



***Erfolgskontrolle an den Gewässern im Einzugsgebiet der
ARA Kaisten (Oberes Fricktal)***

ARA-Ausbauprogramm 1996-2006

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 Kaisten

Inhalt

Zusammenfassung	5
1. Anlass der biologischen Erfolgskontrolle	7
2. Gewässerbeurteilung nach Modul-Stufen-konzept	9
2.1 Ausgewählte Kriterien für die Erfolgskontrollen	9
3. Entwicklung des Gewässerzustandes in der Übersicht	11
3.1 Äusserer Aspekt	11
3.2 Gewässerzustand gemäss der Kieselalgenindikation	15
4. Wirkung der Massnahmen bei einzelnen Abwasserreinigungsanlagen	19
4.1 ARA Frick	20
4.2 ARA Wittnau	22
4.3 ARA Wölflinswil	24
4.4 ARA Ueken	26
4.5 ARA Densbüren	28
4.6 ARA Gansingen	30
4.7 ARA Oberhofen	32
4.8 ARA Hottwil	34
4.9 ARA Wil	36
5. Literatur	38
Anhang A1: Daten der Kieselalgen (Untersuchung 2006)	39
Anhang A2: Daten des äusseren Aspektes (Untersuchung 2006)	41
Anhang A3: Methoden	42

Zur Erfolgskontrolle des ARA-Ausbauprogrammes 1996-2006 im Einzugsgebiet der ARA Kaisten wurde im Juni 1996, 1999 und 2006 der biologische Zustand der Gewässer im Einflussbereich der früheren oder noch bestehenden Abwasserreinigungsanlagen untersucht. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse zusammen. Durch die Sanierungsmassnahmen ist die Gewässerbelastung so weit zurückgegangen, dass heute die geprüften Anforderungen und ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung weitgehend erfüllt werden.

Massnahmen

Im Oberen Fricktal wurden von den 15 ursprünglich bestehenden Abwasserreinigungsanlagen deren 9 aufgehoben, darunter die Abwasserreinigungsanlagen Gansingen, Oberhofen, Wil, Hottwil, Ueken, Frick, Wittnau und Wölflinswil. Die Reinigungskapazität der ARA Kaisten wurde soweit erweitert, dass sie die Abwässer der aufgehobenen Abwasserreinigungsanlagen aufnehmen kann. Dazu wurden aus den Einzugsgebieten des Etzgerbaches und der Sissle je eine Abwasser-Verbundleitung zur ARA Kaisten erstellt. Die noch bestehende ARA Densbüren soll später ebenfalls aufgehoben und angeschlossen werden. Weiter wurde im Bereich der Siedlungsentwässerungen die Regenwasserbehandlung optimiert. Einige der alten Abwasserreinigungsanlagen sind zu Regenklärbecken umgebaut worden.

Der Ausbau der ARA Hornussen, die Sanierungen der ARA Zeihen und Linn sind im Gang oder geplant.

Auswirkungen auf den Gewässerzustand

In Bezug auf die äusserlich sichtbaren Beurteilungskriterien wie Verschlammung, Trübung, Verfärbung, Schaumbildung und Geruch hat sich die Situation im gesamten Gebiet wesentlich verbessert. Im Jahre 1996 entsprachen an allen 20 Untersuchungsstellen eines oder mehrere dieser Merkmale nicht den Anforderungen der

Gewässerschutzverordnung. Heute ist dies nur noch an 6 Stellen der Fall und nur jeweils bezüglich eines Merkmals. So im Altbach und im untersuchten Bereich der Sissle, wo gelegentlich eine leichte Schaumbildungstendenz besteht.

Weiter zeigte sich, dass mit den Massnahmen der unerwünschte Aufwuchs von sichtbaren, tierischen Einzellerkolonien in den Gewässern vollständig eliminiert werden konnte. 1996 wurden noch an 18 von 20 untersuchten Stellen diese Anforderungen nicht eingehalten.

Die Sauerstoffversorgung in der Gewässersohle, eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung einer natürlichen, tierischen Lebensgemeinschaft, ist heute an allen Stellen ausreichend. 1996 war sie noch an 10 von 20 Stellen zeitweise ungenügend.

Das ARA-Ausbauprogramm reduzierte sowohl die Gesamtbelastung (DI-CH) als auch die organische Belastung (Saprobie) in den Einzugsgebieten der Sissle und des Etzgerbaches signifikant. Vor Beginn der Sanierungsphase erfüllte der Gewässerzustand – insbesondere in den Gewässerabschnitten unterhalb von ARA-Einleitungen – die ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung oft nicht mehr. Dabei fiel vor allem die hohe Belastung durch biologisch wirksame, organische Stoffe aus den alten Abwasserreinigungsanlagen ins Gewicht. Bezüglich der Gesamtbelastung (DI-CH) musste 1996 noch bei 5 der 20 Stellen der Zustand als „mässig“ bis „nicht befriedigend“ bezeichnet werden. Heute, nach Abschluss der Sanierungen, ist die durch Kieselalgen angezeigte Gewässerqualität an allen 20 untersuchten Stellen „gut“ bis „sehr gut“. Damit sind die gesetzlichen Anforderungen eingehalten und die ökologischen Ziele bezüglich der Wasserqualität erreicht.

Der Eintrag anorganischer Nährstoffe (Trophie), insbesondere von Phosphor und Stickstoff in die Gewässer wurde durch die Massnahmen hingegen kaum reduziert. Am stärksten noch wirkten sie sich unterhalb der Abwasserreinigungsanlagen von Gansingen und Hottwil aus, wo der Düngungsgrad des Gewässers gemäss dem Nährstoffindex der Kieselalgen um eine Stufe

reduziert werden konnte. Der Hauptanteil der Nährstoffe gelangt aber nicht via Abwasser, sondern durch die diffuse Belastung, vorwiegend aus der Landwirtschaft, in die Gewässer. Daher waren die untersuchten Stellen auch im Jahr 2006 „kritisch“ bis „stark“ mit Phosphor und Stickstoff belastet.

1. **Anlass der biologischen Erfolgskontrolle**

Veränderte Rahmenbedingungen der Abwasserbehandlung

Die Infrastruktur zur Siedlungsentwässerung und Abwasserreinigung ist nicht für die Ewigkeit gebaut. Die Kanalisationssysteme und Abwasserreinigungsanlagen müssen laufend unterhalten und im gleichen Zuge den sich verändernden Anforderungen angepasst werden. Jährlich wächst die Siedlungsfläche in der Schweiz um rund zwei Prozent und erfordert eine laufende Erweiterung der Siedlungsentwässerung. Die Problematik von Mikroverunreinigungen durch toxische und hormonaktive Spurenstoffe hat sich im letzten Jahrzehnt akzentuiert. Sie zeigt sich in schwindenden Fischpopulationen und Fischmissbildungen.

Das Fernhalten von Fremdwasser aus der Abwasserkanalisation – gegenwärtig rund 33% der schweizerischen Abwassermenge – ist immer noch ein vorrangiges Ziel zur Steigerung der Reinigungseffizienz der Abwasserreinigungsanlagen. Der flächendeckende Verbund der Kanalisationsnetze ermöglicht eine Optimierung des Abwassermanagements und ein effizientere Bewirtschaftung der Abwasserreinigung. In diesem Zusammenhang ist auch der Ersatz der früher isoliert betriebenen, kleineren Abwasserreinigungsanlagen durch zentrale Grossanlagen mit wirkungsvolleren Reinigungstechnologien und besseren betriebswirtschaftlichen Eckwerten zu sehen.

Ende einer intensiven Investitionsphase

Die Rahmenbedingungen der Abwasserbehandlung haben sich auch in der Region oberes Fricktal verändert. In der Folge wurden den letzten zehn Jahren grössere Investitionen in die Siedlungsentwässerung und Abwasserreinigung getätigt. Diese konzentrierten sich auf die Einzugsgebiete der Sissle und des Etzgerbaches. Dabei konnten 8 Kleinanlagen aufgehoben und teilweise durch den Ausbau einer Grossanlage ersetzt werden. In verschiedene Gewässer mit ungünstigen Verdünnungsverhältnissen werden heute keine Abwässer mehr eingeleitet. Im O-

berlauf der Sissle ist der Ausbau der ARA Hornussen im Gang. Weitere ARA's werden aufgehoben.

Bestandteil des Qualitätsmanagements

Allein schon die beträchtlichen öffentlichen Investitionen verpflichten die kantonalen Gewässerschutzfachstellen die Wirkung der Gewässerschutzmassnahmen zu prüfen und die Öffentlichkeit über deren Erfolg zu informieren. Ausserdem ergibt sich diese Notwendigkeit aus Art. 50 des Gewässerschutzgesetzes (GSchG). Die Erfolgskontrollen sind dabei als Teil eines umfassenden Systems zum Qualitätsmanagement der öffentlichen Politik zu sehen.

Prüfung der Gesetzeskonformität

Die ökologischen Ziele und Anforderungen an die Wasserqualität für Fließgewässer sind in der Gewässerschutzverordnung 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 organischen Belastungen (Saprobie) und anorganischem Nährstoffeintrag (Trophie) einen biologischen Zustand an, der für nicht oder nur schwach belastete Gewässer typisch ist (Anhang 1).

Integrative Erfassung der Gewässerbelastung

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 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 gewässersermorphologische Stressfaktoren umfassen. Biologische Methoden eignen sich besonders für Erstaufnahmen der Wasserqualität und um ge-

nerelle Qualitätsänderungen im Laufe eines Sanierungsvorhabens festzustellen.

Teil des aargauischen Überwachungskonzeptes für die Gewässer

Gestützt auf dem Grobkonzept für den Gewässerschutz der 90er Jahre [13] und den Folgerungen eines Berichtes der Abteilung für Umwelt vom Juni 1993 zum Zustand der aargauischen Fließgewässer [14] wurden die Ziele für die biologische Überwachung des Gewässerzustandes im Kanton Aargau neu 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 entspricht Punkt 2 des Untersuchungsprogrammes.

Wirkungsprüfung der Massnahmen bei den einzelnen Kläranlagen

Zur Erfolgskontrolle wurde anhand der Kieselalgen und des „Äusseren Aspektes“ untersucht, wie sich die Belastungsverminderung hinsichtlich absetzbarer Stoffe, organisch abbaubarer Stoffe, Phosphor und Stickstoff in den Gewässern auswirkte. Zu diesem Zweck wurden die von den ARA-Abwässern betroffenen Gewässerabschnitte vor und nach Ausführung der Sanierungsprojekte mit biologischen Methoden (siehe Kapitel 2 und Anhang 3) untersucht.

Alle betroffenen Gewässerabschnitte wurden erstmals 1996 untersucht. Im Einzugsgebiet des Etzgerbaches erfolgte 1999 eine erste Erfolgskontrolle nach der Realisierung der ersten Ausbautappe (Ableitung der gereinigten Abwässer in den Rhein). Zudem fanden 2002 in den beiden Einzugsgebieten flächendeckende orientierende Untersuchungen statt. Seit 2000 werden

die Sissle (an zwei Stellen) und der Etzgerbach (an einer Stelle) regelmässig chemisch untersucht. Mit den inzwischen abgeschlossenen weiteren Sanierungen wurden die betroffenen Gewässer in diesem Jahr (2006) einer erneuten Erfolgskontrolle unterzogen.

2. Gewässerbeurteilung nach Modul-Stufen-Konzept

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
Stoffe	Fische	F	S	A
	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 Gewässerform,“ „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 F und A** und **Äusserer Aspekt** am zweckmässigsten und kostengünstigsten.

Modul Äusserer Aspekt

Der äussere Aspekt eines Gewässers wurde gemäss dem entsprechenden Modul [12] nach 7 Kriterien geprüft und bewertet (siehe Figur 2). Die Kriterien „Kolmation“ und „Feststoffe“ sind nicht berücksichtigt.

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“ [10] wird die aus den Proben ermittelte Indexzahl nach einer fünfstufigen Skala bewertet. Der schweizerische Diatomeenindex (DI-CH) erlaubt die Bewertung der Wasserqualität auf Stufe F (generelle Indikation 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 (siehe Figur 3).

Modul Kieselalgen, Stufe A

Die Zusammensetzung der Kieselalgen wurde zudem nach weiteren Zeigereigenschaften untersucht, die eine differenzierte Beurteilung hinsichtlich der Saprobie und der Trophie ermöglichen.

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.

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 (siehe Figur 4)

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 (siehe Figur 5).

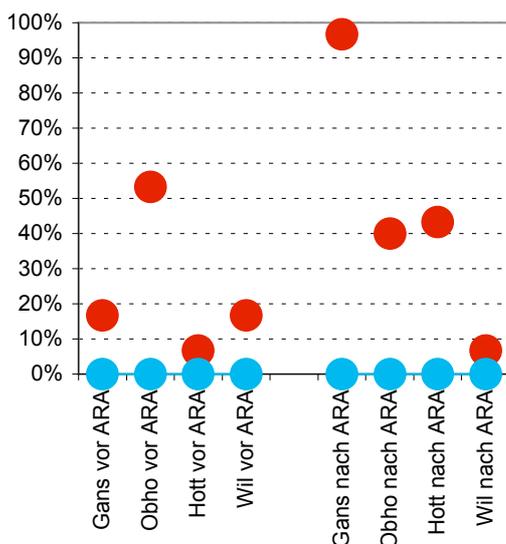
3. Entwicklung des Gewässerzustandes in der Übersicht

3.1 Äusserer Aspekt

Durch die Realisierung der ARA-Ausbauprogramme in den Einzugsgebieten der Sissle und des Etzgerbaches (Mettauertal) hat sich der äussere Aspekt der dortigen Gewässer deutlich verbessert. Während vor Beginn der Sanierungsphase insbesondere die Gewässerabschnitte unterhalb von ARA-Einleitungen oft hinsichtlich mehrerer Merkmale zu beanstanden waren, ist dies nun nach Abschluss der Sanierungen nicht mehr der Fall. Wenn überhaupt, dann nur noch bezüglich eines Merkmals und in schwacher bis mässiger Ausprägung.

Ziele im Mettauertal gänzlich erreicht

Im Einzugsgebiet des Etzgerbaches (Abbildung 1) erfüllen heute die untersuchten Stellen ausnahmslos alle Kriterien des äusseren Aspektes. Insbesondere ist der heterotrophe Bewuchs gänzlich aus den Gewässern verschwunden. 1996 wiesen noch alle untersuchten Stellen den durch übermässige organische Belastung hervorgerufenen heterotrophen Bewuchs auf (siehe Figur 6).



Figur 6: Prozentualer Anteil der Steine mit heterotrophen Bewuchs an den Stellen im Mettauertal. Rot vor der Sanierung, blau nach der Sanierung.

Ein grosser Teil des Erfolges ist auf die Inbetriebnahme der regionalen Abwasserleitung zwischen 1996 und 1999 zurückzuführen. Diese leitete vorübergehend das ungenügend gereinigte Abwasser in den Rhein. Allerdings zeigte sich aus der Untersuchung 1999, dass das Abwassermanagement auf der Seite der Siedlungsentwässerungen noch verbessert werden musste. Zu häufig anspringende Hochwasserentlastungen und fehlende Regenklärbecken, welche bei einsetzendem Starkregen das stark belastete Abwasser in der Kanalisation zurückhalten und später der Abwasserreinigungsanlage dosiert zurückgeben, hatten sich damals im äusseren Aspekt immer noch bemerkbar gemacht. Die gezielte und systematische Lösung dieser Probleme im Zeitraum zwischen 1999 und 2006 haben zu dem heute, bezüglich des äusseren Aspektes, erfreulichen Gewässerzustand geführt.

Im Einzugsgebiet der Sissle nur noch marginale Beeinträchtigungen

Auch im Einzugsgebiet der Sissle (Abbildung 1) hatte das Ausbauprogramm eine positive Wirkung. Mit dem direkten Anschluss der Kanalisationen der Gemeinden Wölflinswil und Ueken an die regionale Abwasserleitung sind aus den dortigen Gewässern sämtliche untersuchten äusseren Belastungsmerkmale verschwunden.

Im Abflusssystem Altbach, Bruggbach und Sissle besteht noch eine leichte Schaumbildungstendenz, welche sich nach turbulenten Gewässerabschnitten und künstlichen Überfällen (Schwellen, Sperren, Wehre) manifestiert. Auch bilden sich in den verbauten, strömungsberuhigten und wenig beschatteten Strecken der Sissle im Sommer durch zerfallende Algen und Moose lokale Schlammdepots, die dann allerdings mit dem nächsten Hochwasser weggeschwemmt werden. Dieses Phänomen ist aber vorwiegend auf die Gewässermorphologie (Verbauung, fehlender Uferbewuchs) und nicht auf Abwassereinträge zurückzuführen.

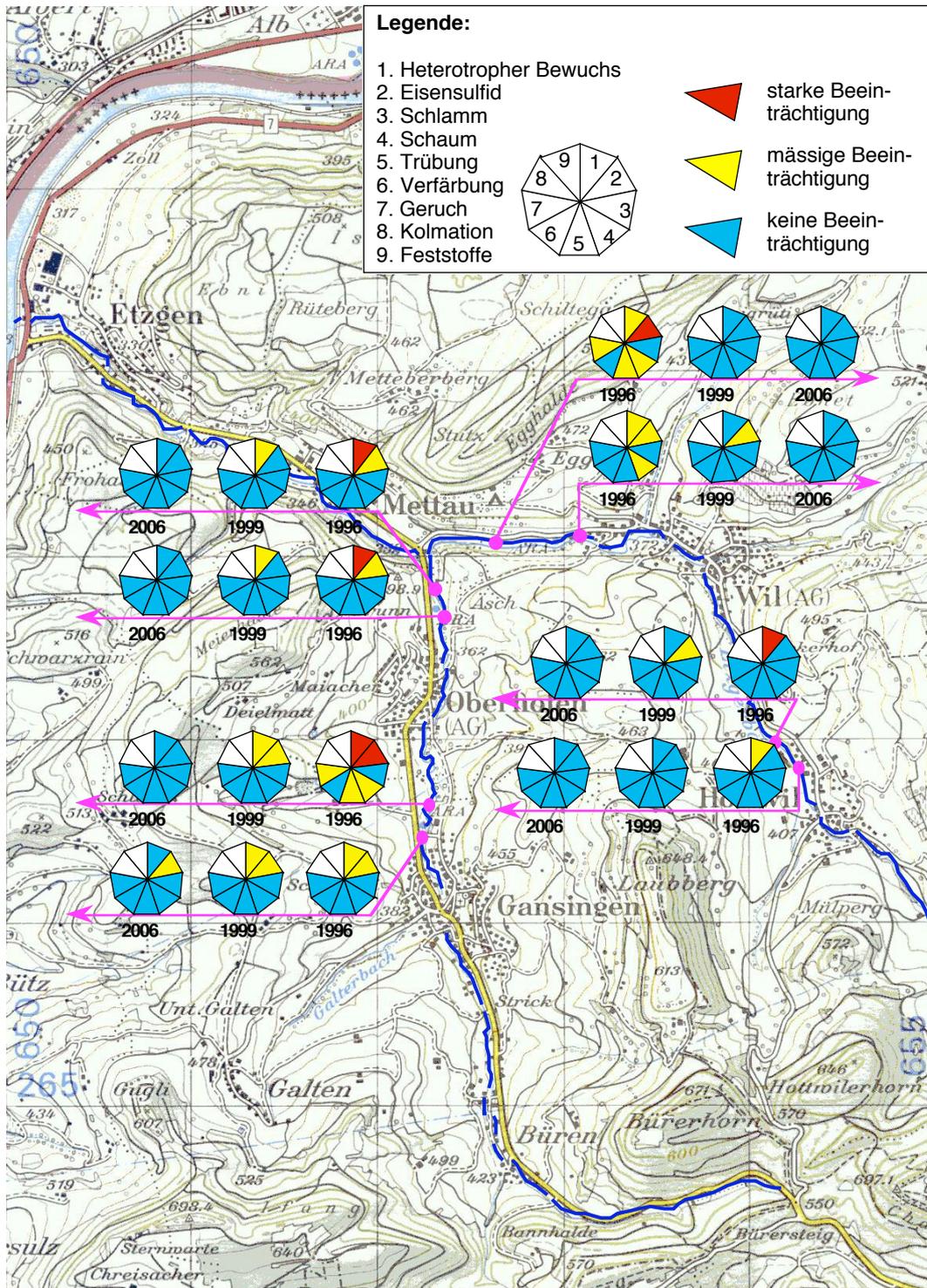


Abbildung 1 Entwicklung des äusseren Aspektes der Gewässer im Einzugsgebiet des Etzgerbaches (Mettauertal) zwischen 1996 und 2006. Die Merkmale 8 (Kolmation) und 9 (Feststoffe) wurden nicht untersucht.

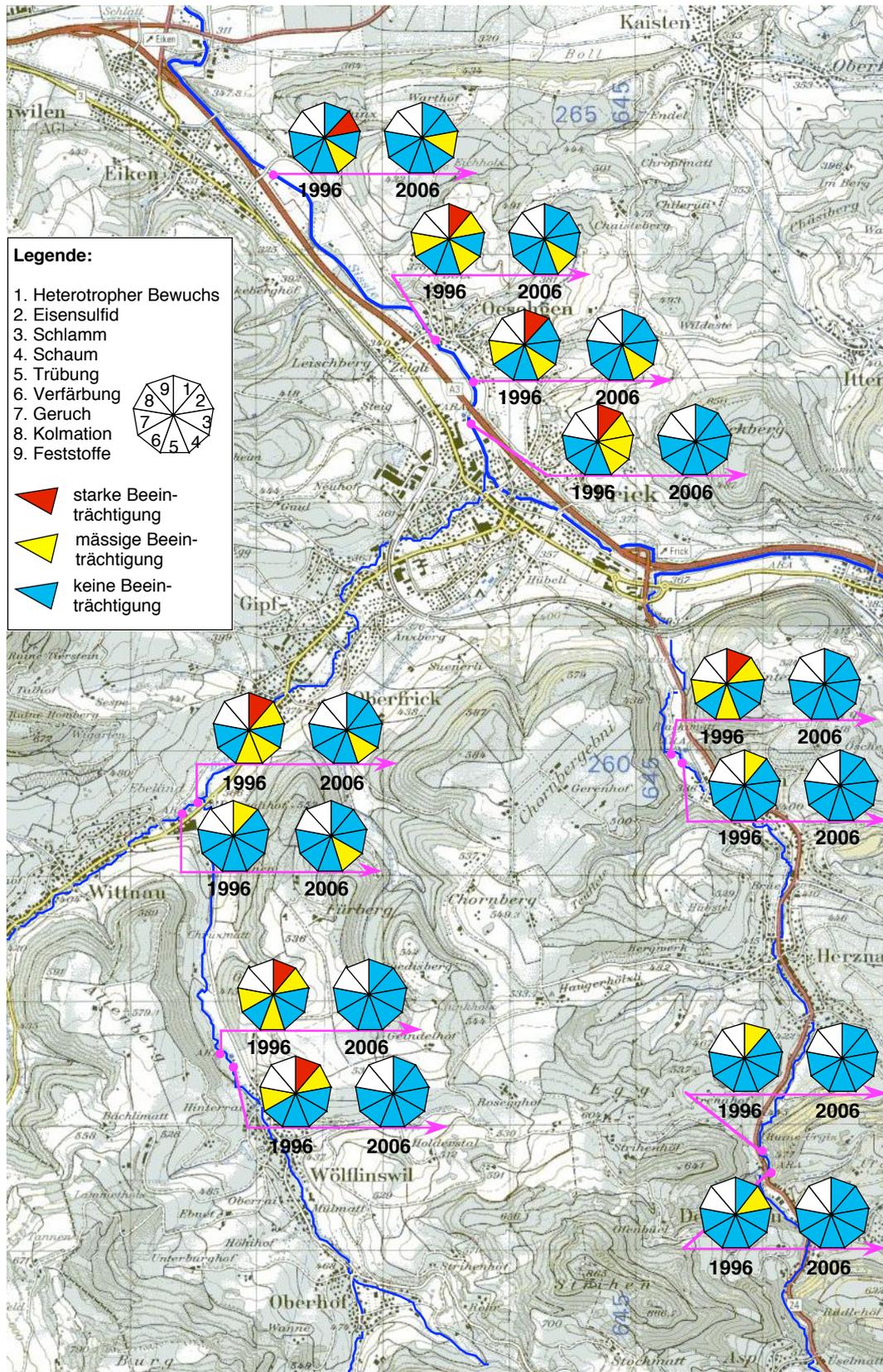
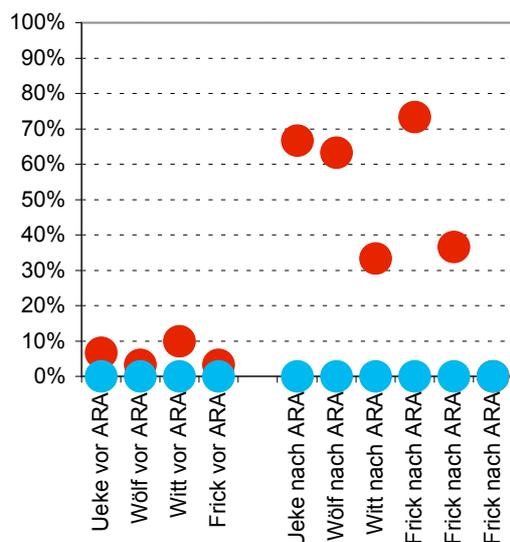


Abbildung 2 Entwicklung des äusseren Aspektes der Gewässer im Einzugsgebiet der Sissle zwischen 1996 und 2006. Die Merkmale 8 (Kolmation) und 9 (Feststoffe) wurden nicht untersucht.

Der grösste Erfolg beim äusseren Aspekt wurde ebenfalls bezüglich der abwasserbedingten, organischen Belastung erzielt. Diese konnte in soweit reduziert werden, dass sichtbarer heterotrophe Bewuchs bei der Untersuchung 2006 nicht mehr auftrat. 1996 wurde noch an 9 von 10 Untersuchungsstellen heterotropher Bewuchs festgestellt. Die ARA Densbüren wurde in dieser Betrachtung nicht einbezogen, da ihre Sanierung noch bevorsteht.



Figur 7: Prozentualer Anteil der Steine mit heterotrophem Bewuchs an den Stellen im Einzugsgebiet der Sissle. Rot vor der Sanierung, blau nach der Sanierung.

Der deutliche Rückgang der organischen Belastung hat sich auch auf die Zusammensetzung der wirbellosen Tiere (Insektenlarven, Würmer, Kleinkrebse etc.) in den Gewässern ausgewirkt. Obwohl die wirbellosen Tiere nicht Gegenstand der Untersuchung waren, konnte doch festgestellt werden, dass die Häufigkeit der typischen Abwasserzeiger wie Egel oder Wasserasseln massiv zurückging. 1996 wurden sie an 10 Stellen und 98 untersuchten Steinen gefunden, 2006 an 5 Stellen und 13 Steinen.

3.2 Gewässerzustand gemäss der Kieselalgenindikation

Das ARA-Ausbauprogramm reduzierte insgesamt die stoffliche Belastung der Gewässer in den beiden Einzugsgebieten signifikant. Vor Beginn der Sanierungsphase erfüllte sie insbesondere in den Gewässerabschnitten unterhalb von ARA-Einleitungen die Anforderung der Gewässerschutzverordnung oft nicht mehr. Dabei fiel vor allem die hohe Belastung durch biologisch wirksame, organische Stoffe ins Gewicht. Heute, nach Abschluss der Sanierungen, kann der Zustand an allen 20 untersuchten Stellen als „gut“ bis „sehr gut“ bezeichnet werden. Damit sind die gesetzlichen Anforderungen eingehalten und die ökologischen Ziele bezüglich der Wasserqualität erreicht.

Markante Verbesserung der Gewässerzustandes im Mettauertal

Einen wesentlichen Erfolg brachte der Bau der regionalen Abwasserleitung zur ARA Kaisten und die Aufhebung der vier kleinen Abwasserreinigungsanlagen von Gansingen, Oberhofen, Hottwil und Wil. Diese Anlagen genügten 1996 den Reinigungsanforderungen nicht mehr. Bei allen 4 Abwasserreinigungsanlagen wurde gemäss der damaligen Kieselalgenuntersuchung unterhalb der ARA-Einleitung ein „mässiger“ bis „nicht befriedigender“ Gewässerzustand festgestellt. Im Falle der ARA Gansingen reichten die negativen Auswirkungen der eingeleiteten Abwässer bis nach Oberhofen. Mit den heute umgesetzten Massnahmen kann der Gewässerzustand im Bürerbach als „gut“ bis „sehr gut“, im Etzgerbach durchwegs als „sehr gut“ bezeichnet werden (Abbildung 3). Eine differenzierte Betrachtung hinsichtlich der Belastung durch biologisch abbaubare, organische Stoffe und anorganische Nährstoffe zeigte, dass der vom DI-CH (Diatomeen-Index-Schweiz) angezeigte Gewässerzustand vorwiegend durch die organischen Stoffe aus den Abwasserreinigungsanlagen beeinträchtigt war. Bei der Kieselalgenuntersuchung von 1996 lag der Anteil der belastungssensiblen Kieselalgen unterhalb der vier ARA-Einleitungen bei 30%-45%. In hinreichend sauberen Gewässern sollte er mindestens über 50% liegen. Der Eintrag anorganischer Nährstoffe,

insbesondere von Phosphor und Stickstoff, in die Gewässer konnte durch die Massnahmen ebenfalls reduziert werden. Am stärksten wirkte sich dies unterhalb der Abwasserreinigungsanlagen von Gansingen und Hottwil aus, wo der Düngungsgrad (gemäss dem Nährstoffindex der Kieselalgen) des Gewässers um eine Stufe reduziert werden konnte. Insgesamt gelten die Gewässer im Mettauertal infolge der flächenhaften Nährstoffabschwemmung aber immer noch als „kritisch“ bis „stark“ mit Phosphor und Stickstoff belastet.

Verbesserung der Gewässerzustandes im Einzugsgebiet der Sissle

Die erstellte Verbundleitung zur ARA Kaisten hat auch im Einzugsgebiet der Sissle einen positiven Einfluss auf den Gewässerzustand. Allerdings nicht so ausgeprägt wie im Einzugsgebiet des Etzgerbaches. Dies lag daran, dass die Verhältnisse im Sissleinzugsgebiet schon 1996 besser waren. Gemessen am schweizerischen Diatomeenindex (DI-CH) entsprach der Gewässerzustand an allen damals untersuchten Stellen den gesetzlichen Vorgaben, wenn auch zum Teil nur knapp. Die seither umgesetzten Massnahmen führten im Bereich der aufgehobenen ARA Frick und der ehemaligen ARA Ueken zu einer Verbesserung um eine Gütestufe. Unterhalb der ARA Densbüren und im Sissleabschnitt eingangs Eiken ist sie allerdings um eine Gütestufe gesunken. Gesamthaft ist heute aber in allen Gewässern im Einzugsgebiet der Sissle ein „guter“ bis „sehr guter“ Gewässerzustand festzustellen (Abbildung 4).

Die stofflich differenzierte Auswertung der Daten zeigt auch im Gewässernetz der Sissle eine stärkere Wirkung bei der Entlastung von organischen Stoffen. Der Anteil der belastungssensiblen Kieselalgen ist seit 1996 in allen untersuchten Gewässerabschnitten deutlich gestiegen. Auch der 1996 bezüglich der organischen Belastung nicht mehr genügende Sissleabschnitt vor Eiken erfüllt heute die damaligen Anforderungen. Hingegen ist die Belastung durch anorganische Nährstoffe tendenziell stärker geworden.

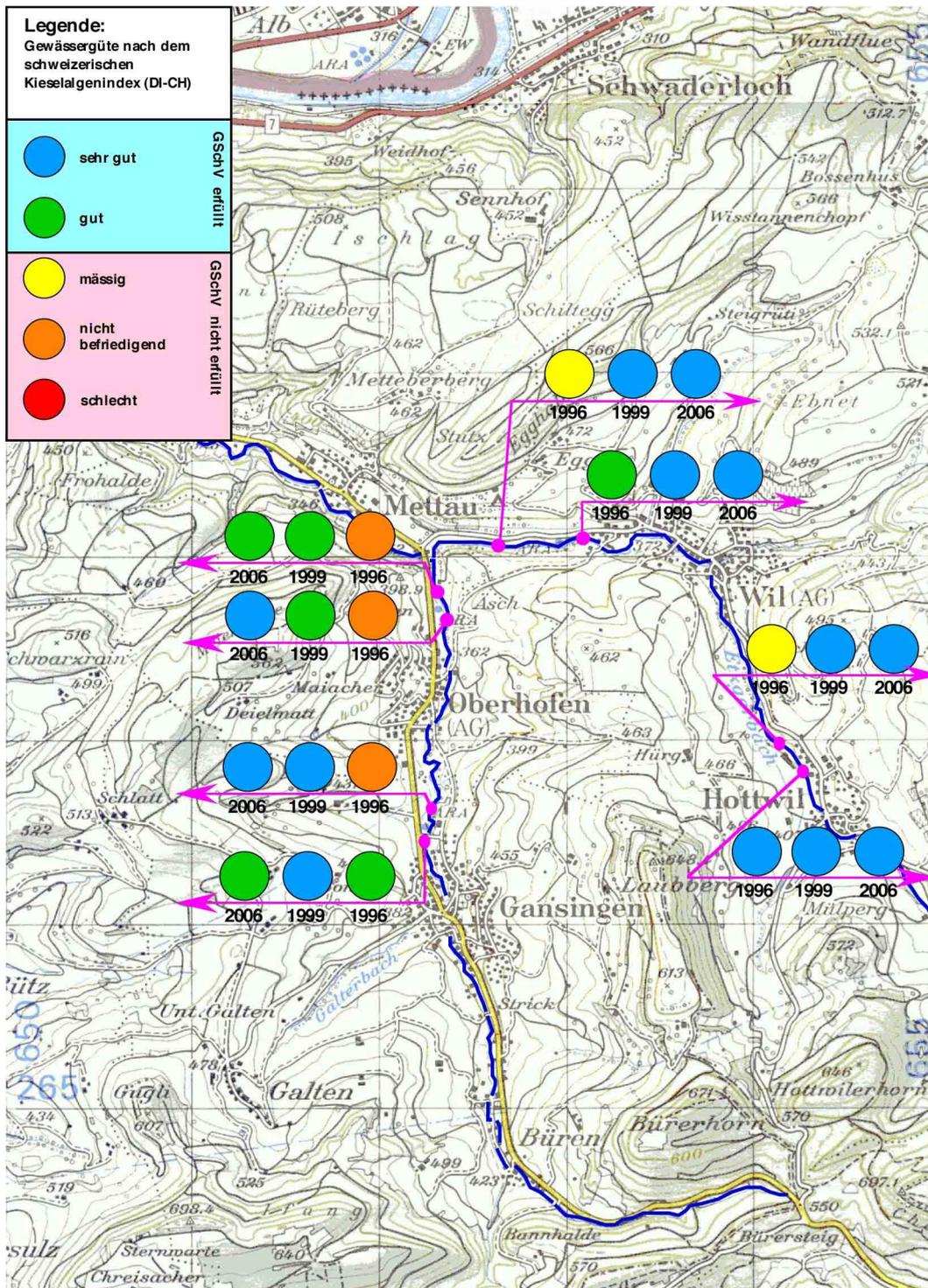


Abbildung 3: Entwicklung des Gewässerzustandes, angezeigt durch Kieselalgen (DI-CH), im Einzugsgebiet des Etzgerbaches (Mettauertal) zwischen 1996 und 2006.

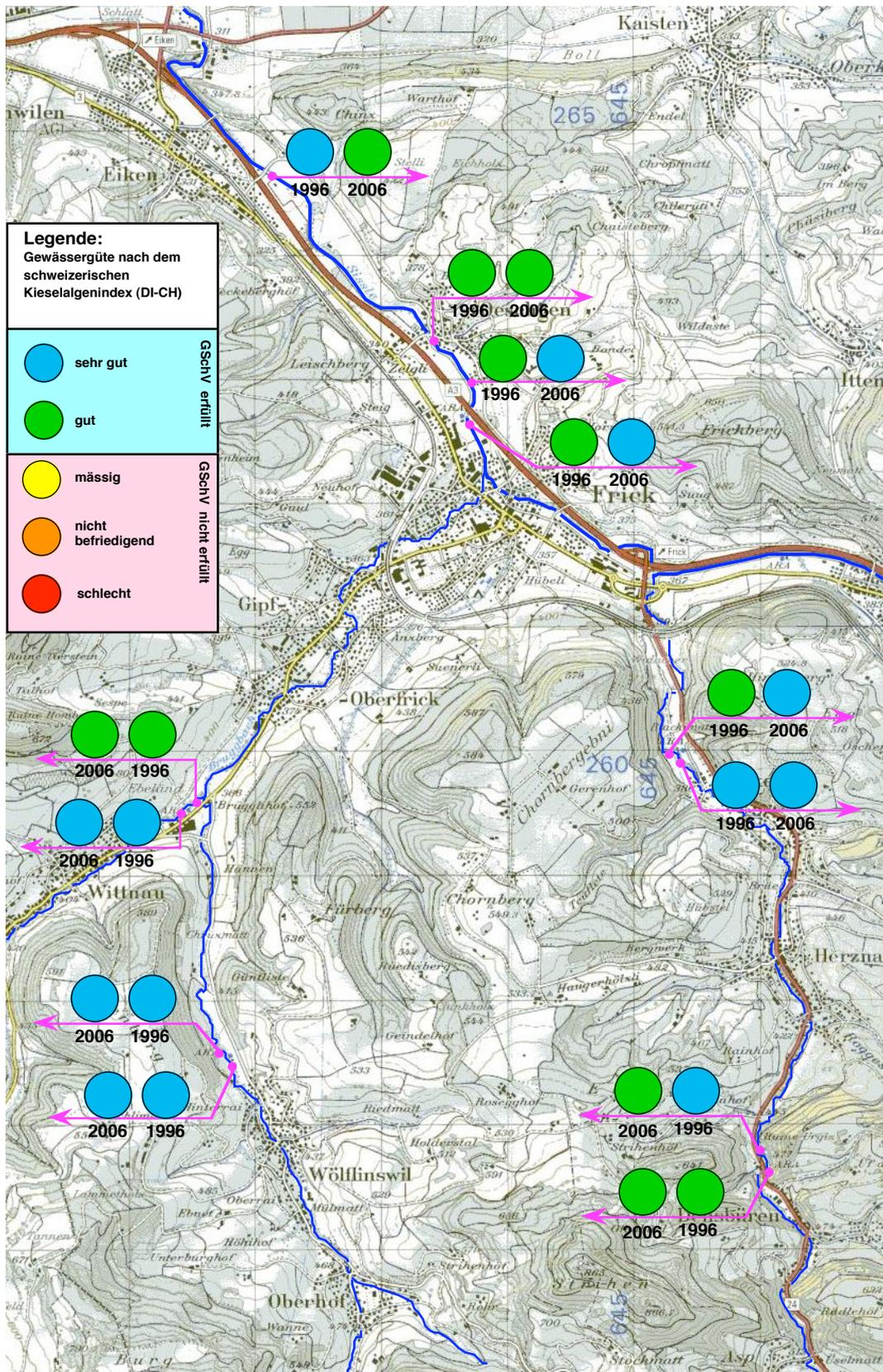


Abbildung 4: Entwicklung des Gewässerzustandes, angezeigt durch Kieselalgen (DI-CH), im Einzugsgebiet der Sissle zwischen 1996 und 2006.

4. Wirkung der Massnahmen bei einzelnen Abwasserreinigungsanlagen

Gegenwärtiger Ausbaustand der ARA's

Im Einzugsgebiet des Etzgerbaches und der Sissle sind gegenwärtig noch 5 Kläranlagen mit einer Reinigungskapazität für 46300 Einwohner in Betrieb (Tabelle 1). Der gesamte Abwasseranfall betrug bei der letzten Erhebung im Jahre 2005 4.56 Mio m³ pro Jahr. Dabei wurde ohne die ARA Kaisten 1726 m³ Klärschlamm verwertet. Der Klärschlamm der ARA Kaisten wurde verbrannt.

Kläranlage	Einw.	Ausbau hydr.	Ausbau biol.	Baujahr Ausbau
Densbüren	740	1500	1500	1977
Hornussen	2375	2500	2500	1979
Kaisten	21350	41000	41000	1970 2004
Linn	272	300	300	1983 1992
Zeihen	910	1000	1000	1969 1988

Tabelle 1: Belastung und Kapazitäten der bestehenden Abwasserreinigungsanlagen im oberen Fricktal.

Änderungen seit 1996

Im Zuge des Ausbauprogrammes 1996-2006 wurden insgesamt 10 Abwasserreinigungsanlagen aufgehoben (Tabelle 2)

Kläranlage	Massnahmen
Sisseln	1999 aufgehoben, Anschluss an ARA Säkingen (D)
Etzgen	1999 Ableitung der gereinigten Abwässer in den Rhein, 2004 aufgehoben, Anschluss an ARA Kaisten
Gansingen	1999 Ableitung der gereinigten Abwässer in den Rhein, 2004 aufgehoben, Anschluss an ARA Kaisten
Oberhofen	1999 Ableitung der gereinigten Abwässer in den Rhein, 2004 aufgehoben, Anschluss an ARA Kaisten

Hottwil	1999 Ableitung der gereinigten Abwässer in den Rhein, 2004 aufgehoben, Anschluss an ARA Kaisten
Wil	1999 Ableitung der gereinigten Abwässer in den Rhein, 2004 aufgehoben, Anschluss an ARA Kaisten
Ueken	2001 aufgehoben, Anschluss an die ARA Frick
Frick	2004 aufgehoben, Anschluss an die ARA Kaisten
Wittnau	2004 aufgehoben, Anschluss an die ARA Kaisten
Wölflinswil	2005 aufgehoben, Anschluss an die ARA Kaisten

Tabelle 2: Seit 1996 im oberen Fricktal aufgehobene Abwasserreinigungsanlagen und weitere getroffene Massnahmen.

Parallel zu den Aufhebungen wurde die Reinigungskapazität der ARA Kaisten soweit erhöht, dass sie die Abwässer der aufgehobenen Abwasserreinigungsanlagen aufnehmen kann. Dazu wurden aus den Einzugsgebieten des Etzgerbaches und der Sissle je eine Abwasser-Verbundleitung zur ARA Kaisten erstellt. Weiter wurde die ARA mit einer Phosphorelimination ausgerüstet.

Geplante Änderungen

In den nächsten Jahren sind weitere Ausbauschritte und ARA Aufhebungen geplant (Tabelle 3).

Kläranlage	Massnahmen
Densbüren	Aufhebung und Anschluss an ARA Kaisten geplant
Hornussen	Ausbau im Gang.
Linn	Sanierungsstudien in Erarbeitung
Zeihen	Aufhebung und Anschluss an ARA Hornussen geplant

Tabelle 3: Geplante Massnahmen an den Abwasserreinigungsanlagen im oberen Fricktal.

4.1 ARA Frick



Umbau der ehemaligen ARA Frick zu einem Regenklärbecken.

Die Massnahmen

Die Abwässer der Gemeinden Frick, Gipf/Oberfrick und Oeschgen werden seit 2004 über eine Abwasserleitung zur ARA Kaisten geführt und von dort gereinigt in den Rhein abgeleitet. Die ARA Frick wurde aufgehoben. Die bestehenden Becken werden gegenwärtig umgebaut und zukünftig als Regenklärbecken genutzt.

Die Probenahmestellen



Probenahmestelle 1 oberhalb der ARA mit Blickrichtung bachabwärts.

Die Sissle ist an den Probenahmestellen in der Regel wenig beschattet. Die Ufervegetation besteht meistens aus Hochstauden oder aus einzelnen Baumgruppen, welche für wenig Schattenwurf sorgen. Die meist naturnahe Sohle ist über weite Strecken mit Schwellen gesichert, welche die Fischgängigkeit erschweren. Die Sohlenbefestigungen verstärken die Kolmationstendenz (Verfestigung des Sohlensubstrates).



Probenahmestelle 2 unterhalb der ARA mit Blickrichtung bachaufwärts.



Probenahmestelle 3, 0.70 km unterhalb der ARA mit Blickrichtung bachabwärts.



Probenahmestelle 4, 2.50 km unterhalb der ARA mit Blickrichtung bachaufwärts.

Verbesserung im äusseren Aspekt

Die rein äusserlich sichtbaren Qualitätsmerkmale der Sissle haben sich durch die Massnahmen deutlich verbessert. Wo vor der Sanierung 1996 noch Abwassergeruch und an den Steinen schwarze Eisensulfidflecken vorherrschten, sind diese heute verschwunden. Die Tendenz zu Schaumbildung ist nur noch schwach unterhalb von Überfällen und turbulenten Stellen erkennbar. Im Staubereich des Wehrs bei der kantona-

len Abflussmessstelle hatte sich nach der langen Trockenperiode etwas Schlamm abgelagert. Dieser dürfte jeweils bei Regenwetterabfluss weggeschwemmt werden.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien					
		Schlamm- bildung	Trübung	Verfä- rbung	Schaum	Geruch	Eisen- sulfid
oberhalb ARA	1996	schwach	keine	keine	wenig	kein	1%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%
ARA-Einlauf							
unterhalb ARA	1996	keine	keine	keine	mittel	gering	0%
	2006	keine	keine	keine	wenig	kein	0%
0.70 km unterhalb ARA	1996	keine	keine	keine	wenig	gering	0%
	2006	keine	keine	keine	wenig	kein	0%
2.50 km unterhalb ARA	1996	keine	keine	keine	wenig	kein	2%
	2006	mittel	keine	keine	kein	kein	0%

Entwicklung bezüglich Schlamm, Trübung, Verfärbung, Schaum, Geruch und Eisensulfid (FeS).

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien				
		het. Bewuchs	Algen- dichte	Algendeck- ung gesamt	Algendeck- ung KG1-3	Planzen, Moose
oberhalb ARA	1996	3%	3	40%	40%	1
	2006	0%	1	<10%	<10%	1
ARA-Einlauf						
unterhalb ARA	1996	73%	3	50%	50%	1
	2006	0%	2.5	<10%	10-50%	2
0.70 km unterhalb ARA	1996	37%	4	60%	60%	1
	2006	0%	1	<10%	<10%	1
2.50 km unterhalb ARA	1996	0%	4.5	60%	>75	1
	2006	0%	1	<10%	<10%	1

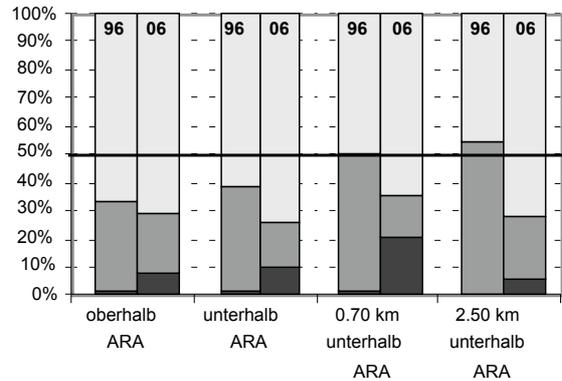
Entwicklung bezüglich sichtbaren Einzellerkolonien und Pflanzenbewuchs. Die Indikatoren des pflanzlichen Bewuchses werden nicht bewertet.

Sichtbare Einzellerkolonien (heterotropher Bewuchs) sind mit der Aufhebung der Abwasser-einleitung in der Sissle verschwunden. Der pflanzliche Bewuchs der Sohle hat sich trotz der ungünstigen Beschattungsverhältnisse stark reduziert.

Reduktion der stofflichen Belastung

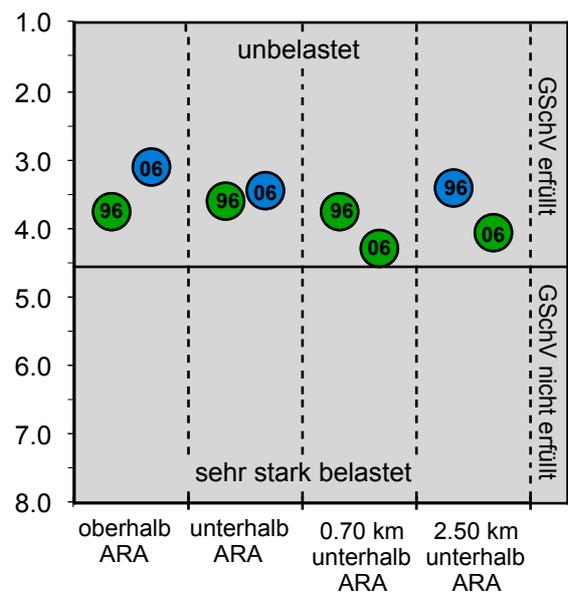
Die organische Belastung konnte deutlich reduziert werden. Im Abschnitt 0.7–2.5 km unterhalb

der früheren ARA-Einleitung ist der Anteil der belastungssensiblen Kieselalgen (Fig. 8, hellgrauer Teil der Säulen) über die 50%-Schwelle gestiegen. Damit ist auch diesbezüglich die Anforderung der Gewässerschutzverordnung (GSchV) erfüllt.



Figur 8: Entwicklung des Gewässerzustandes bezüglich der organischen Belastung der Sissle zwischen 1996 und 2006 (Erklärungen im Text).

Die Gesamtbelastung, gemessen am schweizerischen Kieselalgenindex (DI-CH), ist ober- und unmittelbar unterhalb der früheren ARA-Einleitung leicht zurückgegangen, weiter unten im Abschnitt Oeschgen-Eiken jedoch angestiegen. Der Grund für den Anstieg ist noch unklar. Die gesetzlichen Anforderungen sind aber an allen vier Stellen noch erfüllt (Fig. 9).



Figur 9: Entwicklung der Gewässerbelastung nach DI-CH zwischen 1996 und 2006.

4.2 ARA Wittnau



Ehemalige ARA Wittnau.

Die Massnahmen

Das Abwasser der Gemeinde Wittnau wird seit 2004 über eine Abwasserleitung direkt zur ARA Kaisten geführt und von dort gereinigt in den Rhein abgeleitet. Die ARA Wittnau wurde aufgehoben und wird zu einem Regenklärbecken umgebaut.

Die Probenahmestellen

Stelle 1 liegt ca. 40 m oberhalb des früheren ARA-Ausflusses in einem bewaldeten Tobel. Sohle und Ufer sind natürlich und haben sich in den letzten 10 Jahren morphologisch verändert. Die Sohle ist gut beschattet, wodurch Algenwucherungen gänzlich unterbunden werden.



Probenahmestelle 1, 40 m oberhalb der ARA Wittnau mit Blickrichtung bachaufwärts.

Stelle 2 befindet sich 60 m unterhalb der aufgehobenen ARA-Einleitung. Sie ist ebenfalls von Wald umgeben und weist eine weitgehend natürliche Sohlen- und Uferstruktur auf. Die gute Beschattung lässt kaum Algenbewuchs zu.



Probenahmestelle 2, 60 m unterhalb der ARA Wittnau mit Blickrichtung bachaufwärts.

Verbesserung im äusseren Aspekt

Aufgrund der Massnahmen hat sich der äussere Aspekt des Altbaches unterhalb der ehemaligen Einleitung verbessert. Die früher im Bachwasser auftretende geringe Trübung ist heute verschwunden. Allerdings ist bei der neueren Untersuchung sowohl oberhalb wie auch unterhalb der früheren ARA eine leichte Schaumbildungstendenz festgestellt worden, deren Ursache weiter bachaufwärts gesucht werden muss.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien					
		Schlamm-bildung	Trübung	Verfä-rbung	Schaum	Geruch	Eisen-sulfid
oberhalb ARA	1996	keine	keine	kein	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	wenig	kein	0%
ARA-Einlauf							
unterhalb ARA	1996	keine	gering	keine	wenig	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	wenig	kein	0%

Entwicklung bezüglich Schlamm, Trübung, Verfärbung, Schaum, Geruch und Eisensulfid.

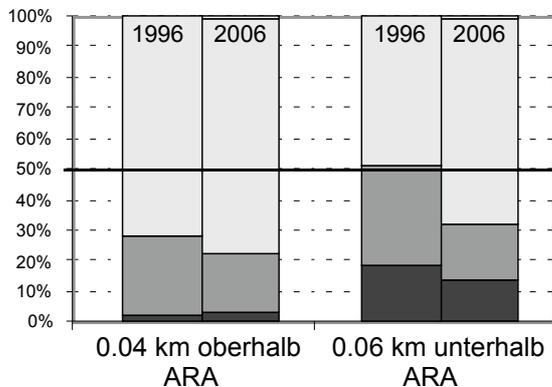
Der sichtbare Bewuchs von tierischen Einzellern (heterotropher Bewuchs) ist heute an beiden Stellen verschwunden. Vor der Sanierung 1996 wiesen oberhalb der Einleitung noch 10% und unterhalb 33% der Steine sichtbare Einzellerkolonien auf. Wie schon früher konnten auch 2006 an beiden Stellen keine Abwasser anzeigenden, wirbellosen Tiere gefunden werden. Die heutige Situation ist vor allem auf die Aufhebung der ARA-Einleitung zurückzuführen.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien				
		het. Bewuchs	Algen-dichte	Algendeckung gesamt	Algendeckung KG1-3	Pflanzen, Moose
oberhalb ARA	1996	10%	1	1%	1%	0
	2006	0%	1	<10%	<10%	<2.5
ARA-Einlauf						
unterhalb ARA	1996	33%	1	1%	1%	1
	2006	0%	1	<10%	<10%	1.5

Entwicklung bezüglich sichtbarer Einzellerkolonien und Pflanzenbewuchs. Die Indikatoren des pflanzlichen Bewuchses werden nicht bewertet.

Die optimale Beschattung des Bachbettes und die ausgezeichneten ökomorphologischen Voraussetzungen sorgen für einen äusserst geringen Algen und Wasserpflanzenbewuchs. Der Bewuchsgrad liegt weit unterhalb der Schwelle, die als lästige Wucherung im Sinne der Gewässerschutzverordnung bezeichnet werden muss.

Reduktion der stofflichen Belastung im Altbach

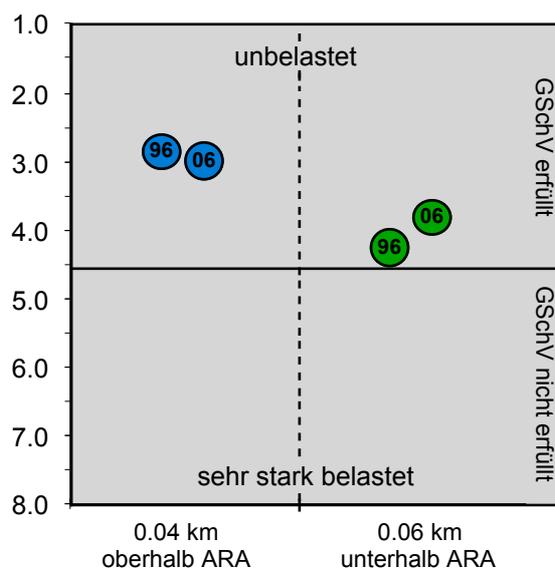


Figur 10: Entwicklung des Gewässerzustandes bezüglich der organischen Belastung des Altbaches zwischen 1996 und 2006. Erläuterungen siehe im Text.

In stofflicher Hinsicht konnte mit den Massnahmen vor allem die organische Belastung reduziert werden (Figur 10). Die Häufigkeit der belastungsresistenten (schwarz) und -toleranten (grau) Kieselalgen fiel an der Stelle unterhalb der ehemaligen ARA-Einleitung unter die 50%-Schwelle. Dies zu Gunsten der belastungsempfindlichen Kieselalgenarten (hellgrau) und neu

aufretender hochsensibler Arten (weiss). Im Jahr 2006 erfüllt die organische Belastung des Altbaches wieder die entsprechenden Anforderungen der Gewässerschutzverordnung.

Die Aufhebung der ARA hat die Gewässerbelastung des Altbaches insgesamt leicht reduziert. Die stoffliche Gesamtbelastung (DI-CH) ging vor allem unterhalb der früheren ARA etwas zurück (Figur 11). Das früher zwischen den beiden Stellen festgestellte Belastungsgefälle besteht aber immer noch, wenn auch in einem geringeren Ausmass. Offensichtlich besteht noch Optimierungspotenzial bei der Regenwasserbehandlung. Mit dem heute noch verbleibenden Grad der Gewässerbelastung werden die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung besser erfüllt.



Figur 11: Entwicklung der Gewässerbelastung nach DI-CH im Altbach zwischen 1996 und 2006

In Bezug auf die Belastung mit Phosphor und Stickstoff zeigen die Kieselalgen keine wesentliche Verminderung an. Hauptsächlich infolge der Oberflächenabschwemmung dieser anorganischen Nährstoffe bleibt der Altbach ein stark gedüngtes Gewässer.

4.3 ARA Wölflinswil



Umbau der ehemaligen ARA Wölflinswil zu einem Regenklärbecken.

Die Massnahmen

Das Abwasser der Gemeinden Wölflinswil und Oberhof wird seit 2005 über eine Abwasserleitung direkt zur ARA Kaisten geführt und von dort gereinigt in den Rhein abgeleitet. Die ARA Wölflinswil wurde aufgehoben. Die ehemaligen Klärbecken werden umgebaut, um sie zukünftig als Regenklärbecken nutzen zu können. Durch bauliche und betriebliche Anpassungen im Zufluss konnte die Funktion der Hochwasserentlastung optimiert werden.

Die Probenahmestellen

Stelle 1 liegt sich ca. 50 m oberhalb des früheren ARA-Ausflusses. Das Ufergehölz wurde seit 1996 linksseitig zurückgeschnitten. Sohle und Ufer sind natürlich und haben sich in den letzten 10 Jahren in ihrer Form merklich verändert. Die Sohle ist heute nur noch teilweise beschattet.



Probenahmestelle 1, 50 m oberhalb der ehemaligen ARA Wölflinswil mit Blickrichtung bachabwärts.

Stelle 2 befindet sich 70 m unterhalb der aufge-

hobenen ARA-Einleitung. Am linken Ufer wurden die Bäume und Sträucher seit der letzten Untersuchung ebenfalls auf die Stöcke gesetzt. Ufer- und Sohlenstruktur sind aber weitgehend natürlich geblieben. Die vorhandene Beschattung verhindert übermässigen Algenbewuchs.



Probenahmestelle 2, 60 m unterhalb der früheren ARA Wölflinswil mit Blickrichtung bachaufwärts.

Verbesserung im äusseren Aspekt

Die ergriffenen Massnahmen haben den äusseren Aspekt des Talbaches unterhalb der ehemaligen Einleitung noch weiter verbessert. Der früher im Bachwasser wahrnehmbare Abwassergeschmack ist heute verschwunden. Alle andern äusseren Belastungsanzeichen wie Schlamm- bildung, Trübung, Verfärbung, Schaum und Eisensulfid treten ebenfalls nicht auf.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien					
		Schlamm- bildung	Trübung	Verfärbung	Schaum	Geruch	Eisen- sulfid
oberhalb ARA	1996	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%
ARA-Einlauf							
unterhalb ARA	1996	keine	keine	keine	kein	gering	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%

Entwicklung bezüglich Schlamm, Trübung, Verfärbung, Schaum, Geruch und Eisensulfid.

Der sichtbare Bewuchs von tierischen Einzellern (heterotropher Bewuchs) ist heute an beiden Stellen vollständig verschwunden. Vor der Sanierung (1996) wiesen oberhalb der Einleitung noch 3% und unterhalb 63% der Steine sichtbare Einzellerkolonien auf. Wie schon früher konnten auch 2006 an beiden Stellen keine Abwasseranzeigenden, wirbellosen Tiere gefunden wer-

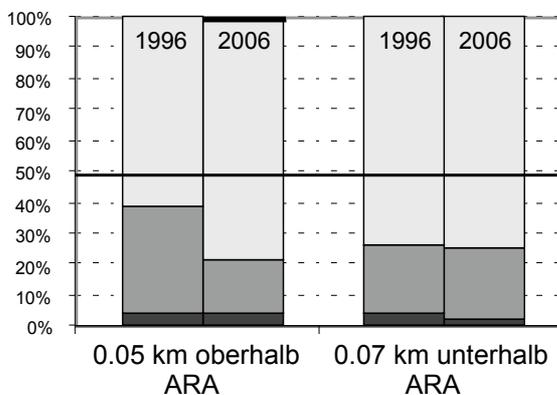
den. Die heutige Situation ist sowohl auf Optimierung der Regenentlastungen als auch auf die Aufhebung der ARA-Einleitung zurückzuführen.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien				
		het. Bewuchs	Algen-dichte	Algendeckung gesamt	Algendeckung KG1-3	Planzen, Moose
oberhalb ARA	1996	3%	1	1%	1%	0
	2006	0%	1	<10%	<10%	1
ARA-Einlauf						
unterhalb ARA	1996	63%	3	20%	20%	1
	2006	0%	2	<10%	<10%	2.5

Entwicklung bezüglich sichtbarer Einzellerkolonien und Pflanzenbewuchs. Die Indikatoren des pflanzlichen Bewuchses werden nicht bewertet.

Trotz der nicht optimalen Beschattung des Bachbettes sorgen die ausgezeichneten ökomorphologischen Voraussetzungen für wenig Algen und Wasserpflanzenbewuchs. Der Bewuchsgrad liegt heute unterhalb der Schwelle, die als lästige Wucherung im Sinne der Gewässerschutzverordnung bezeichnet werden muss.

Weitere Reduktion der stofflichen Belastung im Talbach

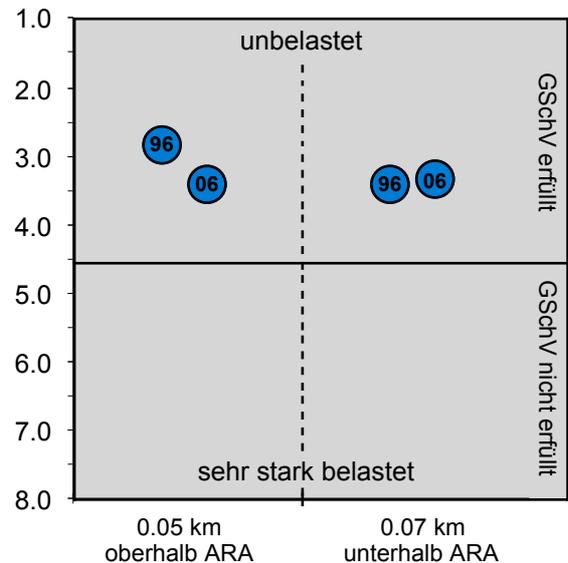


Figur 12: Entwicklung des Gewässerzustandes im Talbach bezüglich der organischen Belastung zwischen 1996 und 2006. Erläuterungen im Text.

Die Aufhebung der ARA Wölflinswil hatte auf die bereits 1996 festgestellte, mässige organische Belastung keinen wesentlichen Einfluss (Figur 12). Die Häufigkeit der belastungsresistenten (schwarz) und -toleranten (grau) Kieselalgen ging an der Stelle oberhalb der ehemaligen ARA-Einleitung weiter zurück und liegt heute deutlich unter der 50%-Schwelle. Dies zu Güns-

ten der belastungsempfindlichen Kieselalgenarten (hellgrau) und neu auftretender hochsensibler Arten (weiss). Unterhalb der ARA ist keine Veränderung festzustellen. Hinsichtlich der organischen Belastung des Altbaches sind die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung im Jahr 2006 erfüllt.

Die Aufhebung der ARA hat die schon 1996 bestehende, relativ schwache Gesamtbelastung des Talbaches kaum beeinflusst. Der DI-CH verschlechterte sich oberhalb der früheren ARA etwas (Figur 13). Unterhalb blieb er praktisch unverändert. Mit dem heute noch verbleibenden Grad der stofflichen Belastung werden die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung immer noch gut erfüllt.



Figur 13: Entwicklung der Gewässerbelastung nach DI-CH im Talbach zwischen 1996 und 2006.

Die Phosphor- und Stickstoffbelastung hat sich gemäss der Kieselalgenuntersuchung nicht wesentlich verändert. Durch die Oberflächenabswemmung der beiden Nährstoffe bleibt der Altbach ein mässig bis stark gedüngtes Gewässer.

4.4 ARA Ueken



Ehemalige ARA Ueken.

Die Massnahmen

Das Abwasser der Gemeinden Ueken und Herznach wird seit 2001 über eine Abwasserleitung direkt zur ARA Frick geführt. Mit deren Aufhebung 2004 gelangt es heute zur ARA Kaisten. Im Zuge dieser Massnahme wurde die ARA Ueken aufgehoben. Es ist vorgesehen, das ehemalige Klärbecken umzubauen und zukünftig als Regenklärbecken zu nutzen.

Die Probenahmestellen

Stelle 1 liegt sich 25 m oberhalb des früheren ARA-Ausflusses. Das Ufer ist beidseitig mit einem dichten Bachgehölz bestockt. Sohle und Ufer sind weitgehend natürlich und haben sich in den letzten 10 Jahren in der Form nicht gross verändert. Die Sohle ist tagsüber die meiste Zeit gut beschattet.



Probenahmestelle 1, 25 m oberhalb der ehemaligen ARA Ueken mit Blickrichtung bachaufwärts.

Stelle 2 befindet sich 75 m unterhalb der aufgehobenen ARA-Einleitung. Am rechten Ufer wurden die Bäume und Sträucher seit der letzten

Untersuchung stellenweise zurückgeschnitten. Ufer- und Sohlenstruktur sind aber weitgehend natürlich geblieben. Die Beschattung lässt nur mässigen Algenbewuchs zu.



Probenahmestelle 2, 75 m unterhalb der früheren ARA Ueken mit Blickrichtung bachaufwärts.

Mit den Massnahmen konnte der äussere Aspekt des Staffeleggbaches unterhalb der ehemaligen Einleitung verbessert werden. Die früher im Bachwasser vorhandene, geringe Trübung und der wahrnehmbare Abwassergeruch sind heute verschwunden. Alle andern äusseren Belastungsanzeichen wie Schlamm- bildung, Verfärbung, Schaum und Eisensulfid treten ebenfalls nicht auf.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien					
		Schlamm- bildung	Trübung	Verfärbung	Schaum	Geruch	Eisen- sulfid
oberhalb ARA	1996	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%
ARA-Einlauf							
unterhalb ARA	1996	keine	gering	keine	kein	gering	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%

Entwicklung bezüglich Schlamm, Trübung, Verfärbung, Schaum, Geruch und Eisensulfid.

Der 1996 noch sichtbare Bewuchs von tierischen Einzellern (heterotropher Bewuchs) ist heute an beiden Stellen verschwunden. Vor der Sanierung (1996) wiesen oberhalb der Einleitung noch 7% und unterhalb 67% der Steine sichtbare Einzelkolonien auf. Die früher an der Stelle unterhalb der ARA vereinzelt auftretenden, Abwasser anzeigenden, wirbellosen Tiere wurden nicht

mehr gefunden. Die heutige Situation ist sowohl auf die Aufhebung der ARA-Einleitung als auch auf die Optimierung der Regenentlastung zurückzuführen.

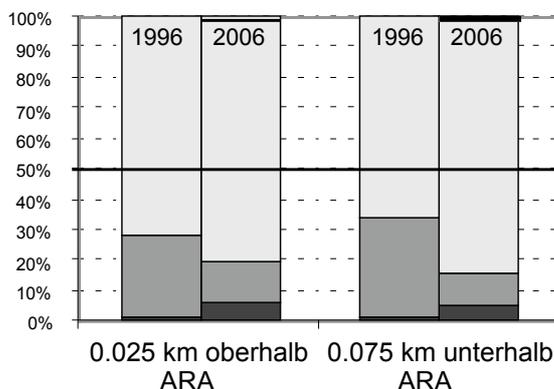
Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien				
		het. Bewuchs	Algen-dichte	Algendeckung gesamt	Algendeckung KG1-3	Planzen, Moose
oberhalb ARA	1996	7%	2.5	20%	20%	1
	2006	0%	1	<10%	<10%	1.5
ARA-Einlauf						
unterhalb ARA	1996	67%	3	10%	15%	1
	2006	0%	1.5	<10%	<10%	1.5

Entwicklung bezüglich sichtbarer Einzellerkolonien und Pflanzenbewuchs. Die Indikatoren des pflanzlichen Bewuchses werden nicht bewertet.

Die ausreichende Beschattung des Bachbettes, die guten ökomorphologischen Voraussetzungen und die kaum kolmatierte Sohle schränken den Algen- und Wasserpflanzenbewuchs in positiver Weise ein. Der Bewuchsgrad liegt weit unterhalb der Schwelle, die als lästige Wucherung im Sinne der Gewässerschutzverordnung bezeichnet werden muss.

Reduktion der stofflichen Belastung im Staffeleggbach

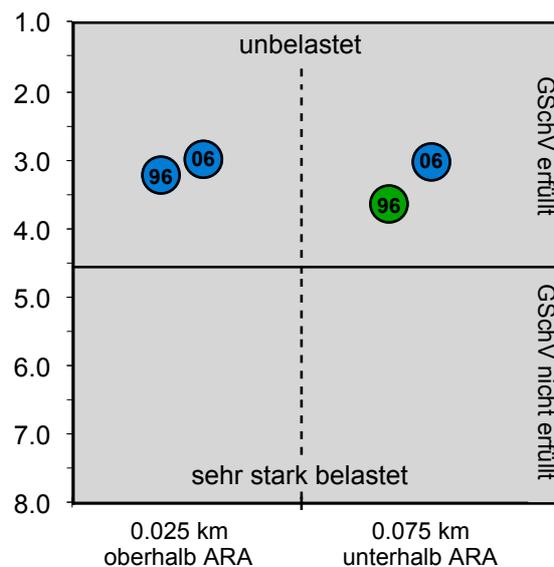
In stofflicher Hinsicht konnte mit den Massnahmen die organische Belastung reduziert werden (Figur 14). Die Häufigkeit der belastungstoleranten Kieselalgen (grau) ging an beiden Stellen deutlich zurück. Dies zu Gunsten der belastungs-



Figur 14: Entwicklung des Gewässerzustandes im Staffeleggbach bezüglich der organischen Belastung zwischen 1996 und 2006. Erläuterungen im Text.

empfindlichen Kieselalgenarten (hellgrau) und

neu auftretender hochsensibler Arten (weiss). Hingegen treten belastungsresistente Arten (schwarz) etwas häufiger auf. Für sich allein genommen erfüllt im Jahr 2006 auch die organische Belastung des Staffeleggbaches die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung besser als früher.



Figur 15: Entwicklung der Gewässerbelastung nach DI-CH im Staffeleggbach zwischen 1996 und 2006

Auch hinsichtlich der stofflichen Gesamtbelastung (gemessen am DI-CH) hat die Aufhebung der ARA-Einleitung die Belastungssituation im den Staffeleggbach verbessert. Sie ging vor allem unterhalb der früheren ARA um eine Belastungsstufe zurück (Figur 15 und Abbildung 4). Mit dem heute noch verbleibenden Grad der Gewässerbelastung werden die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung besser erfüllt als früher.

Bezüglich der Belastung mit Phosphor und Stickstoff zeigen die Kieselalgen keine Verminderung an. Hauptsächlich infolge der Oberflächenabswemmung bleibt der Staffeleggbach (wie bei der früheren Untersuchung) ein stark mit Phosphor und Stickstoff gedüngtes Gewässer.

4.5 ARA Densbüren



ARA Densbüren 2006

Der Stand der Abwasserreinigung

Das Abwasser der Gemeinde Densbüren wird seit 1977 durch die kommunale Abwasserreinigungsanlage gereinigt in den Staffeleggbach abgeleitet. Die ARA hat eine hydraulische und biologische Reinigungsleistung von 1500 EW. Es ist geplant, die ARA zu einem späteren Zeitpunkt ebenfalls aufzuheben und die Abwässer in Kaisten zu reinigen.

Die Probenahmestellen

Stelle 1 liegt ca. 80 m oberhalb des ARA-Ausflusses. Die Ufer sind beidseitig mit einem dichten Bachgehölz bestockt, welches das Gewässerbett vollständig überdeckt. Sohle und Ufer sind natürlich und haben sich in den letzten 10 Jahren in der Form wenig verändert. Die Sohle ist gut beschattet, wodurch Algenwucherungen vollständig unterbunden werden.



Probenahmestelle 1, 80 m oberhalb der ARA Densbüren mit Blickrichtung bachaufwärts.

Stelle 2 befindet sich 100 m unterhalb der ARA-Einleitung. Am rechten Ufer hat sich seit der

letzten Untersuchung vor 10 Jahren ein dichter Strauchbestand entwickelt. Ufer- und Sohlenstruktur sind weitgehend natürlich geblieben. Die Beschattung der Bachsohle ist immer noch lückenhaft, wodurch der Algenbewuchs sich etwas stärker entwickeln kann als an der weiter oben gelegenen Stelle.



Probenahmestelle 2, 100 m unterhalb der ARA Densbüren mit Blickrichtung bachaufwärts.

Leichte Verbesserung im äusseren Aspekt

Im Vergleich zur Untersuchung von 1996 hat sich der äussere Aspekt des Staffeleggbaches unterhalb der Einleitung verbessert. Der früher im Bachwasser wahrnehmbare Abwassergeruch ist heute verschwunden. Alle andern äusseren Belastungsanzeichen wie Schlamm- bildung, Trübung Verfärbung, Schaum und Eisensulfid treten – wie schon früher – ebenfalls nicht auf.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien					
		Schlamm- bildung	Trübung	Verfä- rbung	Schaum	Geruch	Eisen- sulfid
oberhalb ARA	1996	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%
ARA-Einlauf							
unterhalb ARA	1996	keine	keine	keine	kein	gering	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%

Entwicklung bezüglich Schlamm, Trübung, Verfärbung, Schaum, Geruch und Eisensulfid.

Der sichtbare Bewuchs von tierischen Einzellern (heterotropher Bewuchs) ist heute an beiden Stellen vollständig verschwunden. 1996 wiesen unterhalb der ARA noch 30% der Steine sichtbare Einzellerkolonien auf. Oberhalb der ARA-Einleitung wurden schon damals keine gefunden. Wie schon früher traten auch 2006 an bei-

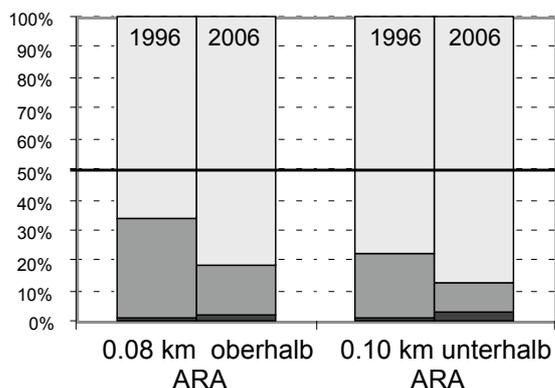
den Stellen keine Abwasser anzeigenden, wirbellosen Tiere auf. Die heutige Situation ist vermutlich auf eine Optimierung des ARA-Betriebs zurückzuführen.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien				
		het. Bewuchs	Algen-dichte	Algendeckung gesamt	Algendeckung KG1-3	Pflanzen, Moose
oberhalb ARA	1996	0%	2	10%	15%	1
	2006	0%	2	<10%	10%	2.5
ARA-Einlauf						
unterhalb ARA	1996	30%	2	15%	15%	1
	2006	0%	3	10-50%	10-50%	2.5

Entwicklung bezüglich sichtbarer Einzellerkolonien und Pflanzenbewuchs. Die Indikatoren des pflanzlichen Bewuchses werden nicht bewertet.

Die ausreichende Beschattung des Bachbettes und die periodische Umschichtung der nicht kolmatierten Bachsohle bei Hochwasserabfluss sorgen oberhalb der ARA für einen geringen, unterhalb für einen mässigen Algen- und Wasserpflanzenbewuchs. Der Bewuchsgrad liegt an beiden Stellen deutlich unterhalb der Schwelle, die als lästige Wucherung im Sinne der Gewässerschutzverordnung bezeichnet werden muss.

Guter stofflicher Gewässerzustand im Staffeleggbach

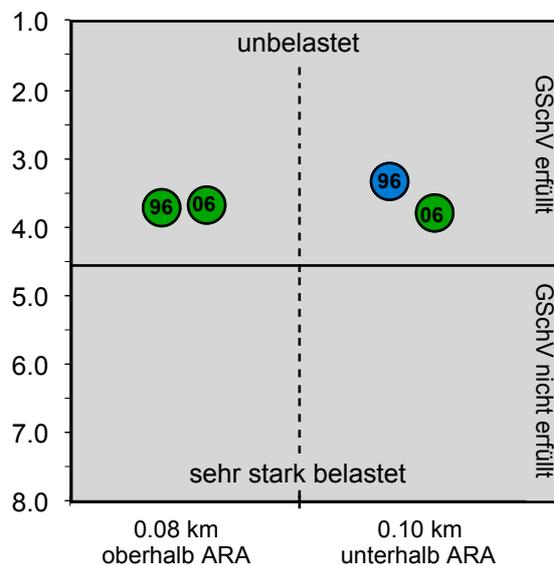


Figur 16: Entwicklung des Gewässerzustandes im Staffeleggbach bezüglich der organischen Belastung zwischen 1996 und 2006. Erläuterungen im Text.

In stofflicher Hinsicht ist im Vergleich zur Untersuchung 1996 die organische Belastung leicht zurückgegangen (Figur 16). Die Häufigkeit der belastungstoleranten Kieselalgen (grau) ging an beiden Stellen deutlich zurück. Dies zu Gunsten

der belastungsempfindlichen Kieselalgenarten (hellgrau). Hingegen treten belastungsresistente Arten (schwarz) etwas häufiger auf. Für sich allein genommen erfüllt auch die organische Belastung des Staffeleggbaches im Jahr 2006 die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung besser als früher.

Die stoffliche Gesamtbelastung des Staffeleggbachs hat sich jedoch wenig verändert. Der Belastungsindex (DI-CH) blieb oberhalb der ARA-Einleitung gleich, unterhalb verschlechterte sie sich um eine Belastungsstufe (Figur 17 und Abbildung 4). Mit dem heute verbleibenden Belastungsgrad werden aber die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung immer noch erfüllt.



Figur 17: Entwicklung der Gewässerbelastung im Staffeleggbach nach DI-CH zwischen 1996 und 2006 .

Auch in Bezug auf die Belastung mit Phosphor und Stickstoff zeigen die Kieselalgen keine nennenswerte Veränderung an. Hauptsächlich infolge der Oberflächenabschwemmung bleibt der Staffeleggbach ein stark mit Phosphor und Stickstoff gedüngtes Gewässer.

4.6 ARA Gansingen



Umbau der ehemaligen ARA Gansingen zum Regenklärbecken.

Die Massnahmen

Das gereinigte Abwasser wurde zunächst über die vor 1999 erstellte, regionale Abwasserleitung in den Rhein abgeleitet. Ab 2004 erfolgte der Anschluss an die ARA Kaisten, von wo heute die Abwässer gereinigt in den Rhein gelangen. Die ARA Gansingen wurde aufgehoben. Die bestehenden Becken wurden umgebaut und werden heute als Regenklärbecken genutzt.

Die Probenahmestellen

Stelle 1 befindet sich ca. 100 m oberhalb des früheren ARA-Ausflusses. Die Ufer sind beidseitig von einem dichten Bachgehölz bestockt, welches die Bachsohle gut beschattet. Unerwünschte Algenwucherungen werden so unterbunden.



Probenahmestelle oberhalb der ARA mit Blickrichtung bachaufwärts.

Stelle 2 liegt 100 m unterhalb des ehemaligen ARA-Ausflusses und ist ebenfalls durch ein dichtes Bachgehölz gesäumt. Die Sohle des Bürerbaches

hat an beiden Stellen ein lockeres und natürliches Kiessubstrat.



Probenahmestelle unterhalb der ARA mit Blickrichtung bachaufwärts.

Verbesserung im äusseren Aspekt

Aufgrund der Massnahmen ist der äussere Aspekt des Bürerbaches unterhalb der ehemaligen Einleitung nicht mehr zu beanstanden. Dabei war vor allem die Inbetriebnahme der regionalen Abwasserleitung wirksam. Die früher im Bachwasser auftretende Trübung, Schaumbildung und geruchliche Beeinträchtigung ist heute verschwunden. Auch kommen die vor drei Jahren noch sporadisch vorhandenen Eisensulfidflecken nicht mehr vor.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien					
		Schlamm-bildung	Trübung	Verfä-rbung	Schaum	Geruch	Eisen-sulfid
0.10 km oberhalb ARA	1996	keine	keine	keine	wenig	kein	0%
	1999	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	1%
ARA-Einlauf							
0.10 km unterhalb ARA	1996	keine	gering	keine	wenig	gering	2%
	1999	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%

Entwicklung bezüglich Schlamm, Trübung, Verfärbung, Schaum, Geruch und Eisensulfid.

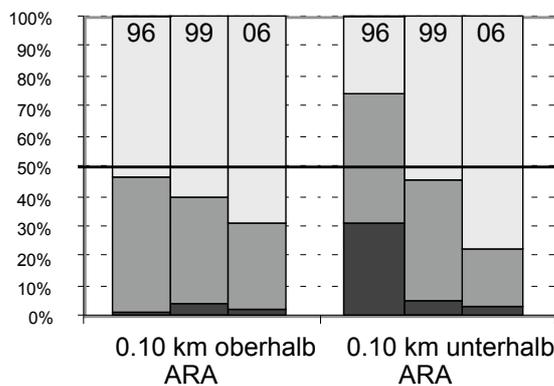
Der sichtbare Bewuchs von tierischen Einzellern (heterotropher Bewuchs) ist heute verschwunden. Wo vor der Sanierung unterhalb der Einleitung 97% der Steine sichtbare Einzellerkolonien aufwiesen, waren nach Inbetriebnahme der Abwasserleitung 1999 gerade noch 13% bewachsen. Mit der Optimierung der Regenentlastung ist der Bewuchs sowohl oberhalb als auch unterhalb der früheren ARA ganz verschwunden.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien				
		het. Bewuchs	Algen-dichte	Algendeckung gesamt	Algendeckung KG1-3	Planzen, Moose
0.10 km oberhalb ARA	1996	17%	1	0%	0%	1
	1999	3%	1	1%	2%	1
	2006	0%	0	0%	0%	0
ARA-Einlauf						
0.10 km unterhalb ARA	1996	97%	3	49%	55%	1
	1999	13%	1	1%	2%	1
	2006	0%	1	0%	0%	0%

Entwicklung bezüglich sichtbarer Einzellerkolonien und Pflanzenbewuchs. Die Indikatoren des pflanzlichen Bewuchses werden nicht bewertet.

Der Algenbewuchs der Bachsohle ist unterhalb der früheren Abwassereinleitung stark zurückgegangen. Da Beschattung und Sohlensubstrat kaum änderten und im Vorfeld der Probenahme kein Hochwasser verzeichnet wurde, kann dies auf die gestoppte Nährstoffzufuhr aus der früheren ARA zurückgeführt werden. Der gegenwärtige Bewuchs mit Fadenalgen, Moosen und höheren Wasserpflanzen ist gering und kann in keiner Weise als lästige Wucherung bezeichnet werden.

Deutliche Reduktion der stofflichen Belastung im Bürerbach

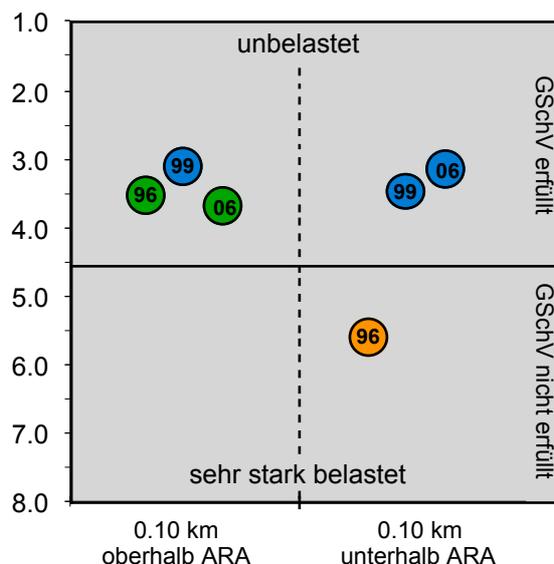


Figur 18: Entwicklung des Gewässerzustandes im Bürerbach bezüglich der organischen Belastung zwischen 1996, 1999 und 2006. Erläuterungen im Text.

In stofflicher Hinsicht konnte mit den Massnahmen vor allem die organische Belastung reduziert werden (Figur 18). Die Häufigkeit der belastungsresistenten (schwarz) und -toleranten (grau) Kieselalgen fiel unter die 50%-Schwelle.

Dies zu Gunsten der belastungsempfindlichen Kieselalgenarten (hellgrau). Dabei trugen die beiden Sanierungsetappen gleichermassen dazu bei. Für sich allein genommen erfüllt die organische Belastung des Bürerbaches die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung besser als früher.

Die Aufhebung der ARA hat die stoffliche Gesamtbelastung des Bürerbaches deutlich reduziert. Der dafür geltende schweizerische Belastungsindex (DI-CH) hat massiv abgenommen (Figur 19). Markant dazu beigetragen hat die Inbetriebnahme der regionalen Abwasserleitung zum Rhein zwischen 1996 und 1999. Der heute noch verbleibende Grad der Gewässerbelastung erfüllt die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung.



Figur 19: Entwicklung der Gewässerbelastung nach DI-CH zwischen 1996, 1999 und 2006.

In Bezug auf die Belastung mit Phosphor und Stickstoff zeigen die Kieselalgen eine Verminderung um eine Stufe in der Nährstoffskala an. Trotzdem bleibt der Bürerbach infolge der Oberflächenabschwemmung ein mässig bis stark gedüngtes Gewässer.

4.7 ARA Oberhofen



Umbau der ehemaligen ARA Oberhofen zum Regenklärbecken.

Die Massnahmen

Das Abwasser wurde zunächst über die vor 1999 erstellte, regionale Abwasserleitung in den Rhein abgeleitet. Ab 2004 erfolgte der Anschluss an die ARA Kaisten, von wo heute die Abwässer gereinigt in den Rhein gelangen. Die ARA Oberhofen wurde aufgehoben. Die bestehenden Becken wurden umgebaut und werden heute als Regenklärbecken genutzt.

Die Probenahmestellen

Stelle 1 befindet sich ca. 50 m oberhalb des früheren ARA-Ausflusses. Die Ufer sind beidseitig mit einem lückigen Bachgehölz bestockt. Zwischen den Baumgruppen sind Hochstaudenfluren und Büsche eingestreut.



Probenahmestelle oberhalb der früheren ARA mit Blickrichtung bachabwärts.

Stelle 2 liegt 100 m unterhalb des ehemaligen ARA-Ausflusses und weist eine ähnliche Vegetation wie Stelle 1 auf. Die Beschattung des Bachbettes ist hier deutlich stärker. Der Lauf des Bü-

erbaches weist an beiden Stellen eine naturnahe Gewässerstruktur auf. Das Sohlenmaterial ist locker gelagert und natürlich.



Probenahmestelle unterhalb der früheren ARA mit Blickrichtung bachaufwärts.

Verbesserung im äusseren Aspekt

Die Sanierung hat auf den äusseren Aspekt des Bürerbaches keinen Einfluss, da dieser schon bei früheren Untersuchungen (1996, 1999) nicht beanstandet werden musste. Sowohl oberhalb als auch unterhalb der ARA zeigen sich an keiner Stelle Schlamm- bildung, Trübung, Verfärbung, Schaumbildung, unnatürlicher Geruch und Eisensulfidflecken. Die Anforderungen bezüglich der genannten Kriterien sind auch heute noch vollumfänglich erfüllt.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien					
		Schlamm- bildung	Trübung	Verfärb- ung	Schaum	Geruch	Eisen- sulfid
0.05 km oberhalb ARA	1996	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	1999	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%
ARA-Einlauf							
0.13 km unterhalb ARA	1996	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	1999	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%

Entwicklung bezüglich Schlamm, Trübung, Verfärbung, Schaum, Geruch und Eisensulfid

Mit der direkten Ableitung des Abwassers aus Oberhofen und Gansingen in die ARA Kaisten, sind im Bürerbach die unerwünschten, sichtbaren Einzellerkolonien (heterotropher Bewuchs) verschwunden. Als die beiden ARA's noch in Betrieb waren wiesen oberhalb der Einleitung 53% und unterhalb 40% der Steine sichtbare Einzellerkolonien auf. Ein Teil des heutigen Erfolges ist

auch auf die seit 1999 erfolgte Optimierung der Hochwasserentlastung zurückzuführen. Diese springen heute weniger oft an.

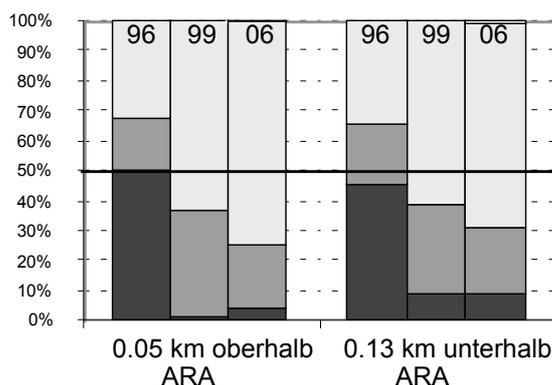
Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien				
		het. Bewuchs	Algen-dichte	Algendeckung gesamt	Algendeckung KG1-3	Planzen, Moose
0.05 km oberhalb ARA	1996	53%	3	20%	25%	1
	1999	10%	1	5%	5%	1.5
	2006	0%	3	10-50%	50-75%	0
ARA-Einlauf						
0.13 km unterhalb ARA	1996	40%	3	25%	30%	1
	1999	3%	2	5%	20%	1
	2006	0%	1	<10%	10-50%	1

Entwicklung bezüglich sichtbarer Einzellerkolonien und Pflanzenbewuchs. Die Indikatoren des pflanzlichen Bewuchses werden nicht bewertet.

Der Algenbewuchs der Bachsohle ist oberhalb der früheren ARA gleich geblieben, unterhalb jedoch leicht zurückgegangen. Der gegenwärtige Bewuchs mit Fadenalgen ist mässig und kann nicht als lästige Wucherung im Sinne der Gewässerschutzverordnung bezeichnet werden.

Deutliche Reduktion der stofflichen Belastung im Bürerbach

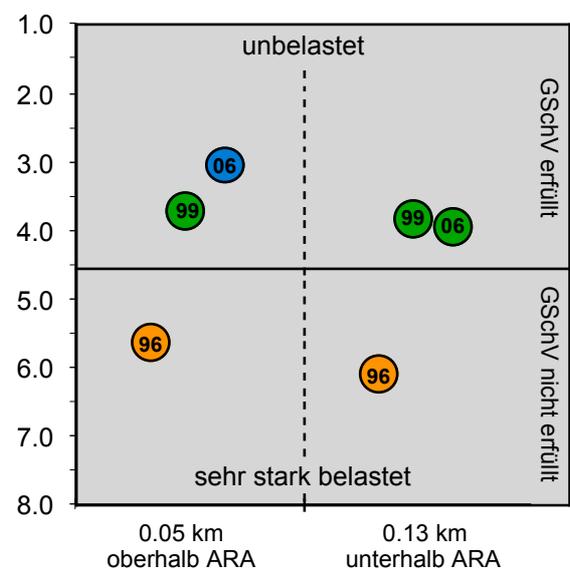
Stark zurückgegangen ist die Belastung mit organischen Stoffen. Heute dominieren im Bürerbach wieder die belastungssensiblen Kieselalgen (hellgrauer Teil der Säulen in Figur 20).



Figur 20: Entwicklung des Gewässerzustandes im Bürerbach bezüglich der organischen Belastung zwischen 1996, 1999 und 2006. Erläuterungen im Text.

Bezüglich der organischen Belastung werden die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung heute erfüllt.

Auch die stoffliche Gesamtbelastung wurde durch das Ausbauprogramm sowohl oberhalb als auch unterhalb der früheren ARA-Einleitung deutlich reduziert. Der diesbezüglich relevante Belastungsindex (DI-CH) hat massiv abgenommen (Figur 21). Ein wesentlicher Anteil ist den Massnahmen in Gansingen zuzuschreiben, welche auch die Vorbelastung in Oberhofen reduzierte. Als wichtigste Massnahme erweist sich aber die Inbetriebnahme der regionalen Abwasserleitung zum Rhein zwischen 1996 und 1999. Sie verbesserte den Gewässerzustand beinahe auf das heutige Niveau. Beim noch verbleibenden Belastungsgrad des Bürerbaches im Bereich der früheren ARA Oberhofen werden die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung erfüllt.



Figur 21: Entwicklung des Gewässerzustandes nach DI-CH zwischen 1996, 1999 und 2006.

Wie die Kieselalgenuntersuchung weiter zeigte, bleibt der Bürerbach infolge der Oberflächenabswemmung von Phosphor und Stickstoff nach wie vor ein nährstoffreiches Gewässer. Die Sanierungsmassnahmen hatten diesbezüglich einen geringen Einfluss.

4.8 ARA Hottwil



Stillgelegte ARA Hottwil.

Die Massnahmen

Das Abwasser wurde zunächst über die vor 1999 erstellte, regionale Abwasserleitung in den Rhein abgeleitet. Ab 2004 erfolgte der Anschluss an die ARA Kaisten, von wo heute die Abwässer gereinigt in den Rhein gelangen. Die ARA Hottwil wurde aufgehoben. Zur Regenwasserbehandlung ist ein Fangkanal geplant.

Die Probenahmestellen

Stelle 1 befindet sich ca. 100 m oberhalb des früheren ARA-Ausflusses. Die Ufer sind beidseitig mit Büschen und Hochstauden bewachsen. Früher war hier ein dichtes Bachgehölz vorhanden.



Probenahmestelle oberhalb der früheren ARA mit Blickrichtung bachaufwärts.

An der Stelle 2, 100 m unterhalb des aufgehobenen ARA-Ausflusses, ist das dichte Bachgehölz noch erhalten. Die Beschattung des Bachbettes ist hier deutlich stärker. Der natürliche Lauf des Etzgerbachs ist im untersuchten Abschnitt im Vergleich zu früher unverändert. Die Sohle be-

steht an beiden Stellen aus Kies mit natürlicher Korngrößenverteilung.



Probenahmestelle unterhalb der früheren ARA mit Blickrichtung bachaufwärts.

Verbesserung im äusseren Aspekt

Die Sanierung hat auf die direkt sichtbaren Merkmale des äusseren Aspektes im Etzgerbach keinen erkennbaren Einfluss, da dieser schon bei den früheren Untersuchungen (1996, 1999) nicht beanstandet werden musste. Sowohl oberhalb als auch unterhalb der ARA zeigen sich an keiner Stelle Schlamm- bildung, Trübung, Verfärbung, Schaumbildung, unnatürlicher Geruch und Eisensulfidflecken. Die Anforderungen sind hinsichtlich dieser Kriterien auch heute noch vollumfänglich erfüllt.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien					
		Schlamm- bildung	Trübung	Verfärb- ung	Schaum	Geruch	Eisen- sulfid
0.10 km oberhalb ARA	1996	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	1999	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%
ARA-Einlauf							
0.10 km unterhalb ARA	1996	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	1999	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%

Entwicklung bezüglich Schlamm, Trübung, Verfärbung, Schaum, Geruch und Eisensulfid.

Mit der direkten Ableitung des Abwassers aus Hottwil in die ARA Kaisten sind im Etzgerbach die unerwünschten, sichtbaren Einzellerkolonien (heterotropher Bewuchs) verschwunden. Als die ARA noch in Betrieb war zeigten oberhalb der Einleitung 7% und unterhalb 43% der Steine sichtbare Einzellerkolonien.

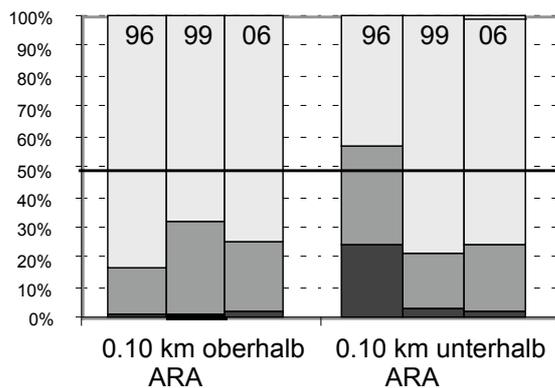
Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien				
		het. Bewuchs	Algen-dichte	Algendeckung gesamt	Algendeckung KG1-3	Pflanzen, Moose
0.10 km oberhalb ARA	1996	7%	4	40%	40%	1
	1999	0%	4	40%	70%	2
	2006	0%	1	<10%	<10	1
ARA-Einlauf						
0.10 km unterhalb ARA	1996	43%	3	20%	30%	1
	1999	0%	4	60%	80%	1
	2006	0%	0	<10%	<10%	0

Entwicklung bezüglich sichtbarer Einzellerkolonien und Pflanzenbewuchs. Die Indikatoren des pflanzlichen Bewuchses werden nicht bewertet.

Der Algenbewuchs der Bachsohle ist sowohl oberhalb als auch unterhalb des früheren ARA-Ausflusses stark zurückgegangen. Der gegenwärtige Bewuchs mit Fadenalgen ist gering und kann in keiner Weise als lästige Wucherung im Sinne der Gewässerschutzverordnung bezeichnet werden.

Wirksame Reduktion der stofflichen Belastung im Etzgerbach

Wie schon das Verschwinden der sichtbaren Beläge mit tierischen Einzellerkolonien direkt andeutet, hat die Inbetriebnahme der regionalen Abwasserleitung und die damit verbundene Aufhebung der ARA Hottwil die Belastung des Etzgerbaches speziell mit organischen Stoffen drastisch reduziert.

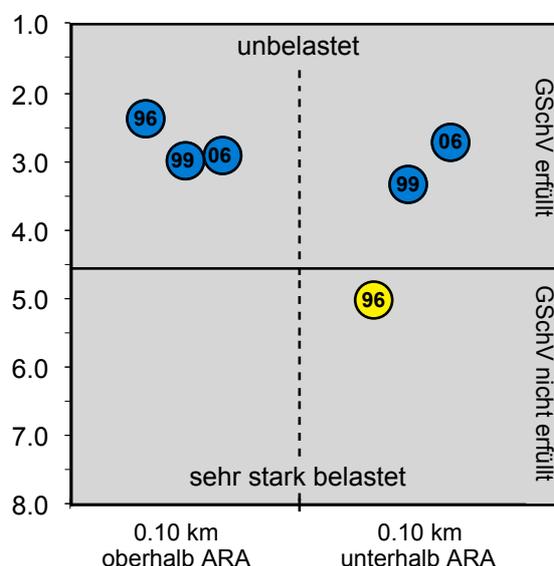


Figur 22: Entwicklung des Gewässerzustandes im Etzgerbach bezüglich der organischen Belastung zwischen 1996, 1999 und 2006. Erläuterungen im Text.

Der Anteil der belastungssensiblen Kieselalgen (siehe grauer Teil der Säulen in Figur 22) liegt im

Abschnitt unterhalb der ehemaligen ARA-Einleitung wieder deutlich über 50%. Der Etzgerbach vermag heute auch unterhalb der früheren ARA die diesbezüglichen Anforderungen der Gewässerschutzverordnung zu erfüllen.

Die Realisierung der regionalen Abwasserleitung in den Rhein und die Aufhebung der ARA-Einleitung in den Etzgerbach hat den Gewässerzustand auch bezüglich der stofflichen Gesamtbelastung wirksam verbessert. Der diesbezüglich aussagekräftige Belastungsindex (DI-CH) erfüllt nun im Etzgerbach im Bereich der früheren ARA die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung deutlich (Figur 23).



Figur 23: Entwicklung des Gewässerzustandes nach DI-CH zwischen 1996, 1999 und 2006.

Hinsichtlich der Belastung mit Phosphor und Stickstoff zeigen die untersuchten Kieselalgen eine Verminderung um eine Stufe in der Nährstoffskala an. Trotzdem bleibt der Etzgerbach infolge der Oberflächenabschwemmung ein mässig bis stark gedüngtes Gewässer. Dies geht auch aus chemischen Untersuchungen seit 2000 bei Etzgen hervor.

4.9 ARA Wil



Stillgelegte ARA Wil.

Massnahmen

Das Abwasser der Gemeinde Wil wurde wie bei den andern Gemeinden im Mettauertal zunächst über die vor 1999 erstellte, regionale Abwasserleitung in den Rhein abgeleitet. Ab 2004 erfolgte der Anschluss an die ARA Kaisten, von wo heute die Abwässer gereinigt in den Rhein gelangen. Die ARA Wil wurde aufgehoben. Die bestehenden Becken werden umgebaut und als Regenklärbecken genutzt.

Die Probenahmestellen

Stelle 1 befindet sich 50 m oberhalb der früheren ARA und 325 m oberhalb des ehemaligen ARA-Ausflusses. Die Ufer sind auf der linken Seite von einem Bachgehölz und rechtsseitig von Büschen und Hochstauden gesäumt. Im Vergleich zur den früheren Untersuchungen sind die Ufer heute noch stärker zugewachsen.



Probenahmestelle oberhalb der früheren ARA mit Blickrichtung bachaufwärts.

Stelle 2 befindet sich 100 m unterhalb des früheren ARA-Ausflusses. Das linke Ufer ist bewal-

det während das rechte Ufer im Bereich des Waldrandes liegt. Rechtsseitig ist das Ufer mit grösseren Blöcken gesichert. Der Etzgerbach hat im Untersuchungsabschnitt einen natürlich strukturierten Bachlauf. Die Sohle besteht an beiden Stellen aus Kies mit natürlicher Korngrößenverteilung.



Probenahmestelle unterhalb der früheren ARA mit Blickrichtung bachabwärts.

Verbesserung im äusseren Aspekt

Der Bau der regionalen Abwasserleitung und die Aufhebung der ARA Wil hat im Etzgerbach die direkt sichtbaren Merkmale des äusseren Aspektes wesentlich verbessert. Während vor der Sanierung unterhalb des früheren ARA-Ausflusses noch Trübung, Schaum, Abwassergeruch und Eisensulfidflecken beobachtet werden konnten, waren diese Belastungsanzeichen 1999, nach Inbetriebnahme der Abwasserleitung, verschwunden. Die Anforderungen bezüglich der genannten Merkmale sind heute auch mit den Optimierungen in der Siedlungsentwässerung vollumfänglich erfüllt.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien					
		Schlamm-bildung	Trübung	Verfä-rbung	Schaum	Geruch	Eisen-sulfid
0.32 km oberhalb ARA	1996	keine	keine	keine	wenig	kein	0%
	1999	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%
ARA-Einlauf							
0.10 km unterhalb ARA	1996	keine	gering	keine	wenig	gering	6%
	1999	keine	keine	keine	kein	kein	0%
	2006	keine	keine	keine	kein	kein	0%

Entwicklung bezüglich Schlamm, Trübung, Verfärbung, Schaum, Geruch und Eisensulfid.

Mit der direkten Ableitung des Abwassers aus

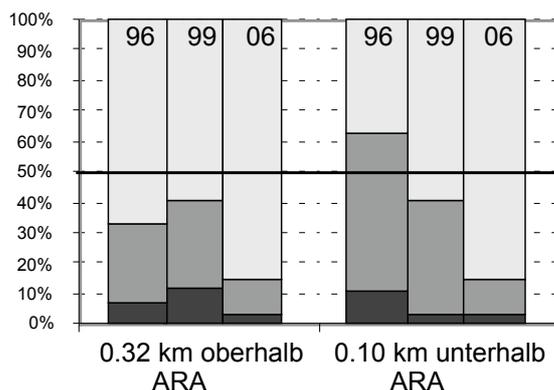
Wil in die ARA Kaisten sind im Etzgerbach die unerwünschten, sichtbaren Einzellerkolonien (heterotropher Bewuchs) verschwunden. Als die ARAs von Hotwil und Wil noch in Betrieb waren zeigten oberhalb der Einleitung 17% und unterhalb der früheren Einleitung 7% der Steine sichtbare Einzellerkolonien.

Stelle	Jahr	Beurteilungskriterien				
		het. Bewuchs	Algen-dichte	Algendeckung gesamt	Algendeckung KG1-3	Planzen, Moose
0.32 km oberhalb ARA	1996	17%	2	10%	10%	2
	1999	0%	0	1%	2%	1
	2006	0%	0	<10%	<10%	1
ARA-Einlauf						
0.10 km unterhalb ARA	1996	7%	2.5	40%	55%	1
	1999	0%	1	1%	1%	1
	2006	0%	3	10-50%	10-50%	1

Entwicklung bezüglich sichtbarer Einzellerkolonien und Pflanzenbewuchs. Die Indikatoren des pflanzlichen Bewuchses werden nicht bewertet.

Der Algenbewuchs der Bachsohle ist leicht zurückgegangen. Der gegenwärtige Bewuchs mit Fadenalgen erreicht im Sommer aber noch nicht ein Ausmass, das als lästige Wucherung im Sinne der Gewässerschutzverordnung bezeichnet werden kann.

Deutliche Reduktion der stofflichen Belastung im Etzgerbach

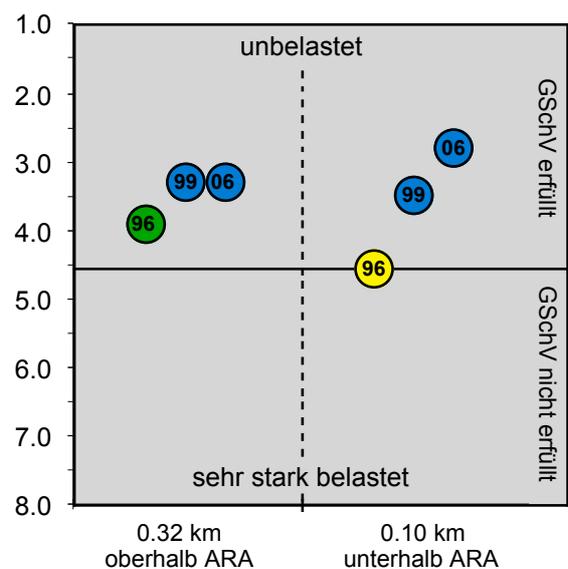


Figur 24: Entwicklung des Gewässerzustandes im Etzgerbach bezüglich der organischen Belastung zwischen 1996, 1999 und 2006. Erläuterungen im Text.

Stark zurückgegangen ist insbesondere auch die Belastung mit organischen Stoffen. Die Aufhebung der ARA-Einleitung und die Optimierung der Hochwasserentlastung haben gleichermaßen

dazu beigetragen. Heute liegt im Etzgerbach der Anteil der belastungssensiblen Kieselalgen (hellgrauer Teil der Säulen in Figur 24) wieder deutlich über der 50%-Schwelle. Bezüglich der organischen Belastung werden damit die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung erfüllt.

Mit den getroffenen Massnahmen konnte auch die stoffliche Gesamtbelastung des Etzgerbaches schon 1999 wirksam verbessert werden. Unterstützend wirkten dabei die Massnahmen in Hottwil. Die zwischen 1999 und 2006 in Wil getroffenen, zusätzlichen Massnahmen verstärkten den insgesamt positiven Effekt. Der hinsichtlich der Gesamtbelastung geltende schweizerische Belastungsindex (DI-CH) erfüllt nun im Etzgerbach im Bereich der früheren ARA die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung deutlich (Figur 25).



Figur 25: Entwicklung des Gewässerzustandes nach DI-CH zwischen 1996, 1999 und 2006.

Aus der Erfolgskontrolle geht aber auch hervor, dass infolge der Oberflächenabschwemmung von Phosphor und Stickstoff der Etzgerbach ein nährstoffreiches Gewässer bleibt. Dies bestätigen auch die chemischen Untersuchungen bei Etzgen seit 2000.

5. Literatur

- [1] Chaix, O.; Ochsenbein, U.; Elber, F. (1995): Prioritäten für technisch-bauliche Gewässerschutzmassnahmen. Gas Wasser Abwasser 75, Heft 9, 703-713.
- [2] Thomas, E. A.; Schanz, F. (1976): Beziehungen zwischen Wasserchemismus und Primärproduktion in Fliessgewässern, ein limnologisches Problem. Vierteljahresschrift Natf. Ges. Zürich, 121, 309-317.
- [3] 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.
- [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.): Süswasserflora von Mitteleuropa Bd 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. Algologie
- [9] Erni, G.; Preisig, H.R., (1994): Hydrobiologische Untersuchungen am Unterlauf der Thur (Kanton Zürich, Schweiz). Algen. Vierteljahresschrift der Natf. Ges. Zürich 139, Heft 2, 71-78.
- [10] Hürlimann, J.; Niederhauser, P. (2006): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Kieselalgen Stufe F.
- [11] BUWAL (1998): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Modul-Stufen-Konzept. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 26, Bern.
- [12] BUWAL (2006): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Äusserer Aspekt. Entwurf, Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr., Bern.
- [13] Kanton Aargau, Regierungsrat (1990): Stand und Entwicklung des Gewässerschutzes im Aargau – Grobkonzept der 90er Jahre, Aarau 1990.
- [14] Kanton Aargau, Abteilung Umweltschutz (1993). Bericht zum Zustand der aargauischen Fliessgewässer – Untersuchung 1990/91. Aarau, Juni 1993.

Anhang A1: Daten der Kieselalgen (Untersuchung 2006)

Die Daten der früheren Untersuchungen finden sich in den Berichten der Jahre 1996 und 1999.

Stellenbezeichnung	Frick1	Frick2	Frick3	Frick4	Witt1	Witt2	Wölf1	Wölf2	Ueke1	Ueke2	Dens1	Dens2	Gans1
Gewässer	Sissle	Sissle	Sissle	Sissle	Altbach	Altbach	Talbach	Talbach	Staffelegg	Staffelegg	Staffelegg	Staffelegg	Met-tauerb.
Datum	14.6.06	14.6.06	14.6.06	14.6.06	19.6.06	19.6.06	19.6.06	19.6.06	19.6.06	19.6.06	19.6.06	19.6.06	12.6.06
Gezählte Kieselalgen total	569.0	587.0	586.0	557.0	487.0	542.0	531.0	568.0	530.0	558.0	548.0	646.0	565.0
Taxa													
Achnanthes atomus (HUSTEDT)													
Achnanthes bioeletiana	56	52	12	7	20	33	27	21	48	35	6		12
Achnanthes bioeletiana var. subatomus (LANGE-B.)					18			1		4		7	
Achnanthes eutrophila LANGE-B.			15	10									2
Achnanthes helvetica (LANGE-B.)													
Achnanthes lanceolata (BRÉBISSEON) GRUNOW ssp. lanceolata											2		
Achnanthes lanceolata ssp. frequentissima (LANGE-B.)											4		
Achnanthes minutissima var. inconspicua OESTRUP	4	4	2							6	2		
Achnanthes minutissima var. minutissima (KÜTZING)	150	143	162	184	44	105	68	39	211	229	97	342	12
Achnanthes minutissima var. saprophila (KOBYASI-MAYA.)	8	11	2	2	10	28	5	2	4	8	10	2	6
Achnanthes saccula CARTER													
Achnanthes straubiana LANGE-B.							2					2	
Amphora inariensis KRAMMER	2				3	9	3	1	1	11	22	1	2
Amphora pediculus (GRUNOW)	4	24	27	5	8	25	4	5	20	15	30	15	9
Achnanthes minutissima var. jackii (RABENHORST) LANGE-B.	22	16	21		7	3	2	6	31	24	2	14	4
Caloneis bacillum (CLEVE)			4	8		3	5	5	1	1	6		8
Cocconeis pediculus (EHRENBERG)	2	5	6							1		2	
Cocconeis placentula var. lineata (EHRENBERG) VAN HEURCK	3	10	13		1	1			1		1		
Cocconeis placentula var. euglypta	2	4	3						3			1	
Cymbella affinis (KÜTZING)	2	4	2				8	13			3		5
Cymbella helvetica	1						2	2			1	1	
Cymbella minuta (HILSE ex RABENHORST)	58	20	25	51	7	2	37	54	12	7	7	3	24
Cymbella silesiaca (BLEISCH in RABENHORST)			5	3					1				
Cymbella sinuata (GREGORY)	2	5			2				2	4			
Denticula tenuis							1						
Diatoma mesodon (EHRENBERG) KUETZING								1			1		
Diatoma moniliformis (KÜTZING)		2	6										
Diatoma problematica LANGE-BERTALOT	18	6	7			1	7	15	1	4	9	11	4
Diatoma vulgare BORY DE SAINT VINCENT													4
Diploneis oblongella								2			1		
Fragilaria capucina var. gracilis (OESTRUP) HUSTED										1			4
Fragilaria capucina var. vaucheria (LANGE-B.)													
Fragilaria construens													
Fragilaria pinnata var. pinnata (EHRENBERG)													
Gomphonema angustum (AGARDH)					7	5	2		1	4			2
Gomphonema micropus (KUETZING)								2			2	2	
Gomphonema olivaceum var. olivaceum (BRÉBISSEON)	16	17	14	7	18	29	5	21	8	10	13	13	20
Gomphonema parvulum (KÜTZING)													
Gomphonema pumilum	16	10	19	6	170	82	6	11			3		30
Gomphonema sarcophagum							2			4			4
Gomphonema tergestinum (FRICKE)	10	9		4	3	2	6	3	4	7		5	4
Meridion circulare var. circulare (C.A. AGARDH)					2					2		1	2
Navicula atomus var. atomus (KÜTZING)		4	9	12	3	24	10	1					
Navicula atomus var. permitis (LANGE-B.)	11	14	55	4	2	6			13	6			1
Navicula cryptocephala (KÜTZING)													
Navicula cryptotenella LANGE-B.	92	145	79	116	80	80	106	155	107	122	170	99	128
Navicula gregaria (DONKIN)	5	12	5	49	5	15	9	12	14	12	4	17	52
Navicula lanceolata (EHRENBERG)	3	11	1	6	20	16				1		1	
Navicula lenzii HUSTEDT													
Navicula minima (GRUNOW in VAN HEURCK)		4						1	2	2		1	
Navicula minuscula var. muralis (LANGE-B.)	14	6	15	7			4	5	12	8		14	
Navicula reichardtiana var. reichardtiana (LANGE-B.)	7	7	7	6	5	5	30	23	7	9	14	4	26
Navicula saprophila (LANGE-B.)	2	10	31			13							
Navicula subhamulata							2						
Navicula sublucidula HUSTEDT												1	
Navicula subminuscula (MANGUIN)	4	2	2										
Navicula tripunctata (BORY)	26	6	1	6	12	4	38	38	9	11	33	8	47
Nitzschia amphibia													
Nitzschia dissipata var. dissipata (GRUNOW)	11	14	15	28	12	30	94	83	6	6	75	43	56
Nitzschia fonticola (GRUNOW in CLEVE&MÖLLER)	4	2	1	13	6	4			2	1			6
Nitzschia palea (W. SMITH)	2	2	2										
Nitzschia paleacea (GRUNOW)													
Nitzschia pusilla (GRUNOW emend. LANGE-B.)							1	1				1	
Nitzschia recta (HANTZSCH in RABENHORST)							1						15
Nitzschia sociabilis (HUSTEDT)	4	3	6	21	2	9	46	41	8	4	27	33	73
Pinnularia obscura (KRASSKE)													2
Rhoicosphenia abbreviata (LANGE-B.)	6	1	6	1	20	8					3	2	2
Simonsenia delognei (GRUNOW) LANGE-B.													
Surirella angusta													
Surirella brevisonii var. kuetzingii (KRAMMER&L.-B.)	2	2	6	1				2					3

Stellenbezeichnung	Gans2	Obho1	Obho2	Hott1	Hott2	Wil1	Wil2
Gewässer	Met-tauerb.	Met-tauerb.	Met-tauerb.	Etzger-bach	Etzger-bach	Etzger-bach	Etzger-bach
Datum	12.6.06	12.6.06	12.6.06	12.6.06	12.6.06	12.6.06	12.6.06
Gezählte Kieselalgen total	574.0	506.0	554.0	551.0	576.0	547.0	534.0
Taxa							
Achnanthes atomus (HUSTEDT)							
Achnanthes biasolettiana	40	31	16	24	56	23	51
Achnanthes biasolettiana var. subatomus (LANGE-B.)					16	1	
Achnanthes eutrophila LANGE-B.				2			
Achnanthes helvetica (LANGE-B.)							
Achnanthes lanceolata (BRÉBISSEON) GRUNOW ssp. Lanceolata							
Achnanthes lanceolata ssp. frequentissima (LANGE-B.)		3					
Achnanthes minutissima var. inconspicua OESTRUP							
Achnanthes minutissima var. minutissima (KÜTZING)	46	129	162	66	72	50	175
Achnanthes minutissima var. saphrophila (KOBAYASHI-MAYA.)	2	13	3	8	10	8	8
Achnanthes saccula CARTER			2				
Achnanthes straubiana LANGE-B.	8	1	2	8	12		2
Amphora inariensis KRAMMER	12	4	15	8	12	2	4
Amphora pediculus (GRUNOW)	32	10	65	11	11	5	15
Achnanthes minutissima var. jackii (RABENHORST) LANGE-B.		13	7		2	4	24
Caloneis bacillum (CLEVE)	10	4		3	2	13	4
Cocconeis pediculus (EHRENBERG)							
Cocconeis placentula var. lineata (EHRENBERG) VAN HEURCK		1	10				
Cocconeis placentula var. euglypta							
Cymbella affinis (KÜTZING)		2	1	16	2		
Cymbella helvetica				7	2		
Cymbella minuta (HILSE ex RABENHORST)	8	16	4	59	19	8	11
Cymbella silesiaca (BLEISCH in RABENHORST)							
Cymbella sinuata (GREGORY)		7	2				
Denticula tenuis		1					
Diatoma mesodon (EHRENBERG) KUETZING							
Diatoma moniliformis (KÜTZING)							
Diatoma problematica LANGE-BERTALOT			1				3
Diatoma vulgare BORY DE SAINT VINCENT							
Diploleis oblongella				1		1	
Fragilaria capucina var. gracilis (OESTRUP) HUSTED		2	1				
Fragilaria capucina var. vaucheria (LANGE-B.)	2	4				6	13
Fragilaria construens				10	2		
Fragilaria pinnata var. pinnata (EHRENBERG)				6	4		
Gomphonema angustum (AGARDH)		2	6		2	8	6
Gomphonema micropus (KUETZING)				2	2		2
Gomphonema olivaceum var. olivaceum (BRÉBISSEON)	27	38	16	24	63	3	9
Gomphonema parvulum (KÜTZING)						1	
Gomphonema pumilum	117	58	29	126	197	46	29
Gomphonema sarcophagum		3		3	2		
Gomphonema tergestinum (FRICKE)	10	10	9	9	7	5	5
Meridion circulare var. circulare (C.A. AGARDH)	2	2	1	1			
Navicula atomus var. atomus (KÜTZING)	2		2			2	
Navicula atomus var. permitis (LANGE-B.)	7	3	18				
Navicula cryptocephala (KÜTZING)		2					
Navicula cryptotenella LANGE-B.	138	60	86	58	33	254	117
Navicula gregaria (DONKIN)	13	6	12		2	7	4
Navicula lanceolata (EHRENBERG)							
Navicula lenzii HUSTEDT						2	
Navicula minima (GRUNOW in VAN HEURCK)	2		1				
Navicula minuscula var. muralis (LANGE-B.)	3	2				1	3
Navicula reichardtiana var. reichardtiana (LANGE-B.)	36	23	17	15	8	30	12
Navicula saphrophila (LANGE-B.)			13				
Navicula subhamulata		2	1				
Navicula subclidula HUSTEDT							2
Navicula subminuscula (MANGUIN)			7				
Navicula tripunctata (BORY)	24	25	12	17	23	32	12
Nitzschia amphibia							
Nitzschia dissipata var. dissipata (GRUNOW)	15	6	9	35	9	21	12
Nitzschia fonticola (GRUNOW in CLEVE&MÖLLER)		12	6				
Nitzschia palea (W. SMITH)			1				
Nitzschia paleacea (GRUNOW)							
Nitzschia pusilla (GRUNOW emend. LANGE-B.)	1			6	1	1	
Nitzschia recta (HANTZSCH in RABENHORST)	4		2	4			
Nitzschia sociabilis (HUSTED)	11	8	3	12	2	12	8
Pinnularia obscura (KRASSKE)							
Rhoicosphenia abbreviata (LANGE-B.)	2	3	11	2	2		1
Simonsenia delognei (GRUNOW) LANGE-B.				2			
Surirella angusta			1	1			
Surirella brevisonii var. kuetzingii (KRAMMER&L.-B.)				5	1	1	2

Anhang A2: Daten des äusseren Aspektes (Untersuchung 2006)

Die Daten der früheren Untersuchungen finden sich in den Berichten der Jahre 1996 und 1999.

Stellenbezeichnung	Frick1	Frick2	Frick3	Frick4	Witt1	Witt2	Ueke1	Ueke2	Dens1	Dens2
Gewässer	Sissle	Sissle	Sissle	Sissle	Altbach	Altbach	Staffelegg.	Staffelegg.	Staffelegg.	Staffelegg.
Datum	14.6.06	14.6.06	14.6.06	14.6.06	19.6.06	19.6.06	14.6.06	14.6.06	19.6.06	19.6.06
Verschlammung	keine	keine	keine	mittel	keine	keine	keine	keine	keine	keine
unnatürliche Trübung	keine	keine	keine	keine						
unnatürliche Verfärbung	keine	keine	keine	keine						
unnatürlicher Schaum	kein	wenig	wenig	kein	wenig	wenig	kein	kein	kein	kein
Geruch	kein	kein	kein	kein						
Häufigkeit der FeS-Flecken	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Häufigkeit heterotropher Bewuchs	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Algenbewuchsdichte T&S	1	2.5	1	1	1	1	1	1.5	2	3
Sohlendeckung mit Fadenalgen	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%	10-50%
Deckung einzelner KG mit Fadenalgen	<10%	10-50%	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%	0.1	10-50%
Moose und Makrophyten T&S	1	2	1	1	<2.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5
Egel	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Asellus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gam	0	0	0	0	3	6	0	0	7	7
Bae	7	0	4	0	0	1	2	0	0	4
Ecd	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Rhy	5	6	6	2	0	0	5	4	3	1
Trich-	9	7	3	0	0	5	6	5	3	5
Trich+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Plec	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
Chir	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Sim	6	6	3	0	0	4	9	7	2	1
Olig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Col	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Stellenbezeichnung	Wölf1	Wölf2	Gans1	Gans2	Hott1	Hott2	Obho1	Obho2	Wil1	Wil2
Gewässer	Thalbach	Thalbach	Met-tauerb.	Met-tauerb.	Etzgerbach	Etzgerbach	Met-tauerb.	Met-tauerb.	Etzgerbach	Etzgerbach
Datum	19.6.06	19.6.06	12.6.06	12.6.06	12.6.06	12.6.06	12.6.06	12.6.06	12.6.06	12.6.06
Verschlammung	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
unnatürliche Trübung	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
unnatürliche Verfärbung	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
unnatürlicher Schaum	kein	kein	kein	kein	kein	kein	kein	kein	kein	kein
Geruch	kein	kein	kein	kein	kein	kein	kein	kein	kein	kein
Häufigkeit der FeS-Flecken	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Häufigkeit heterotropher Bewuchs	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Algenbewuchsdichte T&S	1	2	0	1	1	0	3	1	0	3
Sohlendeckung mit Fadenalgen	<10%	<10%	0%	0%	<10%	<10%	10-50%	<10%	<10%	10-50%
Deckung einzelner KG mit Fadenalgen	<10%	<10%	0%	0%	<10	<10%	50-75%	10-50%	<10%	10-50%
Moose und Makrophyten T&S	1	2.5	0	0	1	0	0	1	1	1
Egel	0	0	0	7	0	0	1	0	0	0
Asellus	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Gam	5	4	1	7	1	3	0	0	7	5
Bae	7	11	2	4	1	0	7	1	2	3
Ecd	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1
Rhy	7	7	6	1	0	0	3	2	1	3
Trich-	2	5	1	3	1	1	4	2	0	2
Trich+	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Plec	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Chir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sim	1	6	0	0	0	0	0	7	0	0
Olig	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Col	0	1	2	3	0	0	2	1	1	1

Anhang A3: 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 und Ziffer 12, Absatz 1 der Gewässerschutzverordnung umschrieben werden. Gemäss der Verordnung soll sich als Folge von Abwassereinleitungen in Fließgewässern:

- kein Schlamm bilden (Ziffer 11, Absatz 2a),
- keine Trübung zeigen (Ziffer 11, Absatz 2b),
- keine Verfärbung zeigen (Ziffer 11, Absatz 2b),

- keine Schaumbildung zeigen (Ziffer 11, Absatz 2b),
- der Geruch gegenüber dem natürlichen Zustand nicht verändern (Ziffer 11, Absatz 2c),
- keine von blossem Auge sichtbaren Eisensulfidflecken (Ziffer 12, Absatz 1a).

Aus diesen Anforderungen wurden 6 direkt im Feld anwendbare Beurteilungskriterien (Kriterien 2-7 nach dem Modul *Äusserer Aspekt* [1]) abgeleitet (siehe Tabelle 1). 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
Beurteilungs-Klassen	viel	stark	stark	viel	stark	>25%
	wenig, mittel	leicht, mittel	leicht, mittel	wenig, mittel	leicht, mittel	≤25%
	kein	keine	keine	kein	kein	kein

Tab. 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 2), 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
Beurteilungs-Klassen	≥25%	4-5	>50	>50	4-5
	<25%	2-3	10-50%	10-50%	2-3
	0%	0-1	<10%	<10%	0-1

Tab. A2 Beurteilungsmatrix des heterotrophen und pflanzlichen Bewuchses mit der Bewuchsdichte 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 perio- dischem Geschiebetrieb, ausreichender Beschat- tung und einer normalen Besiedlung mit pflan- zenfressenden Makrobenthos weisen auch bei stärkerer Nährstoffbelastung keine Pflanzenwu- cherungen 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 Sauerstoff- haushalt. Wie UEHLINGER [10] gezeigt hat, kann in Gewässern mit starkem Algenbewuchs durch den Abbau der Pflanzenbiomasse und der ver- stärkten Respiration in der Nacht der Sauerstoff- gehalt 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 öko- morphologischen 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 Algen- aufwuchs 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 Salz-

säure entkalkt und durch eine Heissoxidation mittels Schwefelsäure von organischen Bestand- teilen gereinigt. Anschliessend sind die Proben gewaschen und die suspendierten Silikatschalen auf 3 Konzentrationen verdünnt worden. Die Suspensionen wurden auf Deckgläser aufgetra- gen und getrocknet. Die Deckgläser mit den präparierten Schalen wurden auf einen Objekt- träger 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 For- mel:

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

wobei N_i die Anzahl gezählte Schalen der Art i und N die Gesamtzahl der gezählten Schalen ein- er 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 ge- samtschweizerischen 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:

$$DI-CH = \frac{\sum_{i=1}^n D_i * G_i * H_i}{\sum_{i=1}^n G_i * H_i}$$

Der Indexwert kann zwischen 1 und 8 variieren. Für die Bewertung wird der Skalenbereich ge- mäss 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	

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

Ermittlung der Saprobie

Gewässergütestufe		prozentualer Anteil der Differentialarten- artengruppen
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%

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

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 Kieselalgen-gesellschaft 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.

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.

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.

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

Tab. A5 Trophiestufen mit den zugeordneten Bereichen des Tropical Diatom Index (Erläuterungen siehe Text).