Juni 1993.

Anhang A1: Übersichtsbild mit ARA und Lage der Probenahmestellen



Koordinaten:

Stelle oberhalb ARA: 639.087/263.125

Stelle unterhalb ARA: 639.000/263.225

Anhang A2: Daten der Kieselalgen

ARA Schupfart: Artenliste der Kieselalgen 2006		
Taxa	Relative Häufigkeit [%]	
	0.05 km oberhalb der ARA	0.10 km unterhalb der ARA
resistente Arten	7.5	22.6
Achnanthes minutissima var. saprophila (KOBAYASI-MAYA.)	0.0	1.7
Navicula atomus var. atomus (KÜTZING)	0.7	0.6
Navicula atomus var. permitis (LANGE-B.)	2.6	5.8
Navicula minima (GRUNOW in VAN HEURCK)	1.5	0.6
Navicula saprophila (LANGE-B.)	2.7	11.4
Navicula subminuscule (MANGUIN)	0.0	2.4
Nitzschia palea (W. SMITH)	0.0	0.2
tolerante Arten	12.2	18.7
Amphora pediculus (GRUNOW)	7.5	11.4
Cymbella minuta (HILSE ex RABENHORST)	0.5	0.2
Gomphonema olivaceum var. olivaceum (BREBISSON)	1.6	2.8
Navicula gregaria (DONKIN)	0.2	1.3
Navicula lanceolata (EHRENBERG)	0.2	0.4
Navicula tripunctata (BORY)	1.5	1.5
Nitzschia amphibia	0.0	0.4
Nitzschia paleacea (GRUNOW)	0.4	0.0
Rhoicosphenia abbreviata (LANGE-B.)	0.4	0.7
sensible Arten	80.1	58.3
Achnanthes atomus (HUSTEDT)	33.6	4.1
Achnanthes biasoletiana	2.9	3.7
Achnanthes helvetica (LANGE-B.)	0.0	0.2
Achnanthes lanceolata (BRÉBISSON) GRUNOW ssp. lanceolata	0.2	0.2
Achnanthes lanceolata ssp. frequentissima (LANGE-B.)	0.0	0.2
Achnanthes minutissima var. jackii (RABENHORST) LANGE-B.	1.8	1.3
Achnanthes minutissima var. minutissima (KÜTZING)	21.0	26.5
Amphora inariensis KRAMMER	7.8	2.2
Caloneis bacillum (CLEVE)	0.4	0.2
Cocconeis placentula var. lineata (EHRENBERG) VAN HEURCK	0.7	0.0
Cymbella sinuata (GREGORY)	0.2	0.0
Diatoma problematica LANGE-BERTALOT	0.9	0.7
Diploneis oblongella	0.2	0.0
Gomphonema micropus (KUETZING)	0.4	0.2
Gomphonema occultum REICHARDT & LANGE-B.	0.0	0.0
Gomphonema pumilum	0.5	0.4
Gomphonema tergestinum (FRICKE)	0.4	0.4
Navicula cryptotenella LANGE-B.	5.1	13.8
Navicula reichardtiana var. reichardtiana (LANGE-B.)	0.9	0.6
Nitzschia dissipata var. dissipata (GRUNOW)	2.2	2.2
Nitzschia palea var. palea	0.0	0.0
Nitzschia sociabilis (HUSTEDT)	0.7	0.9
Surirella brevisonii var. kuetzingii (KRAMMER&L.-B.)	0.0	0.2
Gomphonema sarcophagus GREGORY	0.2	0.2
hochsensible Arten	0.2	0.4
Gomphonema angustum (AGARDH)	0.2	0.4

ARA Schupfart: Artenliste der Kieselalgen 1997		
Taxa	Relative Häufigkeit [%]	
	0.05 km oberhalb der ARA	0.10 km unterhalb der ARA
resistente Taxa	2.6	15.9
Achnanthes minutissima var. saprophila (KOBAYASI-MAYA.)	0.0	0.6
Gomphonema parvulum (KÜTZING)	0.0	0.6
Navicula atomus var. atomus (KÜTZING)	0.0	1.1
Navicula atomus var. permitis (LANGE-B.)	0.5	2.7
Navicula minima (GRUNOW in VAN HEURCK)	0.7	0.0
Navicula seminulum (GRUNOW)	1.4	2.8
Navicula subminuscula (MANGUIN)	0.0	8.2
tolerante Taxa	58.0	53.7
Amphora pediculus (GRUNOW)	52.5	39.5
Cocconeis placentula var. euglypta	2.7	2.0
Cymbella minuta (HILSE ex RABENHORST)	0.1	0.0
Cymbella silesiaca (BLEISCH in RABENHORST)	0.0	1.0
Gomphonema olivaceum var. olivaceum (BREBISSON)	0.6	0.8
Navicula cryptocephala (KÜTZING)	0.0	0.3
Navicula gregaria (DONKIN)	0.0	0.3
Navicula tripunctata (BORY)	2.0	4.8
Rhoicosphenia abbreviata (LANGE-B.)	0.0	5.1
sensible Taxa	39.5	30.4
Achnanthes biasolettiana var. biasolettiana (GRUNOW)	1.7	0.8
Achnanthes lanceolata ssp. frequentissima (LANGE-B.)	0.6	0.0
Achnanthes lanceolata var. lanceolata (GRUNOW)	0.0	0.7
Achnanthes minutissima var. minutissima (KÜTZING)	24.2	9.1
Achnanthes saccula CARTER	0.0	0.3
Caloneis bacillum (CLEVE)	0.4	1.4
Cocconeis pediculus (EHRENBERG)	0.0	0.1
Cymbella sinuata (GREGORY)	0.5	0.6
Gomphonema angustatum (RABENHORST)	0.5	0.8
Gomphonema tergestinum (FRICKE)	0.7	0.0
Navicula aquaedurae	0.0	1.7
Navicula cryptotenella LANGE-B.	6.0	3.4
Navicula cryptotenelloides LANGE-B.	0.2	4.9
Navicula menisculus var. grunowii LANGE-B.	0.0	0.8
Navicula molestiformes HUSTEDT	0.0	0.3
Navicula reichardtiana var. reichardtiana (LANGE-B.)	1.6	1.1
Nitzschia agnita	0.0	0.3
Nitzschia dissipata var. dissipata (GRUNOW)	3.0	3.1
Nitzschia palea var. debilis	0.0	0.3
Nitzschia valdecostata LANGE-B. & SIMONSEN	0.0	0.3
Surirella brevisonii inkl. var. kuetzingii (KRAMMER&L.-B.)	0.0	0.3

Anhang A3: Daten des Äusseren Aspektes

Auswertungstabelle Äusserer Aspekt, heterotropher und pflanzlicher Bewuchs				
Gewässer Stelle Datum	Fischingerbach Schu.1 1.7.1997	Fischingerbach Schu1 19.6.2006	Fischingerbach Schu.2 1.7.1997	Fischingerbach Schu2 19.6.2006
Lage	0.05 km oberhalb ARA	0.05 km oberhalb ARA	0.10 km unterhalb ARA	0.10 km unterhalb ARA
Verschlammung	keine	keine	wenig	keine
unnatürliche Trübung	keine	keine	wenig	gering
unnatürliche Verfärbung	keine	keine	keine	keine
unnatürlicher Schaum	kein	wenig	wenig	wenig
Geruch	kein	kein	gering	gering
mittl. Bedeckung mit FeS-Flecken [%]	0%	0%	0%	0%
Maximalwert	0%	0%	5%	0%
Minimalwert	0%	0%	1%	0%
Stabw	0%	0%	3%	0%
mittl. Bedeckung mit Ciliatenkolonien [%]	2%	1%	20%	2%
Maximalwert	10%	25%	50%	10%
Minimalwert	0%	0%	0%	0%
Stabw	3%	0.0	15%	0.0
Häufigkeit heterotropher Bewuchs	37%	3%	93%	27%
Algenbewuchsdichte T&S	3	1.5	3.5	1.5
Sohlendeckung mit Fadenalgen	5%	<10%	30%	10-50%
Deckung einzelner KG mit Fadenalgen	5%	<10%	45%	10-50%
Moose und Makrophyten T&S	2.5	1.5	2	<2.5
Anzahl Steine, auf denen die entsprechenden Makroinvertebraten gefunden wurden				
Egel	0	0	0	0
Asellus	0	0	0	0
Gam	1	0	0	2
Bae	1	7	1	2
Ecd	0	0	0	0
Rhy	0	2	0	0
Trich-	7	2	2	4
Trich+	0	1	0	0
Plec	0	0	0	0
Chir	0	0	0	0
Sim	0	0	1	0
Olig	0	0	2	0
Col	0	0	0	0

Anhang A4: Methoden

1. Beurteilung des „Äusseren Aspektes“

Schlamm, Trübung, Verfärbung, Schaumbildung, Geruch, Eisensulfidflecken

Diese Merkmale beziehen sich auf Anforderungen, die in Anhang 2, Ziffer 11, Absatz 2 der Gewässerschutzverordnung umschrieben werden. Gemäss der Verordnung soll sich als Folge von Abwassereinleitungen in Fliessgewässern:

- keine von blossem Auge sichtbaren Eisensulfidflecken (Ziffer 12, Absatz 1a).
- kein Schlamm bilden (Absatz 2a),
- keine Trübung zeigen (Absatz 2b),
- keine Verfärbung zeigen (Absatz 2b),

- keine Schaumbildung zeigen (Absatz 2b),
- der Geruch gegenüber dem natürlichen Zustand nicht verändern (Absatz 2c),

Aus diesen Anforderungen wurden 6 direkt im Feld anwendbare Beurteilungskriterien (Kriterien 2-7 nach dem Modul *Äusserer Aspekt* [1]) abgeleitet (siehe Tabelle A1). Für jedes Beurteilungskriterium sind 3 Bewertungsstufen festgelegt.

Verschlammung, Trübung, Verfärbung, Schaum, Geruch sind direkt am Gewässer wahrnehmbar. Eisensulfidflecken können nur an der Gewässersohle auf der Unterseite der Steine oder, falls nur Feinsediment vorhanden ist, mit Schlammstichen erkannt werden.

	Beurteilungskriterien					
	Schlamm	Trübung	Verfärbung	Schaum	Geruch	Eisensulfid
Beurteilungsklassen	viel	stark	stark	viel	stark	>25%
	wenig, mittel	leicht, mittel	leicht, mittel	wenig, mittel	leicht, mittel	≤25%
	kein	keine	keine	kein	kein	kein

Tabelle A1 Beurteilung der Merkmale 2-7 nach Modul „Äusserer Aspekt“ (Erläuterungen siehe Text).

Eisensulfidflecken

Unter anaeroben Bedingungen bilden sich in der Bachsohle an Steinen schwarze Eisensulfidflecken. Dabei wird durch Mikroorganismen Sulfat zu Sulfid reduziert, das mit eisenhaltigen Verbindungen Eisensulfid bildet und sich an den Steinen ablagert. Der beschriebene mikrobiologische Prozess setzt ein, wenn Schlammablagerungen einerseits den Sauerstofftransport in die Sohle hemmen und andererseits durch den Abbau von organischen Substanzen eine starke Sauerstoffzehrung eintritt.

Die Intensität des Reduktionsprozesses wird durch Angabe der Häufigkeit von Steinen mit sichtbaren Eisensulfidflecken beurteilt. Dabei wurden der Gewässersohle in einem Beprobungsabschnitt 30 Steine entnommen und bei jedem Stein an der Unterseite der prozentuale Flächenanteil der Eisensulfidflecken geschätzt. Die Fundhäufigkeit je Probenahmestelle wurde aus dem arithmetischen Mittel bestimmt.

Heterotropher und pflanzlicher Bewuchs
Die Anforderungen an heterotrophen und pflanzlichen Bewuchs werden in Anhang 2, Ziffer 11, Absatz 1 der Gewässerschutzverordnung umschrieben. Als Folge von Abwassereinleitungen sollen sich:

- keine mit blossem Auge sichtbare Kolonien von Bakterien, Pilzen oder Protozoen und keine lästigen Wucherungen von Algen und höheren Wasserpflanzen bilden (Absatz 1a).

Diesen Anforderungen wurden 5 Beurteilungskriterien zugeordnet, die in 3 Bewertungsstufen eingeteilt sind (siehe Tabelle A2), wobei man den pflanzlichen Bewuchs im Rahmen der ARA-Erfolgskontrollen nicht weiter bewertet.

Heterotropher Bewuchs

Der heterotrophe Bewuchs wurde gleichzeitig mit den Eisensulfidflecken bestimmt. Die im Probenahmesektor der Bachsohle entnommenen 30 Steine sind zusätzlich auf sichtbare Kolonien von festsitzenden Ciliaten und des Bakteriums *Sphaerotilus natans* untersucht worden.

Ciliaten sind mikroskopisch kleine, einzellige Organismen, die durch Reihen und Kränze von Geisseln (= Cilien, daher der Name Ciliaten) an der Zelloberfläche gekennzeichnet sind. Ihre

Nahrung besteht aus Bakterien und kleinsten organischen Partikeln, die sie sich durch Erzeugen eines Wasserstromes mittels Cilienbewegung zufächeln. Die festsitzenden Ciliaten bilden bei grossem Nahrungsangebot auf der Steinoberfläche dichte, von Auge sichtbare Kolonien.

Sphaerotilus natans, im Volksmund Abwasserpilz genannt, ist ein kolonienbildendes Bakterium, das sich von gelösten organischen Substanzen (Zucker, Aminosäuren, Fettsäuren usw.) ernährt. Bei hohen Konzentrationen solcher Substanzen entwickelt sich *Sphaerotilus natans* zu dichten, von Auge sichtbaren Kolonien.

Aus den Daten von 30 Steinen wurde die Häufigkeit der Steine mit sichtbaren Kolonien bestimmt.

	Beurteilungskriterien				
	het. Bewuchs	Algendichte	Algendeckung gesamt	Algendeckung KG1-3	Planzen, Moose
Beurteilungsklassen	≥25%	4-5	>50	>50	4-5
	<25%	2-3	10-50%	10-50%	2-3
	0%	0-1	<10%	<10%	0-1

Tabelle A2 Beurteilungsmatrix des heterotrophen und pflanzlichen Bewuchses von Algen, Moosen und Makrophyten nach der Methode von Thomas und Schanz [3]. (Erläuterungen siehe Text).

Pflanzlicher Bewuchs

Der pflanzliche Bewuchs wurde anhand der Algen, Moose und Makrophyten innerhalb der gesamten Bachsohlenfläche des jeweiligen Probenahmesektors beurteilt. Als Beurteilungskriterien dienten die Bewuchsdichteskalen für Fadenalgen, Moose und Makrophyten nach THOMAS und SCHANZ [3], der prozentuale Deckungsgrad der Bachsohle mit Fadenalgen und der prozentuale Deckungsgrad der Korngrößen 1–3 (Steine >20 mm Durchmesser) mit Fadenalgen. In die Bewertung der Fadenalgen sind die Grünalgen (z.B. *Cladophora glomerata*), Gelbgrünalgen (v.a. *Vaucheria sp.*) und Kieselalgen einbezogen worden, dagegen ist die Zellschläuche bildende Goldalge *Hydrurus foetidus* nicht berücksichtigt worden.

Lästige Wucherungen von Algen und höheren Wasserpflanzen sind nicht notwendigerweise eine Folge des Nährstoffeintrags ins Gewässer. Vielmehr sind sie das Resultat aus dem Zusammenwirken von Nährstoffeintrag, fehlender Beschattung, fester resp. kolmatierter Gewässer- sohle, ausbleibenden Hochwasserereignissen und fehlenden Herbivoren. Gewässer mit periodischem Geschiebetrieb, ausreichender Beschattung und einer normalen Besiedlung mit pflanzenfressenden Makrobenthos weisen auch bei stärkerer Nährstoffbelastung keine Pflanzenwucherungen auf, dagegen können in schwach gedüngten Fließgewässern mit unbeweglicher, kolmatierter Sohle, fehlender Beschattung und fehlenden Herbivoren dicke Pflanzenteppiche auftreten. Starkes Pflanzenwachstum hat u. a. nachteilige Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt. Wie UEHLINGER [10] gezeigt hat, kann in Gewässern mit starkem Algenbewuchs durch den Abbau der Pflanzenbiomasse und der verstärkten Respiration in der Nacht der Sauerstoffgehalt im freien Wasser bis auf 1 mg/l absinken. Solche Sauerstoffkonzentrationen sind für viele Wirbellose und Edelfische lebensbedrohlich.

2. Beurteilung der Wasserqualität anhand der Kieselalgen

Zur Beurteilung der Wasserqualität im Bereich

der Kläranlagen wurden als Bioindikatoren Kieselalgen verwendet, die unabhängig von ökomorphologischen Faktoren die Gewässergüte anzeigen. Bestimmt wurde die Gewässergüte hinsichtlich der stofflichen Gesamtbelastung nach dem Modul *Kieselalgen* (DI-CH) [2], der Saprobie nach LANGE-BERTALOT [4, 5] und der Trophie nach SCHIEFELE und KOHMANN [6].

Probenahme

Von mindestens 10 über den Bachquerschnitt verteilten Steinen wurden je ca. 10 cm² Algenaufwuchs abgeschabt. Das Algenmaterial wurde in ein Pillenglas gegeben und mit 5 Tropfen konzentrierter Lugollösung fixiert.

Verarbeitung der Kieselalgenproben

Die im Feld mit Lugol fixierten Proben wurden im Labor zu mikroskopisch untersuchten Präparaten weiterverarbeitet. Zuerst wurden die Proben von grösseren Bestandteilen getrennt, dann mit Salzsäure entkalkt und durch eine Heissoxidation mittels Schwefelsäure von organischen Bestandteilen gereinigt. Anschliessend sind die Proben gewaschen und die suspendierten Silikatschalen auf 3 Konzentrationen verdünnt worden. Die Suspensionen wurden auf Deckgläser aufgetragen und getrocknet. Die Deckgläser mit den präparierten Schalen wurden auf einen Objektträger gebracht und in das brechungsintensive Kunstharz Naphrax (d = 1.73) eingebettet.

Bestimmung und Auszählung

Aus je einem der Präparate wurden ca. 500 Schalen bis zur Art und wo erforderlich, bis zur Unterart bestimmt. Von jeder taxonomischen Einheit zählte man die einzelnen Individuen und ermittelte die relative Häufigkeit nach der Formel:

$$\text{Relative Häufigkeit [\%]} = (N_i / N) * 100\%$$

wobei N_i die Anzahl gezählte Schalen der Art i und N die Gesamtzahl der gezählten Schalen einer Probe sind. Die erhaltenen Daten konnten zur Bestimmung des Kieselalgenindex DI-CH, der Differentialartengruppen nach Lange-Bertalot [4] des Trophieindex nach Schiefele

und Kohmann [6] weiter ausgewertet werden.

Ermittlung des DI-CH

Der Kieselalgenindex DI-CH wurde aus einer gesamtschweizerischen Auswertung chemisch-physikalischer, hydrografischer und Kieselalgen-Daten von Niederhauser und Hürlimann [2] für die Beurteilung der Gewässerqualität auf Stufe F entwickelt.

Er berechnet sich nach folgender Formel:

$$DI-CH = \frac{\sum_{i=1}^n Di \cdot Gi \cdot Hi}{\sum_{i=1}^n Gi \cdot Hi}$$

Der Indexwert kann zwischen 1 und 8 variieren. Für die Bewertung wird der Skalenbereich gemäss Tabelle A3 in 5 Zustandsklassen unterteilt.

DI-CH	Bewertung	
1.00-3.49	sehr gut	GSchV erfüllt
3.50-4.49	gut	
4.50-5.49	mässig	GSchV nicht erfüllt
5.50-6.49	unbefriedigend	
6.50-8.00	schlecht	

Tabelle A3 Bewertung des Kieselalgenindex (DI-CH) anhand von 5 Zustandsklassen des Modulstufen-Konzeptes.

Ermittlung der Saprobie

Nach Lange-Bertalot [4] treten bei guter Wasserqualität grundsätzlich alle Kieselalgenarten auf. Hingegen bestehen artspezifische Toleranzen gegenüber zunehmender Belastung mit organischen Substanzen. Aus diesem Grund wird die Kieselalgenengesellschaft in 3 Gruppen mit sensiblen, mässig toleranten und toleranten Kieselalgen unterteilt. Der relativen Häufigkeitsverteilung der 3 Gruppen wurden die Gewässergüteklassen nach LAWA zugeordnet. In neueren Untersuchungen, unter Berücksichtigung von Quellgewässern, haben HOFMANN [7] und REICHARDT [8] die Einteilung von Lange-Bertalot revidiert und um eine hochsensible Differentialartengruppe erweitert. Die revidierte Zuordnung der Gewässergüteklassen zu den

Häufigkeitsverteilungen der 4 Differentialartengruppen wird in Tabelle A4 gezeigt. Sie wurde für diese Untersuchung übernommen.

Gewässergütestufe		prozentualer Anteil der Differentialartengruppen
I	oligosaprob unbelastet bis sehr gering belastet	hs≥90% s+t+r≤10%
I-II	oligo-β-mesosaprob gering belastet	hs>10% 50%≤s≤90% t+r<40%
II	β-mesosaprob mässig belastet	hs≤10% oder hs+s>50%; s≥50%; t+r<50%; t+r<50%
II-III	β-a-mesosaprob kritisch belastet	10%<hs+s<50% 50%≤t+r<90%
III	a-mesosaprob stark verschmutzt	hs+s≤10%; t≥50%; r<50%
III-IV	a-meso-polysaprob sehr stark verschmutzt	10%<hs+s+t<50% r≥50%
IV	polysaprob übermässig verschmutzt	hs+s+t≤10%; r≥90%

Tabelle A4 Häufigkeiten der 4 Differentialartengruppen mit der Zuordnung der Gewässergüteklassen (hs = hochsensibel, s = sensibel, t = tolerant, r = resistent; Erläuterungen siehe Text).

Ermittlung der Trophie

Zur Indikation des Nährstoffgehaltes (Trophie) in Fließgewässern haben Schiefele und Kohmann [6] anhand einer chemischen Untersuchung und der Zusammensetzung der Kieselalgen-gemeinschaft an 31 verschiedenen Fließgewässern in Deutschland die artspezifischen Nährstoffpräferenzen von 105 Kieselalgenarten festgelegt. Analog zum Saprobienindex von Zelinka und Marvan wird ein Trophieindex nach der folgenden Formel bestimmt.

$$TDI_{PS} = (w_i * y_i * TDI_i) * (w_i * y_i)^{-1}$$

TDI_{PS} ist der Trophical Diatom Index der jeweiligen Probenahmestelle, TDI_i der Trophical Diatom Index der Art i , w_i der Wichtungsfaktor der Art i , y_i die relative Häufigkeit der Art i der jeweiligen Probe und n die Anzahl Arten in der Probe.

Trophiestufen	TDI - Bereiche
unbelastet (oligotroph)	1.0 - 1.4
schwach belastet (oligo-mesotroph)	1.5 - 1.8
deutlich belastet (mesotroph)	1.9 - 2.2
kritisch belastet (meso-eutroph)	2.3 - 2.7
auffallend belastet (eutroph)	2.8 - 3.1
stark belastet (eutroph-hypertroph)	3.2 - 3.5
sehr stark belastet (hypertroph)	3.6 - 4.0

Tabelle A5 Trophiestufen mit den zugeordneten Bereichen des Trophical Diatom Index (Erläuterungen siehe Text).

Schiefele und Kohmann [6] haben einen Index für die Phosphorbelastung (mit den Fraktionen $P_{tot} + PO_4^{3-}$) und einen kombinierten Index für Phosphor- und Stickstoffbelastung (mit den Fraktionen NH_4^+ und NO_3^-) erstellt. Die Trophiestufen der Probenahmestellen wurden in dieser Untersuchung mit dem kombinierten Index ermittelt.

Die Bandbreite des Trophical Diatom Index wurde nach Tabelle A5 in 7 Trophiestufen unterteilt.