



# Zustand der Fliessgewässer in den Einzugsgebieten von Furtbach, Jonen und Reppisch

Messkampagne 2008 / 2009

## **Impressum**

Herausgeber:  
AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft  
Abteilung Gewässerschutz  
Weinbergstrasse 17, Postfach  
8090 Zürich

Autoren:  
Dr. Barbara Känel  
Dr. Patrick Steinmann  
Dr. Jürg Sinniger  
Dr. Pius Niederhauser

Bericht als pdf-File unter [www.awel.zh.ch/fg\\_kenngroessen](http://www.awel.zh.ch/fg_kenngroessen)

Zürich, November 2010

Abteilung Gewässerschutz  
Oberflächengewässerschutz

## INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG .....	2
1. EINLEITUNG .....	4
2. MESSPROGRAMM UND PARAMETER.....	6
3. RESULTATE UND DISKUSSION .....	10
3.1 Ökomorphologie .....	10
3.2 Chemische Untersuchungen .....	13
Ammonium .....	13
Nitrat .....	14
Nitrit .....	16
DOC .....	17
Phosphat .....	18
Pestizide.....	20
Schwermetalle .....	29
3.3 Wasserführung .....	36
3.4 Äusserer Aspekt .....	36
3.5 Biologische Untersuchungen.....	42
Kieselalgen .....	42
Moose und höhere Wasserpflanzen.....	44
Makroinvertebraten .....	51
Fische .....	57
4. SYNTHESE .....	60
4.1 Zusammenfassung nach Einzugsgebieten .....	60
Furtbach und Seitenbäche .....	61
Reppisch und Seitenbäche .....	64
Jonen und Seitenbäche .....	66
4.2 Vergleich mit früheren Messkampagnen .....	68
4.3 Defizite, Handlungsbedarf und Massnahmen .....	71
Ökomorphologie .....	71
Wasserführung .....	74
Wasserqualität.....	75
ANHANG .....	80

## ZUSAMMENFASSUNG

### Ganzheitlicher Gewässerschutz

Fliessgewässer können ihre Funktion als natürliche Lebensräume für Tiere und Pflanzen nur erfüllen, wenn die Anforderungen an den Gewässerraum, die Wasserführung und die Wasserqualität erfüllt sind. Ein ganzheitlicher Gewässerschutz erfordert daher eine umfassende Bewertung der Fliessgewässer. Neben der Beurteilung der Wasserqualität sind Kenntnisse über den ökomorphologischen Zustand und die Abflussverhältnisse notwendig. Schliesslich sollen die Fischpopulationen, die tierischen Kleinlebewesen (Makroinvertebraten) sowie die Wasserpflanzen und Algen für die Beurteilung herangezogen werden, weil nur ein guter Zustand dieser biologischen Indikatoren Gewissheit geben kann, dass es sich um ökologisch intakte Fliessgewässer handelt. In den Jahren 2004/2005 wurde erstmals für den Kanton Zürich eine umfassende Gewässerbewertung in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee durchgeführt. 2006/2007 folgten die Einzugsgebiete von Sihl, Limmat und Zürichsee. In den Jahren 2008/2009 wurden die Einzugsgebiete von Furtbach, Jonen und Reppisch untersucht. Die Resultate dieser letzten Messperiode werden im vorliegenden Bericht präsentiert und mit den früheren Kampagnen verglichen.

### Untersuchungsprogramm

An 36 ausgewählten Messstellen im Einzugsgebiet von Furtbach, Jonen und Reppisch wurden neben den „traditionellen“ chemischen und physikalischen Messgrössen die Parameter Pestizide und Schwermetalle sowie Makroinvertebraten, Kieselalgen, Wasserpflanzen und Äusserer Aspekt untersucht.

		Erfüllung Zielvorgabe [%]				
		08	09	09	06/07	04/05
		Furtbach	Jonen	Reppisch	Sihl Limmat Zürichsee	Glatt Greifensee
<b>Ökomorphologie</b>		40	35	54	59	39
<b>Abflussverhältnisse</b>		75	83	100	89	93
<b>Wasserqualität</b>	Ammonium	100	100	100	95	93
	Nitrit	93	100	100	90	95
	Nitrat	36	92	90	87	58
	Phosphat	64	70	75	63	74
	DOC	71	25	100	50	83
	Herbizide	55	83	75	98	95
<b>Sediment</b>	Insektizide	36	50	75	85	61
	Pestizide Anf. GSchV	9	8	25	76	56
	Kupfer	31	100	100	74	30
	Zink	19	92	100	74	28
<b>Biologie</b>	Blei	88	100	100	100	86
	Cadmium	94	100	100	100	93
	Quecksilber	100	100	100	100	98
	Nickel	100	100	80	100	98
	Chrom	100	100	100	100	100
	Kieselalgen	70	94	93	97	85
<b>Biologie</b>	Verkrautung	82	96	95	94	74
	Vegetation	38	68	54	60	48
	Makroinvertebraten	7	100	80	46	17
	Fische	17	80	57	80	33

### Die wichtigsten Erkenntnisse

Die biologischen Indikatoren Kieselalgen, Vegetation, Makroinvertebraten und Fische zeigen, dass der Zustand der Fliessgewässer im Einzugsgebiet des Furtbachs am schlechtesten ist, gefolgt vom Einzugsgebiet Glatt/Greifensee. Der hohe Anteil an Siedlungen und die intensive landwirtschaftliche Produktion insbesondere im Einzugsgebiet des Furtbachs, wo Gemüseanbau betrieben wird, dürften für den deutlich schlechteren Zustand in diesen beiden Einzugsgebieten mitverantwortlich sein. Die ökologische Funktionsfähigkeit ist aber auch in den weniger dicht besiedelten Einzugsgebieten der Reppisch, Jonen sowie Sihl/Limmat/Zürichsee weit vom Zielzustand entfernt. Die Ursachen für den ungenügenden Zustand sind vielfältig. In allen Einzugsgebieten gibt es sehr viele strukturell stark verarmte Gewässerabschnitte, welche Organismen mit hohen Ansprüchen an den Lebensraum keine geeigneten Lebensbedingungen bieten. Andererseits treten verbreitet stoffliche Belastungen durch Schwermetalle und insbesondere Insektizide auf, die eine Gefährdung der Wasserorganismen nicht ausschliessen. Ungenügende Restwassermengen und starke Abflussschwankungen beeinträchtigen die Organismen in einigen Gewässern zusätzlich.

Zusammenfassung nach Kenngrössen für die Einzugsgebiete Furtbach, Jonen, Reppisch im Vergleich mit den Einzugsgebieten Sihl/ Limmat/ Zürichsee sowie Glatt/Greifensee. Bei einer Zielerfüllung unter 90% sind die Werte in Rot dargestellt.

### **Handlungsbedarf und Massnahmen**

Im Furtbach unterhalb von Adlikon und in der Reppisch oberhalb von Birnensdorf sind nur noch kurze Gewässerstrecken vorhanden, die einen ungenügenden ökomorphologischen Zustand aufweisen und/oder wo die Randbedingungen eine grosszügige Revitalisierung erlauben. Diese Abschnitte sollten in den nächsten Jahren revitalisiert werden. Zudem sollten zukünftig vermehrt auch die Seitenbäche in ungenügendem Zustand und mit fehlender Vernetzung zum Hauptgewässer revitalisiert werden. Während die Reppisch und der Furtbach zwischen Adlikon und der Kantonsgrenze in Würenlos vom Kanton Zürich unterhalten werden, der in den letzten Jahren umfangreiche Revitalisierungen an beiden Gewässern durchgeführt hat, sind die Gemeinden für den Oberlauf des Furtbachs und die Seitenbäche zuständig. Revitalisierungen an diesen Gewässern können deshalb nur von den Gemeinden initiiert und durchgeführt werden. Im Einzugsgebiet der Jonen, wo bisher nur vereinzelt Aufwertungsmassnahmen stattfanden, konnten mit Landumlegungen am Hofibach günstige Voraussetzungen für zukünftige Revitalisierungen geschaffen werden. Auf kantonaler Ebene konnte der minimale Raumbedarf zur Gewährleistung des Hochwasserschutzes und zur Erhaltung der Fliessgewässer als Lebensraum im kantonalen Richtplan verankert werden.

Die aus ökologischer Sicht zu tiefen Restwassermengen im Furtbach müssen erhöht werden. Bis Ende 2013 wird ein Nutzungsplan für die zukünftige Wasserentnahme im Furttal erstellt. Darin soll der zukünftige Wasserbedarf ausgewiesen und alternative Wasserbeschaffungs- und Bewässerungsmöglichkeiten geprüft werden. Mit dem Nutzungsplan wird angestrebt, den Eintrag von Nährstoffen und Pestiziden in den Furtbach und das Grundwasser zu reduzieren und den Wasserbedarf pro Fläche zu senken. In der Jonen führt der Betrieb des Kraftwerkes Zwillikon zu sprunghaften Veränderungen der Abflussmengen (Schwall/Sunk) und damit ungenügenden Abflussverhältnissen. Das Kraftwerk ist bis Ende 2020 in Besitz einer rechtskräftigen Konzession. Vor Ablauf dieser Frist können keine Massnahmen zur Verbesserung der Situation erwartet werden.

Zur Verbesserung der Wasserqualität sind geplante Erweiterungen von ARAs umzusetzen und bestehende Anlagen dem technischen Fortschritt anzupassen. Eine Studie zur Abwassersanierung im Furttal kommt zum Schluss, dass längerfristig ein Anschluss der ARAs Buchs und Otelfingen an die ARA Regensdorf anzustreben ist. Die ARA Rifferswil wurde aufgrund einer Studie zu möglichen Sanierungsvarianten bereits aufgehoben.

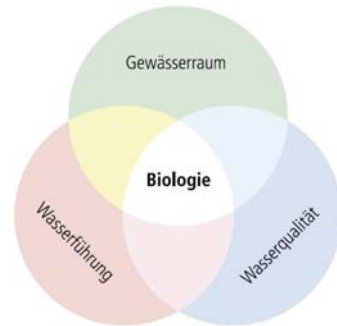
Die Herkunft der erhöhten Blei- und Nickelkonzentrationen im Furtbach resp. in der Reppisch soll abgeklärt werden. Im Harberenbach sind die Schwermetallkonzentrationen nach Abschluss der Abwassersanierung zu überprüfen. Zur Reduktion des Schwermetalleintrags aus dem Siedlungsgebiet sollen im Rahmen von GEP-Checks die Rückhaltekapazitäten der Kanalisation überprüft und Mängel behoben werden.

Um die Pestizideinträge aus Landwirtschaft sowie Haus- und Gartenbereich in die Gewässer zu reduzieren, müssen die gesetzlichen Bestimmungen beachtet werden. Zudem sind im Rahmen von Zulassungsverfahren besonders toxische Wirkstoffe zu überprüfen. In Zusammenarbeit mit anderen Vollzugsbehörden plant das AWEL verschiedene Projekte. Schulungen sollen die gute Praxis in der Landwirtschaft fördern und Informationskampagnen private Anwender von Pflanzenschutzmitteln über die umweltgerechte Verwendung und Entsorgung dieser Produkte aufklären. So wurde die Stiftung Praktischer Umweltschutz Schweiz Pusch vom AWEL beauftragt, im Furttal eine Kampagne zu planen und durchzuführen, welche die Bevölkerung des Furttals für einen sorgfältigen Umgang mit Pflanzenschutzmitteln sensibilisieren soll.

## 1. EINLEITUNG

### Ganzheitlicher Gewässerschutz....

Damit Bäche und Flüsse ihre Funktion als natürliche Lebensräume für Tiere und Pflanzen erfüllen können, reicht eine gute Wasserqualität allein nicht aus. Die Lebensgemeinschaften im und am Wasser benötigen auch einen naturnahen Gewässerraum und naturnahe Abflussverhältnisse. Diesen Anliegen wurde in den Neunzigerjahren des 20. Jahrhunderts mit verschiedenen Gesetzesänderungen Rechnung getragen.



Der Bund hat mit einem Leitbild für Fließgewässer zudem die Grundlage für eine nachhaltige Gewässerschutzpolitik auf der Basis der geltenden Gesetzgebung in den Bereichen Gewässerschutz, Wasserbau, Raumplanung und Landwirtschaft formuliert. Im Vordergrund stehen die drei langfristigen Entwicklungsziele:

- Ausreichender Gewässerraum
- Ausreichende Wasserführung
- Ausreichende Wasserqualität

**Abb. 1:** Entwicklungsziele des Leitbildes für Fließgewässer

Mit den im Januar 2011 in Kraft tretenden neuen Bestimmungen zur Revitalisierung, zum Gewässerraum und zur Reduktion der negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung werden vor allem die Entwicklungsziele in den Bereichen Gewässerraum und Wasserführung verfolgt. Die umfassenden Ziele des Leitbildes können aber nur erreicht werden, wenn bestehende Beeinträchtigungen in allen drei Zielbereichen beseitigt und geplante Massnahmen aufeinander abgestimmt werden. Dabei geht es in Zukunft noch vermehrt darum, die Nutzungs- und Schutzansprüche des Menschen in Einklang zu bringen mit einem nachhaltigen Schutz der Gewässer und ihrer Lebensräume.

Literatur:  
Leitbild Fließgewässer. Für eine nachhaltige Gewässerpolitik.  
BUWAL, BWG, BLW, ARE, 2003.  
[www.bundespublikationen.ch](http://www.bundespublikationen.ch)

### ...bedingt eine umfassende Bewertung

Zur Beurteilung der Fließgewässer, zur Formulierung von Verbesserungsmassnahmen und zur Überprüfung des Erfolgs der umgesetzten Massnahmen führen die Kantone Untersuchungen durch. Ein ganzheitlicher Gewässerschutz bedingt daher eine umfassende Bewertung der Fließgewässer. Der Gewässerraum kann aufgrund der ökomorphologischen Erhebungen, die Wasserführung durch Kenntnisse über die Beeinträchtigung der Abflussverhältnisse und die Wasserqualität mittels chemischer Analytik direkt beurteilt werden. Letztlich ist aber nicht eine gemessene Konzentration im Wasser für die Funktionsfähigkeit des Gewässers entscheidend, sondern die Auswirkungen dieser Stoffkonzentration auf die Organismen im Wasser. Es ist daher sinnvoll, auch biologische Indikatoren in die Beurteilung einzubeziehen. Diese haben den Nachteil, dass im Falle einer Beeinträchtigung oft keine eindeutige Ursache zugewiesen werden kann. Indizieren beispielsweise Makroinvertebraten einen guten Zustand, kann daraus geschlossen werden, dass es sich um ein funktionsfähiges Gewässer handelt. Zeigen sie aber schlechte Verhältnisse an, bleibt vorerst unklar, ob die Ursache im Bereich der Morphologie, der Wasserführung oder der Wasserqualität liegt. Erst die Kombination mit anderen Untersuchungsergebnissen ermöglicht eine Zuordnung der Ursache. Eine umfassende Bewertung kombiniert daher Methoden der direkten Beurteilung und der chemische Analytik mit biologischen Indikatoren.

Wichtigste Basis für die Beurteilung ist die Gewässerschutzverordnung, welche neben den numerischen Anforderungen an die Wasserqualität auch verbale Formulierungen der Ziele und Anforderungen an die Gewässer respektive die Wasserqualität enthält. Methoden zur Beurteilung der Biologie, der Ökomorphologie, der Wasserführung und der Wasserqualität wurden im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts des BAFU erarbeitet oder befinden sich noch in Bearbeitung. → [www.modul-stufen-konzept.ch](http://www.modul-stufen-konzept.ch)

Tab. 1: Aussagekraft verschiedener Kenngrössen zur Beurteilung der Aspekte Gewässerraum, Wasserführung und Wasserqualität.

**Aussagekraft der Kenngrössen**

■	sehr guter Indikator / direkte Beurteilung oder Messung
■	guter Indikator
■	Indikator wenig aussagekräftig aber Einfluss vorhanden
■	keine Aussage möglich

Kenngrössen	Gewässerraum	Wasserführung	Wasserqualität			
			organische Bel.	Nährstoffe	Pestizide	Schwermetalle
<b>Ökomorphologie</b>						
Verbauung / Raumbedarf						
<b>Abflussverhältnisse</b>						
Restwasser / Schwall-Sunk						
<b>Chemische Parameter</b>						
Konzentrationen im Wasser						
Konzentrationen im Sediment						
<b>Äusserer Aspekt</b>						
heterotropher Bewuchs						
Eisensulfid						
Kolmation						
Schlamm						
Veralgung / Verkrautung						
<b>Biologie</b>						
Kieselalgen						
Makrophyten						
Makroinvertebraten						
Fische						

Tab. 2: Ökologische Ziele und Anforderungen an die Wasserqualität gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) sowie die entsprechenden Indikatoren zur Überprüfung der Vorgaben.

Ökologische Ziele für Gewässer (Anhang 1 GSchV)	Äusserer Aspekt	Algen/ Kieselalgen	Makro-phyten	Makroin-vertebraten	Fische
Naturnahe, standortgerechte Lebensgemeinschaften, die sich selbst reproduzieren und regulieren (Ziffer 1 Abs. 1 lit. a).		●	●	●	●
Typische Artenvielfalt für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps (Ziffer 1 Abs. 1 lit. b).		●	●	●	●
Keine nachteiligen Einwirkungen auf die Lebensgemeinschaften durch die Wasserqualität (Ziffer 1 Abs. 3 lit. c).	●	●	●	●	●
Keine Anreicherung von Schadstoffen in Organismen, Schwebstoffen oder Sedimenten (Ziffer 1 Abs. 3 lit. c).	●	●	●	●	●
Anforderung an die Wasserqualität (Anhang 2 GSchV)	Äusserer Aspekt	Algen/ Kieselalgen	Makro-phyten	Makroin-vertebraten	Fische
Die Wasserqualität darf die Laichgewässer der Fische nicht gefährden (Ziffer 11 Abs. 1 lit. b).					●
Keine unnatürlichen Wucherungen von Algen und Wasserpflanzen (Ziffer 11 Abs. 1 lit. a).		●	●		
Keine mit blossen Auge sichtbaren Kolonien von Bakterien, Pilzen oder Protozoen (Ziffer 11 Abs. 1 lit. a).	●				
Kein Schlamm, keine Trübung oder Verfärbung, kein Schaum und keine geruchliche Veränderung nach Abwassereinleitungen (Ziffer 11 Abs. 2 lit. a bis c).	●				
Keine Eisensulfidflecken in der Gewässersohle (Ziffer 12 Abs. 1 lit. a).	●				

## 2. MESSPROGRAMM UND PARAMETER

### Konzept zur Überwachung der Fließgewässer im Kanton Zürich

#### Hauptmessstellen (HM)

An den bedeutendsten Fließgewässern sind 17 Messstationen mit Schöpfautomaten fest installiert. Wasserproben werden je nach Ausrüstung zeit- oder abflussmengenproportional geschöpft und gekühlt aufbewahrt. Wöchentlich werden diese Proben eingesammelt und analysiert. Beim Probeneinsammeln werden zudem Stichproben aus dem Gewässer entnommen und ebenfalls im Labor untersucht. Diese Untersuchungen ermöglichen die Dauerüberwachung der „traditionellen“ Parameter, die Frachtermittlung und die Erfassung der jahreszeitlichen Veränderungen sowie die Beobachtung der langfristigen Entwicklung.

#### Messprogramm Fließgewässer (FG)

Das Routineprogramm Fließgewässer (FG) umfasst 93 über den ganzen Kanton festgelegte Messstellen. An diesen Stellen werden monatlich Stichproben aus den Gewässern geschöpft und chemische sowie physikalische Messungen durchgeführt. Die Wasserproben werden im Gewässerschutzlabor

des AWEL analysiert. Diese Messungen ermöglichen die Beurteilung der langfristigen Entwicklung der Wasserqualität und geografische Übersichten über die aktuellen Belastungen. Sie dienen zudem zur Berechnung des Indikators zur Wasserqualität der Fließgewässer, welcher jährlich für die Berichterstattung im Rahmen der konsolidierten Entwicklungs- und Finanzplanung (KEF) erhoben wird. Trotz der ansehnlichen Anzahl Messstellen können nicht alle Fragen, die sich aus den Vollzugsaufgaben stellen, beantwortet werden. Für problemorientierte Untersuchungen werden jährlich 15 bis 20 Stellen vorübergehend ins Messprogramm aufgenommen.

**Tab. 3:** Parameterliste

Parameterliste					
Parameter	Symbol	Einheit	HM	FG	EZG
Temperatur	T	°C	K	M	M
pH- Wert	pH	-	S	M	M
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	S	M	M
Leitfähigkeit	Leitf.	µS/cm	S	M	M
BSB <sub>5</sub>	O <sub>2</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	S		
Ammonium	NH <sub>4</sub>	mg N/l	W	M	M
Nitrit	NO <sub>2</sub>	mg N/l	S	M	M
Nitrat	NO <sub>3</sub>	mg N/l	W	M	M
Gesamtstickstoff	N <sub>tot</sub>	mg N/l	W	M	M
Phosphat	PO <sub>4</sub>	mg P/l	W	M	M
Gesamtphosphor	P <sub>tot</sub>	mg P/l	W	M	M
Chlorid	Cl	mg/l	W	M	M
Sulfat	SO <sub>4</sub>	mg/l	W	M	M
Gelöster organischer Kohlenstoff	DOC	mg C/l	S	M	M
Pestizide		µg/l			M*
Schwermetalle in Sedimenten		mg/kg			J
Makrozoobenthos		-			E <sub>FH</sub>
Kieselalgen		-			E <sub>FH</sub>
höhere Wasserpflanzen		-			E <sub>S</sub>

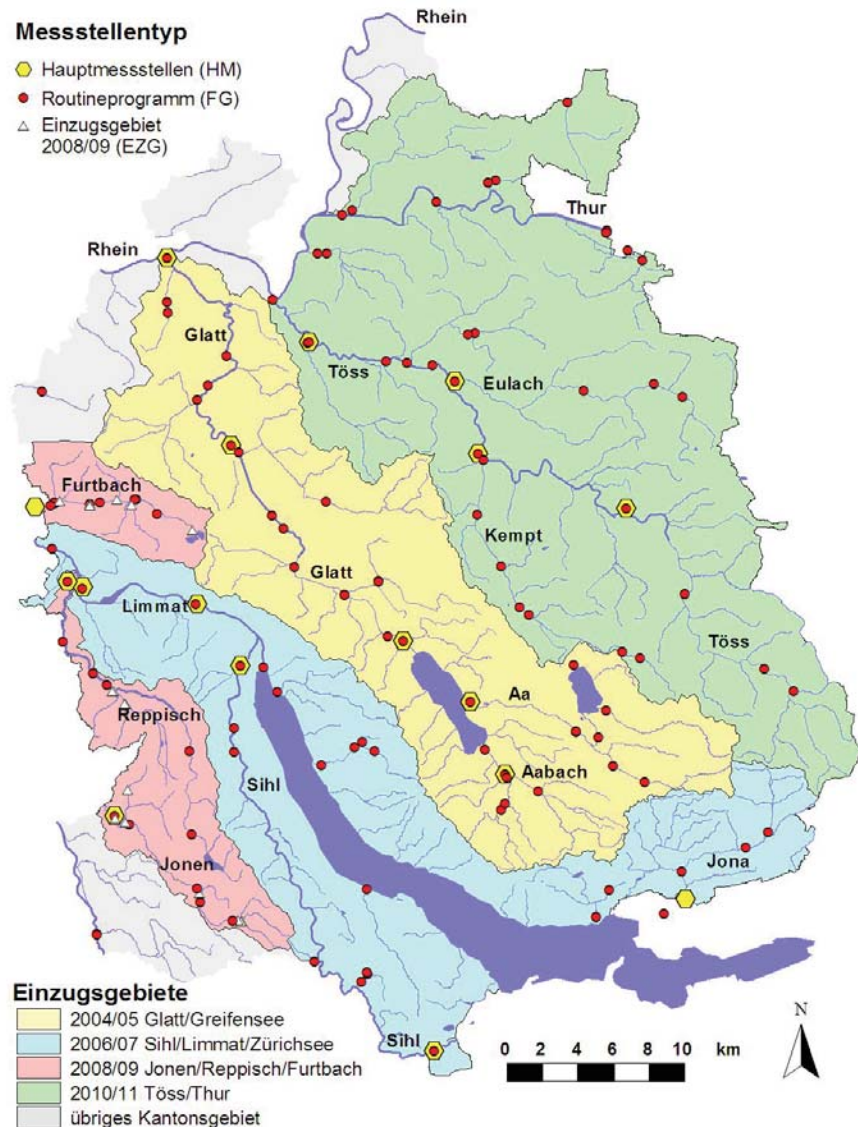
  

K	kontinuierliche Registrierung	M*	monatliche Stichprobe von März bis Oktober
S	wöchentliche Stichprobe		
W	Wochenmischprobe	E <sub>S</sub>	Erhebung im Sommer
M	monatliche Stichprobe	E <sub>FH</sub>	Erhebung im Frühling und Herbst
J	1 Stichprobe		

#### Vertiefte Untersuchungen in ausgewählten Einzugsgebieten (EZG)

In den Jahren 2004/05 wurden im Kanton Zürich erstmals Untersuchungen für eine umfassende Gewässerbeurteilung durchgeführt. Im Einzugsgebiet von Glatt und Greifensee wurden zu diesem Zweck total 44 Messstellen untersucht. Nach dem gleichen Konzept erfolgten in den Jahren 2006/07 Untersuchungen in den Einzugsgebieten von Sihl, Limmat und Zürichsee an insgesamt 38 Messstellen und in den Jahren 2008/09 Untersuchungen in den Einzugsgebieten von Furtbach, Jonen und Reppisch an 36 Messstellen. 2010/11 wird das Programm in den Einzugsgebieten von Töss, Thur und Flaacherbach an 36 Messstellen fortgesetzt.





**Abb. 2:** Untersuchungsstellen und Einzugsgebiete der Messkampagnen 04/05; 06/07, 08/09 und 10/11.

### Untersuchte Parameter

Das Untersuchungsprogramm enthält neben den „traditionellen“ chemischen und physikalischen Parametern auch die Parameter Pestizide und Schwermetalle. An ausgewählten Stellen erfolgte durch die Fischerei- und Jagdverwaltung zudem eine Beurteilung der Fischpopulation. Der Äussere Aspekt, die Kieselalgen und die Wasserpflanzen wurden an zusätzlichen Stellen in kleineren Fliessgewässern erfasst, um allfällige, bisher nicht bekannte Belastungsquellen zu erkennen und um Grundlagen über das Vorkommen der Wasserpflanzen zu erarbeiten.

### Mikroverunreinigungen und Schwermetalle

Unter dem Begriff „Mikroverunreinigungen“ fasst man organische Schadstoffe zusammen, die wie Schwermetalle bereits in sehr tiefen Konzentrationen die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen schädigen können. Zu diesen

Stoffen gehören zum Beispiel Wirkstoffe aus Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten (Pestizide), Duftstoffe aus Kosmetika sowie Wasch- und Reinigungsmitteln, Zusatzstoffe oder Monomere aus Kunststoffen, Wirkstoffe von Medikamenten aus der Human- und Veterinärmedizin, usw.

Im Rahmen der Messkampagne in den Einzugsgebieten von Furtbach, Jonen und Reppisch wurden Schwermetalle sowie Pestizide untersucht. Der Nachweis dieser Stoffe, die in den Gewässern in kleinsten Spuren auftreten, ist eine ständige Herausforderung an die Analytik. Allein bei den Pestiziden sind in der Schweiz über 400 Wirkstoffe zugelassen. Mit vertretbarem Aufwand lässt sich daher nur eine Auswahl dieser Verbindungen analysieren. Im Rahmen dieser Arbeit wurden 57 Wirkstoffe und 3 Abbauprodukte untersucht (Anhang A1). Die Liste dieser Pestizide wird immer wieder überarbeitet, um den Entwicklungen beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln Rechnung zu tragen. Bei den Schwermetallen konzentrierte man sich auf Kupfer, Zink, Blei, Cadmium, Quecksilber, Nickel und Chrom.

## Beurteilung der Gewässerqualität

In der Gewässerschutzverordnung (GSchV) werden in Anhang 2 numerische Anforderungen für Ammonium, Nitrat, BSB<sub>5</sub>, DOC, Schwermetalle und Pestizide aufgeführt, die ständig einzuhalten sind. Ausgenommen sind seltene Hochwasserspitzen oder seltene Niederwassersituationen. Um diese Ausnahmesituationen zu berücksichtigen, hat sich in der Praxis die Verwendung von Perzentil-Werten bewährt. Bei der Auswertung der monatlichen Stichproben zur Beurteilung der „klassisch-chemischen“ Parameter der Wasserqualität wurde mit 90-Perzentilen gearbeitet. Das 90-Perzentil ist jener Wert, den 90 % aller Messdaten aus einer Stichprobe unterschreiten; 10 % der Messwerte liegen darüber (z. B. Ausreisser).

Neben den bereits erwähnten numerischen Anforderungen gemäss GSchV definiert das BAFU - Modul Chemie weitere Zielvorgaben. Die Kriterien für die Einteilung der einzelnen Parameter in eine der fünf Zustandsklassen aufgrund der berechneten Perzentile können untenstehender Tabelle entnommen werden. Die Zielvorgabe definiert jeweils die Grenze zwischen den Klassen gut und mässig.

Bei Ammonium muss zur Beurteilung berücksichtigt werden, ob die Wassertemperatur bei der Probenahme über oder unter 10° C lag. Auch bei Nitrit muss eine Fallunterscheidung vorgenommen werden. Entscheidend ist hier die Chloridkonzentration, weil diese die Toxizität von Nitrit beeinflusst. Für die Phosphatbeurteilung wurde die Zielvorgabe aus dem BAFU - Modul Chemie nur für Messstellen im Einzugsgebiet von Seen verwendet. Bei diesen Stellen ist die Anwendung der strengen Zielvorgabe von 0.04 mg PO<sub>4</sub>-P/l wegen der grossen Bedeutung von Phosphor in Seen gerechtfertigt. Da Phosphat die Wasserqualität von Fliessgewässern kaum negativ beeinflusst, wurde bei den Stellen unterhalb von Seen mit einer doppelt so hohen Zielvorgabe gearbeitet. Wäre auch bei diesen Stellen die strengere Zielvorgabe zur Anwendung gekommen, hätte die Bewertung bei einigen Stellen einen Handlungsbedarf ausgewiesen, obwohl dieser nicht gegeben ist und die gesetzlichen Anforderungen erfüllt sind. Das gleiche Prinzip kam auch bei der Beurteilung des Gesamtphosphors zur Anwendung.

Das BAFU - Modul Chemie enthält keinerlei Hinweise für die Beurteilung der Pestizide und Schwermetalle. Für die Auswertung der Daten musste deshalb auf andere Empfehlungen zurückgegriffen werden. Die Details dazu werden bei den jeweiligen Stoffgruppen in Kapitel 3 beschrieben.

**Tab. 4:** Kriterien für die Ermittlung der Zustandsklassen aufgrund der berechneten 90-Perzentile.

Parameter	Symbol	Einheit	Kriterium	Zustand				
				sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	schlecht
Ammonium	NH <sub>4</sub>	mg N/l	Temp. < 10° C	<0.08	0.08 bis <0.4	0.4 bis <0.6	0.6 bis <0.8	>0.8
			Temp. ≥ 10° C	<0.04	0.04 bis <0.2	0.2 bis <0.3	0.3 bis <0.4	≥0.4
Nitrit	NO <sub>2</sub>	mg N/l	Cl < 10 mg/l	<0.01	0.01 bis <0.02	0.02 bis <0.03	0.03 bis <0.04	>0.04
			Cl 10 - 20 mg/l	<0.02	0.02 bis <0.05	0.05 bis <0.075	0.075 bis <0.1	>0.1
			Cl > 20 mg/l	<0.05	0.05 bis <0.1	0.1 bis <0.15	0.15 bis <0.2	>0.2
Nitrat	NO <sub>3</sub>	mg N/l		<1.5	1.5 bis <5.6	5.6 bis <8.4	8.4 bis <11.2	≥11.2
Phosphat	PO <sub>4</sub>	mg P/l	oberhalb Seen	<0.02	0.02 bis <0.04	0.04 bis <0.06	0.06 bis <0.08	>0.08
			unterhalb Seen	<0.04	0.04 bis <0.08	0.08 bis <0.12	0.12 bis <0.16	>0.16
Gesamtposphor	P <sub>tot</sub>	mg P/l	oberhalb Seen	<0.04	0.04 bis <0.07	0.07 bis <0.1	0.1 bis <0.14	>0.14
			unterhalb Seen	<0.08	0.08 bis <0.14	0.14 bis <0.21	0.21 bis <0.28	>0.28
Gelöster organischer Kohlenstoff	DOC	mg C/l		<2.0	2.0 bis <4.0	4.0 bis <6.0	6.0 bis <8.0	≥8.0
Biochemischer Sauerstoffbedarf	BSB <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l		<2.0	2.0 bis <4.0	4.0 bis <6.0	6.0 bis <8.0	≥8.0
<b>Zielvorgabe</b>				<b>erfüllt</b>		<b>nicht erfüllt</b>		

Die Beurteilung der Ökomorphologie, Äusserer Aspekt, Kieselalgen und Fische erfolgte nach den Methoden des Modul-Stufen-Konzeptes des BAFU.

Die Abflussverhältnisse wurden aufgrund von Expertenwissen beurteilt und noch nicht aufgrund des BAFU-Moduls Hydrologie-Abflussregime. Die Makroinvertebraten wurden mit einem speziell für den Kanton Zürich erarbeiteten Referenzsystem und erstmals mit dem SPEAR-Index beurteilt. Für die Wasserpflanzen kam eine für den Kanton Zürich erarbeitete Methode zur Beurteilung der Vegetation zum Einsatz, da bisher kein Methodenvorschlag des BAFU vorliegt.

## Berichterstattung

Literatur:  
Wasserqualität der Seen, Fließgewässer und des Grundwassers im Kanton Zürich. Statusbericht 2006. AWEL, Abteilung Gewässerschutz.

Zustand der Fließgewässer in den Einzugsgebieten von Sihl, Limmat und Zürichsee: Messkampagne 2006 / 2007. AWEL, Abteilung Gewässerschutz.

[www.gewaesserqualitaet.zh.ch](http://www.gewaesserqualitaet.zh.ch)

**Messprogramm Seen**  
Die Wasserqualität des Zürichsees und der anderen Seen im Kanton Zürich wird monatlich erfasst und die ausgewerteten Daten jährlich auf dem Internet aktualisiert.

[www.gewaesserqualitaet.zh.ch](http://www.gewaesserqualitaet.zh.ch)

Die Daten der Hauptmessstellen und die chemischen Untersuchungen des Messprogramms Fließgewässer wurden zusammen mit den Resultaten der Untersuchungsprogramme Seen und Grundwasser im Statusbericht 2006 ausgewertet. Der Statusbericht enthält auch die Resultate der Messkampagne in den Einzugsgebieten Glatt und Greifensee aus den Jahren 2004/05. Die Resultate der Untersuchungen in den Einzugsgebieten von Sihl, Limmat und Zürichsee aus den Jahren 2006/07 wurden in einem separaten Zustandsbericht dargestellt. Im vorliegenden Bericht werden die Daten ausgewertet, welche in den Jahren 2008/09 in den Einzugsgebieten von Furtbach, Jonen und Reppisch erhoben wurden.

Die ausgewerteten Daten der Hauptmessstellen und der Messprogramme Fließgewässer werden zudem jährlich auf dem Internet aktualisiert und allen Interessierten zur Verfügung gestellt. Auch die Resultate des Messprogramms Seen sind dort verfügbar. → [www.gewaesserqualitaet.zh.ch](http://www.gewaesserqualitaet.zh.ch)

## 3. RESULTATE UND DISKUSSION

### 3.1 Ökomorphologie



#### Untersuchungsmethode

Der Begriff Ökomorphologie beinhaltet die Beschreibung der strukturellen Gegebenheiten im und am Gewässer (Gewässergestalt, Verbauungen, Umland) sowie die Bewertung dieser Strukturen in Hinblick auf die Funktion des Gewässers als Lebensraum.

Unter Berücksichtigung der heutigen Nutzungsansprüche und des Hochwasserschutzes soll gemäss Gewässerschutz- und Wasserbaugesetz der ökomorphologische Zustand der Fliessgewässer verbessert und der erforderliche Raum gesichert werden. Zur Bestandsaufnahme und als Planungsgrundlage wurden im Kanton Zürich in den Jahren 1997 bis 1999 flächendeckende Erhebungen an den öffentlichen Gewässern durchgeführt. Zur Anwendung kam die Methode Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Aufgrund der Kenngrössen *Variation der Wasserspiegelbreite*, *Verbauung von Sohle* und *Böschungsfuss* sowie *Breite* und *Vegetation des Uferstreifens* ermöglicht diese Methode die ökomorphologische Beurteilung der Gewässerabschnitte. Zusätzlich werden Durchgängigkeitsstörungen wie Abstürze, Durchlässe und Bauwerke erfasst. Die Durchgängigkeitsstörungen fliessen nur indirekt über die Parameter Sohlen- und Uferverbauung in die ökomorphologische Bewertung ein.

Im Jahr 2005 konnten im Rahmen eines Pilotprojekts zur Nachführung der ökomorphologischen Erhebungen die Daten im Einzugsgebiet des Greifensees und des Fischbachs bei Niederglatt aktualisiert werden. In den Jahren 2009 bis 2011 werden die Gewässer im restlichen Kantonsgebiet aktualisiert. Die folgende Beurteilung des ökomorphologischen Zustandes beruht auf den Erhebungen aus den Jahren 1997-1999 und widerspiegelt damit noch nicht den aktuellen Zustand.

#### Beurteilung

In den Einzugsgebieten Furtbach, Jonen und Reppisch sind insgesamt 323.8 Kilometer Fliessgewässer als öffentliche Gewässer ausgeschieden. Davon liegen 82.6 km im Einzugsgebiet des Furtbachs, 91.9 km im Einzugsgebiet der Jonen und 149.3 km im Einzugsgebiet der Reppisch.

Im Einzugsgebiet Furtbach wurden 16.4 km (19.8 %) als natürlich/naturnah beurteilt. Es handelt sich dabei vor allem um die Oberläufe kleiner Bäche in den bewaldeten Flanken des Furttals. In der Ebene des Furttals ist der Anteil naturnah strukturierter Gewässer deutlich geringer. Im Einzugsgebiet Jonen beträgt der Anteil natürlicher/naturnaher Gewässer 16.9 km (18.4 %) und im Gebiet der Reppisch sind 43.8 km (29.4 %) der Fliessgewässer in natürlichem/naturnahem Zustand. Auch hier liegen die naturnahen Gewässerabschnitte hauptsächlich an den bewaldeten Talflanken.

Im Einzugsgebiet der Reppisch entspricht der Anteil natürlicher/naturnaher Fliessgewässer fast dem kantonalen Durchschnitt, während in den Einzugsgebieten von Jonen und Furtbach nur 20 % der Fliessgewässer einen natürlichen/naturnahen Zustand aufweisen. Hochrechnungen auf der Basis von 24

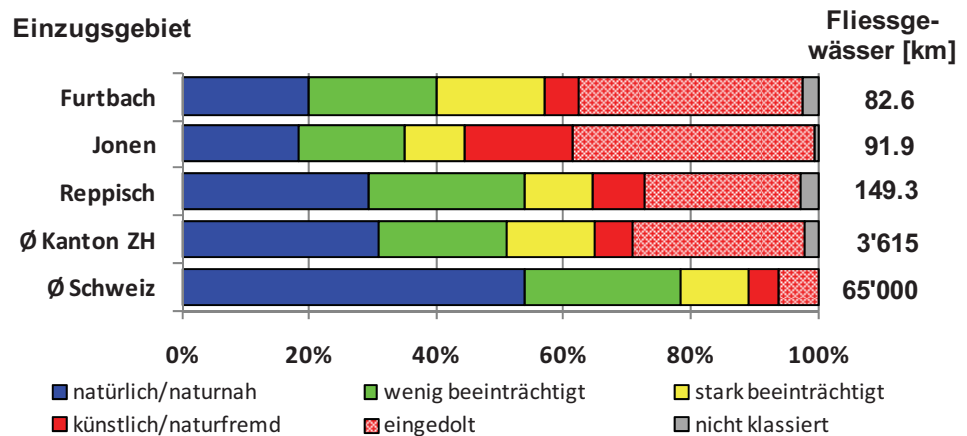
Literatur:  
Modul Stufen Konzept: Ökomorphologie Stufe F. 1998.  
[www.modul-stufen-konzept.ch/d/oekomor.htm](http://www.modul-stufen-konzept.ch/d/oekomor.htm)

Strukturen der Fliessgewässer in der Schweiz: Ergebnisse der ökomorphologischen Kartierung. Stand April 2009.  
[www.bafu.admin.ch/publikationen](http://www.bafu.admin.ch/publikationen)

Kantone ergaben für die gesamte Schweiz einen Anteil von 54 % für diese Zustandsklasse. Die hohe Besiedlungsdichte und die intensive Landwirtschaft führen zu einer engräumigen Landnutzung auf Kosten der Gewässer.

Bei den wenig beeinträchtigten, den stark beeinträchtigten und den künstlich/naturfremden Gewässern bestehen zwischen den prozentualen Anteilen für den Kanton Zürich und die Schweiz sowie für die drei Untersuchungsgebiete deutlich geringere Unterschiede.

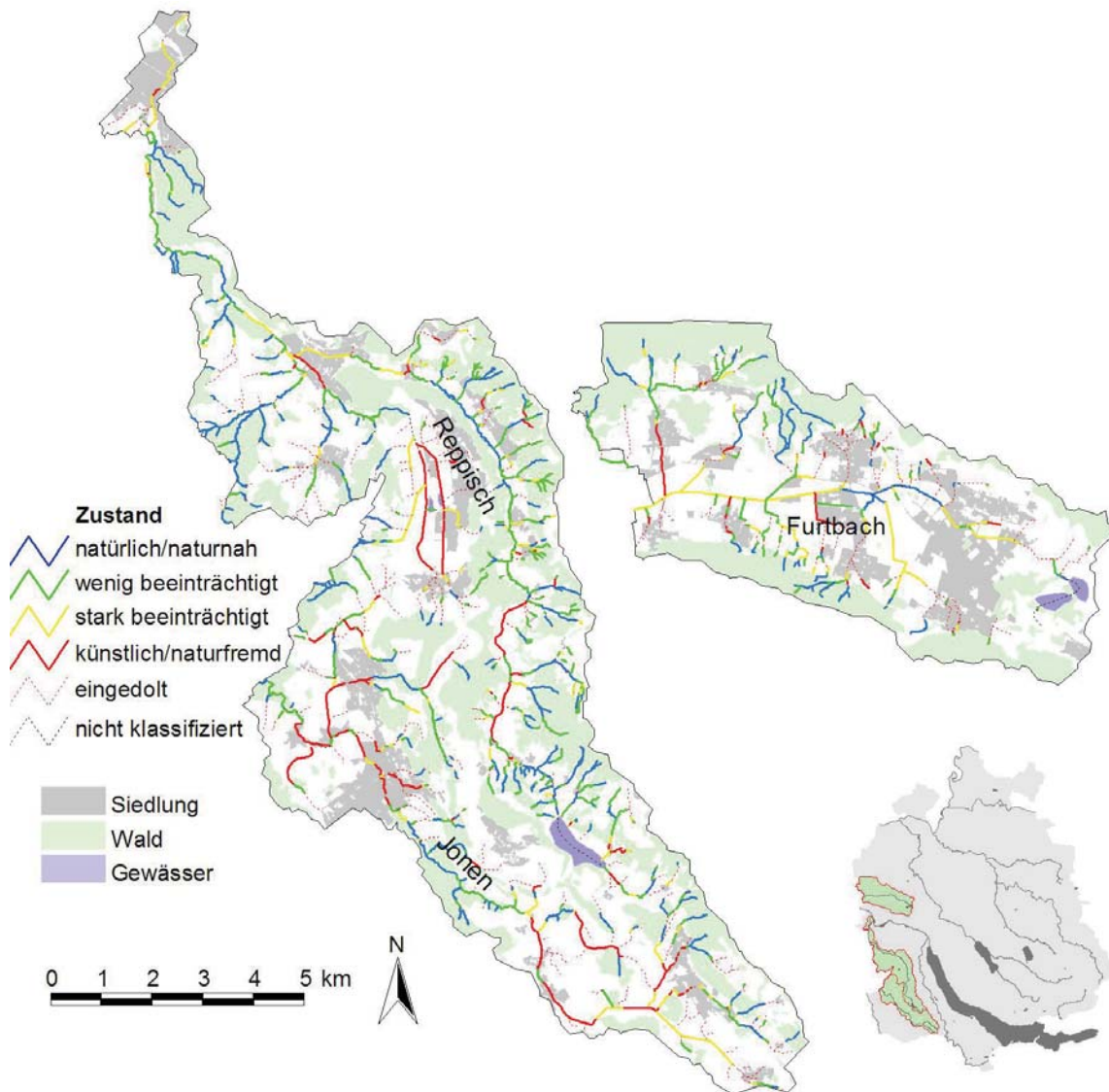
Der Anteil eingedolter Gewässer liegt im Einzugsgebiet Furtbach bei 29.2 km (35.3 %), im Einzugsgebiet Jonen bei 34.8 km (37.9 %) und im Gebiet der Reppisch bei 36.8 km (24.7 %). In allen drei Untersuchungsgebieten ist der Anteil eingedolter Gewässer somit massiv höher als der Mittelwert für die Schweiz (7 %) und am Furtbach und an der Jonen auch höher als der Durchschnitt für den gesamten Kanton Zürich (27 %). Auch dies zeugt von der starken Landbeanspruchung auf Kosten der Gewässer in diesen Einzugsgebieten.



**Abb. 3:** Anteil der Zustandsklassen für die Einzugsgebiete Furtbach, Jonen und Reppisch (Stand 1997/99) im Vergleich mit dem Kanton Zürich und der Schweiz.

Am Furtbach und der Reppisch wurden in den letzten Jahren verschiedene Abschnitte revitalisiert und die Ökomorphologie dadurch wesentlich verbessert. Die Nachführung der ökomorphologischen Daten für den ganzen Kanton Zürich ist im Gang, die Resultate für den Furtbach und die Reppisch werden aber erst Ende 2010 vorliegen. Die provisorischen Resultate sind in Anhang A3 dargestellt. Details zur ökomorphologischen Bewertung sowie zur Lage und Art der Durchgängigkeitsstörungen sind im Internet abrufbar.

→ [www.gis.zh.ch](http://www.gis.zh.ch)



**Abb. 4:** Zustandsklassen der ökomorphologischen Erhebungen aus den Jahren 1997/99.

## 3.2 Chemische Untersuchungen

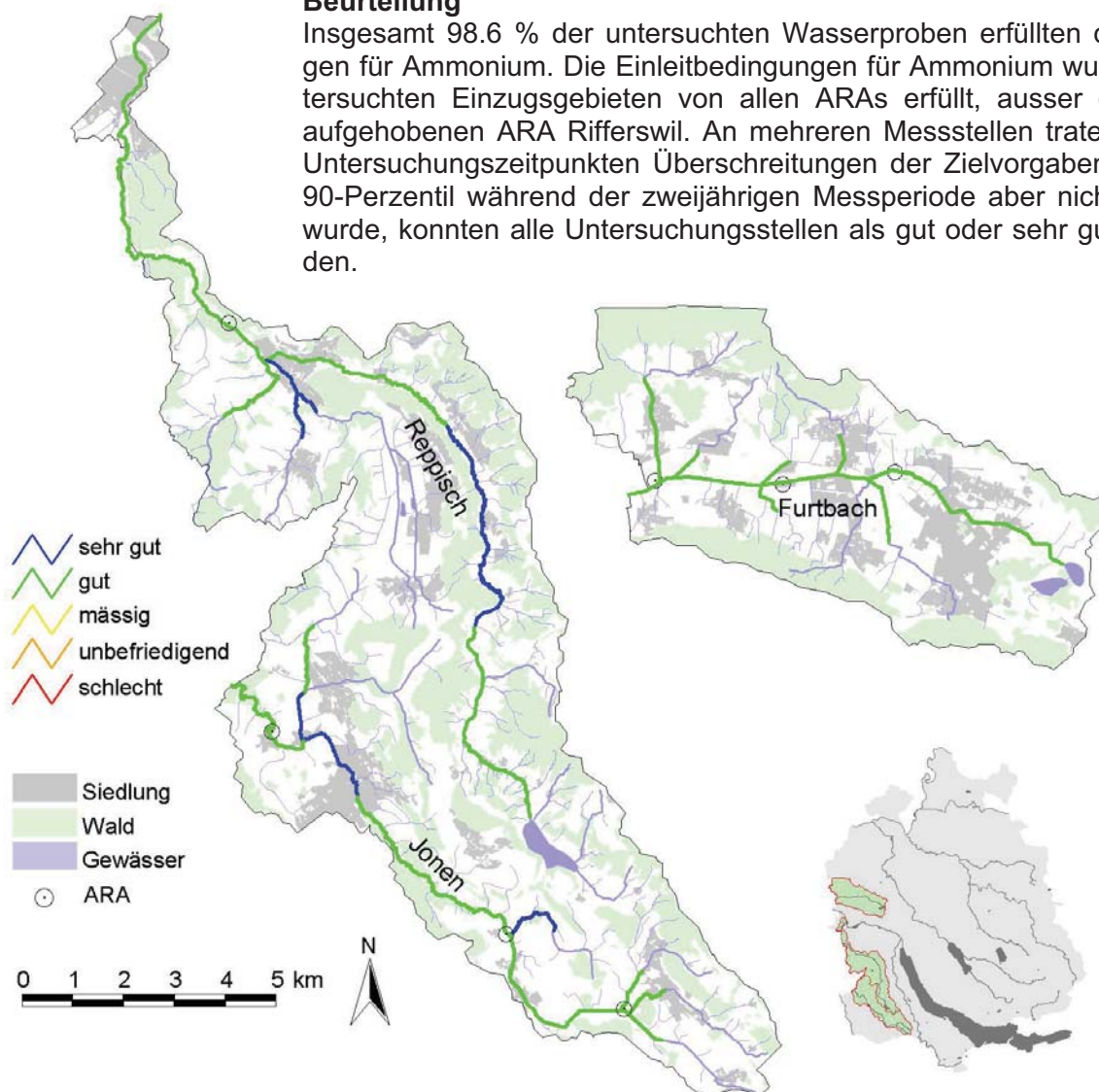
### Ammonium

#### Problem und Verursacher

Zwischen Ammonium und dem starken Fischgift Ammoniak besteht ein chemisches Gleichgewicht, das durch den pH-Wert und die Temperatur bestimmt wird. Die Anforderung für Ammonium wurde deshalb in Abhängigkeit der Temperatur festgelegt. Ammonium ist in grossen Mengen in Gülle und in kommunalem Abwasser vorhanden. Zudem wird Ammonium als Kunstdünger in der Landwirtschaft verwendet. Der AWEL-Pikettdienst und das Gewässerschutzlabor müssen in Zusammenarbeit mit der Fischerei- und Jagdverwaltung jedes Jahr mehrere Fälle von Fischsterben mit Ursache Gülleeintrag bearbeiten. Mit monatlichen Stichproben sind kurzfristige Spitzenbelastungen durch unsachgemässen Gülleaustrag oder durch Entlastungen aus der Kanalisation bei Regenereignissen nur zufällig erfassbar. Zuverlässig können aber länger andauernde Belastungen nachgewiesen werden, wie sie unterhalb von überlasteten ARAs auftreten können.

#### Beurteilung

Insgesamt 98.6 % der untersuchten Wasserproben erfüllten die Anforderungen für Ammonium. Die Einleitbedingungen für Ammonium wurden in den untersuchten Einzugsgebieten von allen ARAs erfüllt, ausser der inzwischen aufgehobenen ARA Rifferswil. An mehreren Messstellen traten zu einzelnen Untersuchungszeitpunkten Überschreitungen der Zielvorgaben auf. Weil das 90-Perzentil während der zweijährigen Messperiode aber nicht überschritten wurde, konnten alle Untersuchungsstellen als gut oder sehr gut beurteilt werden.



**Abb. 5:** Beurteilung der Ammonium-Belastung.  
Anforderung GSchV für:  
Temperaturen > 10 °C = 0.2 mg NH<sub>4</sub>-N/l  
Temperaturen < 10 °C = 0.4 mg NH<sub>4</sub>-N/l

## Nitrat

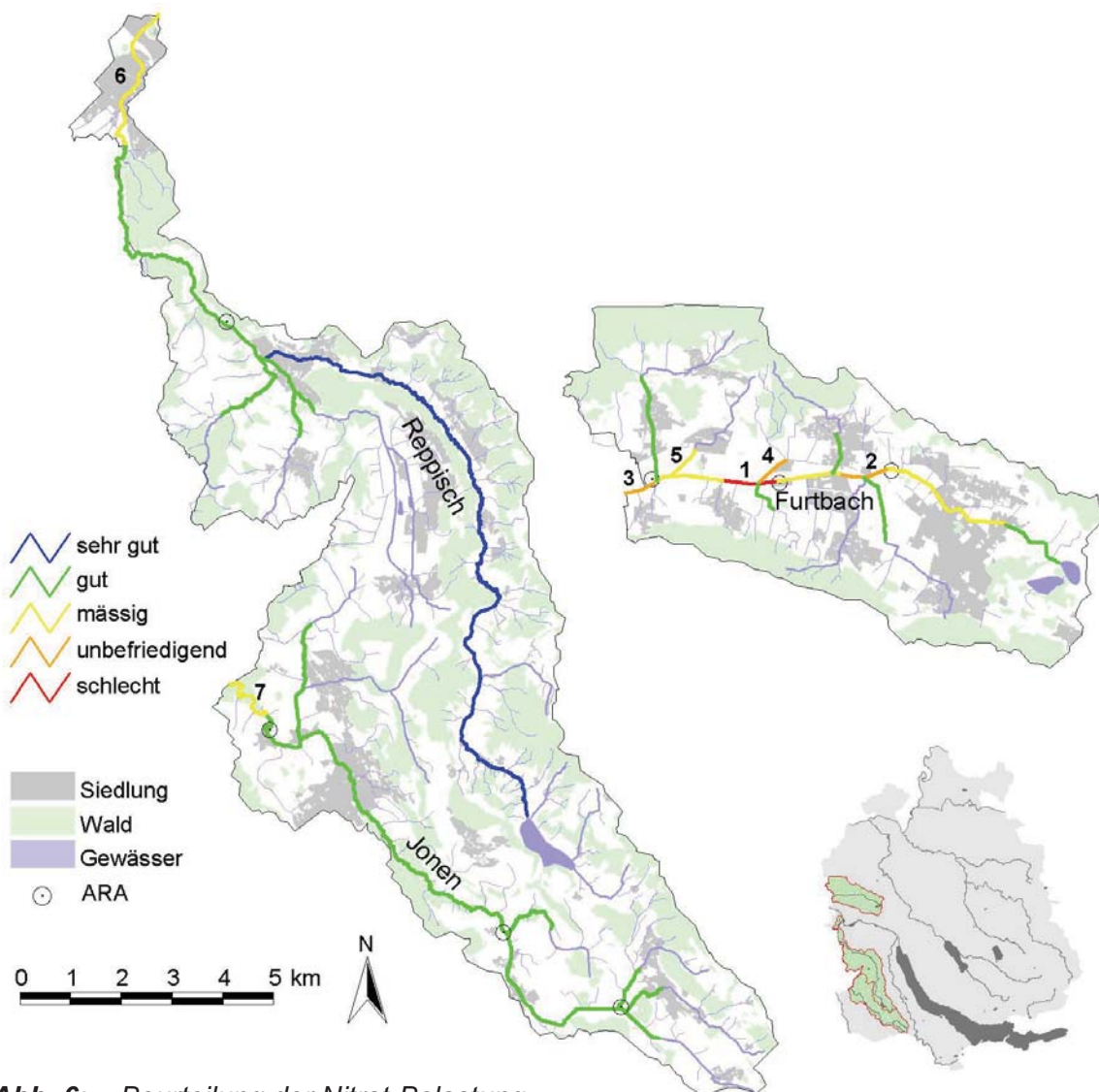
### Problem und Verursacher

Stickoxide aus Verbrennungsprozessen und Ammoniak aus der Landwirtschaft belasten die Niederschläge mit Stickstoff und führen zu einer Grundbelastung sämtlicher Flächen. Auf landwirtschaftlichen Nutzflächen wird Stickstoff zudem in Form von Gülle, Mist, Kompost oder Mineraldünger in den Boden eingebracht. Organisch gebundener Stickstoff, wie auch Ammonium, werden durch bakterielle Prozesse in Nitrat umgewandelt. Im Boden wird Nitrat nur schlecht zurückgehalten und gelangt durch Auswaschung ins Grundwasser oder über Drainagen in die Fliessgewässer. Im Ablauf einer nitrifizierenden ARA liegt der Stickstoff ebenfalls als Nitrat vor. Eine Reduktion der Stickstofffrachten aus dem Abwasser kann nur mit einer Denitrifikation auf der ARA erreicht werden. Nitrat im Wasser ist für die Organismen weniger problematisch zu werten als Nitrit oder Ammonium, welche direkt toxische Wirkungen aufweisen. Die Anforderung der Gewässerschutzverordnung gilt nur für Fliessgewässer, die der Trinkwassernutzung dienen. Gemäss BAFU - Modul Chemie wird diese Anforderung aber als Zielvorgabe für die Beurteilung aller Fliessgewässer verwendet. Hohe Nitratwerte können auf das Vorhandensein anderer Problemstoffe hinweisen und sind auch aus Gründen des Grundwasser- und Nordseeschutzes zu reduzieren.

### Beurteilung

Da Seen als Stickstoffsinken wirken, misst man in ihren Abflüssen tiefe Nitratkonzentrationen, wie beispielsweise im Furtbach beim Ablauf aus dem Katzenssee. Insgesamt erfüllten 83.1 % aller Proben die Anforderung für Nitrat. Die höchste Nitratkonzentration trat im Furtbach nach der ARA Buchs (1) auf. Aber auch unterhalb der ARA Regensdorf (2) und Otelfingen (3) traten erhöhte Nitratkonzentrationen auf. Hauptursache ist das schlechte Verdünnungsverhältnis von gereinigtem Abwasser zu Bachwasser. Während die ARA Regensdorf und ARA Otelfingen einen Teil des Stickstoffs mittels Denitrifikation aus dem Abwasser eliminieren, findet in der ARA Buchs keine Denitrifikation statt. Grosse Flächen des Furttals werden intensiv landwirtschaftlich genutzt. Nitrat auswaschung aus Böden und oberflächliche Düngerabschwemmungen während starken Niederschlägen führen zu einer zusätzlichen Nitratbelastung des Furtbachs, der mit Ausnahme eines kurzen Abschnittes unterhalb des Katzenssees bezüglich der Nitratbelastung als mässig bis schlecht beurteilt werden muss. Die erhöhten Nitratkonzentrationen im Bännengraben (4) und Harberenbach (5) dürften auf den intensiven Gemüseanbau in ihren Einzugsgebieten zurückzuführen sein. Die erhöhten Nitratkonzentrationen in der Repisch bei Dietikon (6) und der Jonen unterhalb der ARA Zwillikon (7) sind eine Folge der dichten Besiedlung im Einzugsgebiet und der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung. Insbesondere während Trockenperioden werden die Zielvorgaben für Nitrat deutlich überschritten. In der Jonen unterhalb von Zwillikon wird die Situation durch den Schwall/Sunk Betrieb eines Kraftwerkes weiter verschärft, weil bei Sunk das Abwasser aus der ARA Zwillikon nur ungenügend verdünnt wird.





**Abb. 6:** Beurteilung der Nitrat-Belastung.  
Anforderung GSchV = 5.6 mg NO<sub>3</sub>-N/l

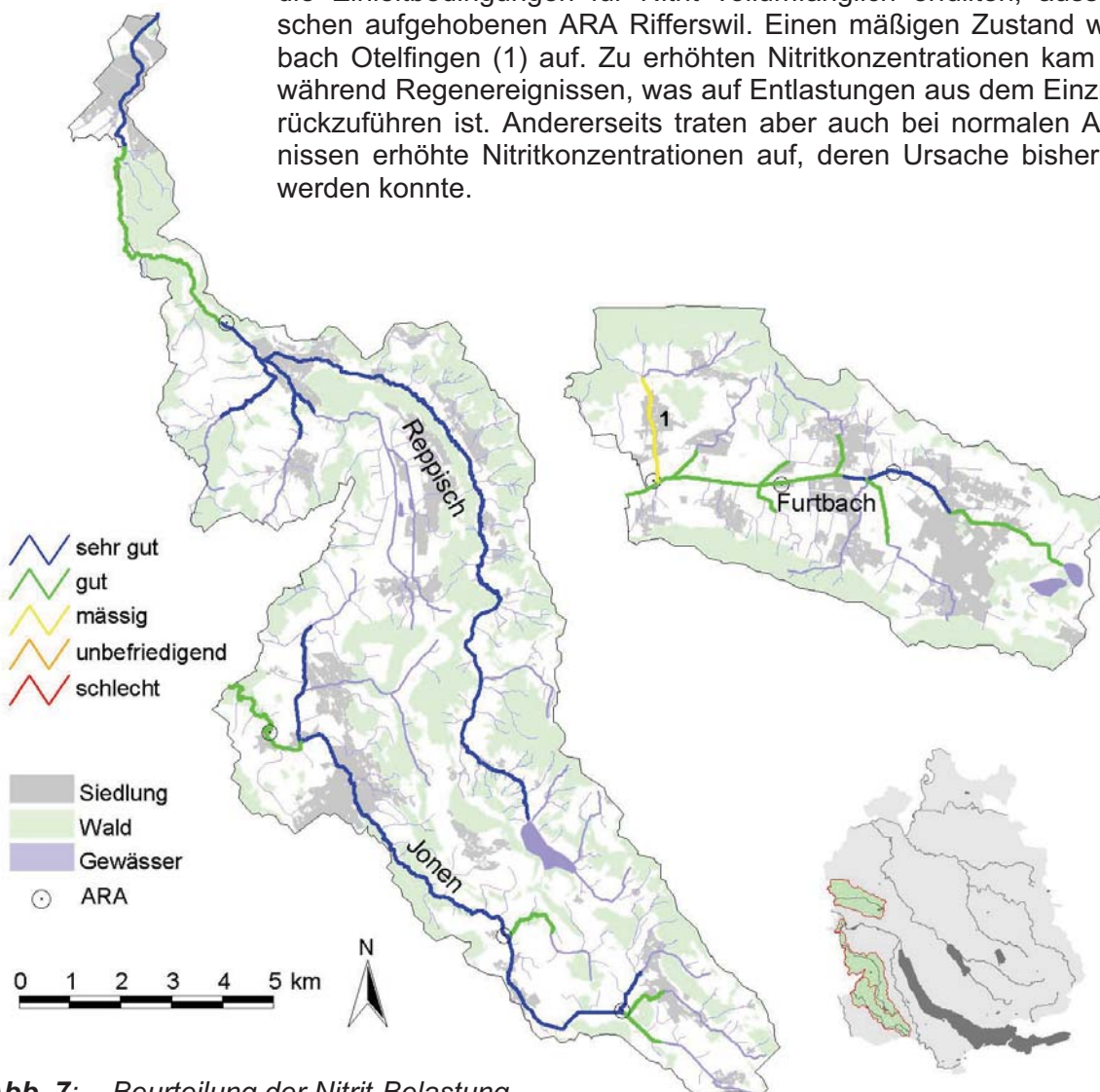
## Nitrit

### Problem und Verursacher

Nitrit ist ein starkes Fischgift und kann auch andere aquatische Organismen gefährden. Da die toxische Wirkung von Nitrit durch die Chloridkonzentration beeinflusst wird, erfolgt die Beurteilung der Nitritbelastung in Abhängigkeit des Chloridgehalts. Als Zwischenprodukt natürlicher Abbauprozesse entsteht Nitrit sowohl bei der Oxidation von Ammonium (Nitrifikation) als auch bei der Reduktion von Nitrat (Denitrifikation). In natürlichen, vom Menschen nicht belasteten Fließgewässern ist Nitrit kaum nachweisbar. Die Konzentrationen liegen deutlich unter 0.01 mg NO<sub>2</sub>-N/l. Erhöhte Nitritkonzentrationen werden oft unterhalb von ungenügend nitrifizierenden ARAs oder bei ARA-Betriebsstörungen beobachtet.

### Beurteilung

97.3 % der in den Jahren 2008/09 untersuchten Wasserproben wiesen bezüglich der Nitritbelastung einen sehr guten oder guten Zustand auf. Zu diesem guten Resultat haben die ARAs in den Einzugsgebieten beigetragen, welche die Einleitbedingungen für Nitrit vollumfänglich erfüllten, ausser der inzwischen aufgehobenen ARA Rifferswil. Einen mässigen Zustand wies der Dorfbach Otelfingen (1) auf. Zu erhöhten Nitritkonzentrationen kam es einerseits während Regenereignissen, was auf Entlastungen aus dem Einzugsgebiet zurückzuführen ist. Andererseits traten aber auch bei normalen Abflussverhältnissen erhöhte Nitritkonzentrationen auf, deren Ursache bisher nicht geklärt werden konnte.



**Abb. 7:** Beurteilung der Nitrit-Belastung.

Zielvorgabe für:

Chloridkonz. < 10 mg/l = 0.02 mg NO<sub>2</sub>-N/l

Chloridkonz. 10-20 mg/l = 0.05 mg NO<sub>2</sub>-N/l

Chloridkonz. > 20 mg/l = 0.10 mg NO<sub>2</sub>-N/l

## DOC

### Problem und Verursacher

Mit der Messgrösse DOC wird der Kohlenstoffanteil der im Wasser gelösten organischen Stoffe bestimmt. Dieser Summenparameter lässt keine direkten Rückschlüsse auf die Zusammensetzung und Herkunft der Kohlenstoffverbindungen zu. Es kann sich sowohl um künstlich hergestellte und eingetragene Verbindungen, als auch um natürliche organische Stoffe aus dem Einzugsgebiet handeln. Der natürliche DOC-Gehalt schwankt je nach Jahreszeit, Pflanzenwachstum und Gewässertyp. Insbesondere kleinere Fließgewässer aus Moor- oder Waldgebieten und Seeabflüsse können relativ hohe DOC-Konzentrationen aufweisen. Eine anthropogen bedingte Erhöhung des DOC-Gehaltes war früher oft auf eine ungenügende Abwasserreinigung zurückzuführen, kommt heute aber kaum mehr vor. Werden jedoch gleichzeitig hohe Ammonium- und Nitritkonzentrationen gemessen, ist ein Hinweis auf ungenügende Abwasserreinigung gegeben.

### Beurteilung

Insgesamt 78.6 % der in den Jahren 2008/09 untersuchten Wasserproben erfüllten die Anforderungen für DOC. Als Seeabfluss weist der Abfluss des Katzenses (1) natürlicherweise eine erhöhte DOC-Konzentration auf. Auch die erhöhten DOC-Konzentrationen im Schwarzenbach (2) und Mülibach (3) sowie als Folge in der gesamten Jonen sind natürlichen Ursprungs. Die Bäche entwässern mooriges Gelände und weisen dadurch natürlicherweise hohe Konzentrationen an Huminstoffen auf. Die erhöhten DOC-Konzentrationen im Furtbach unterhalb der ARA Regensdorf (4) sowie oberhalb und unterhalb der ARA Otelfingen (7) sind anthropogenen Ursprungs. Sie sind einerseits auf das schlechte Verdünnungsverhältnis von Bachwasser zu gereinigtem Abwasser zurückzuführen. Andererseits tragen auch Schmutzwasserentlastungen bei Regenwetter zur DOC-Belastung bei.

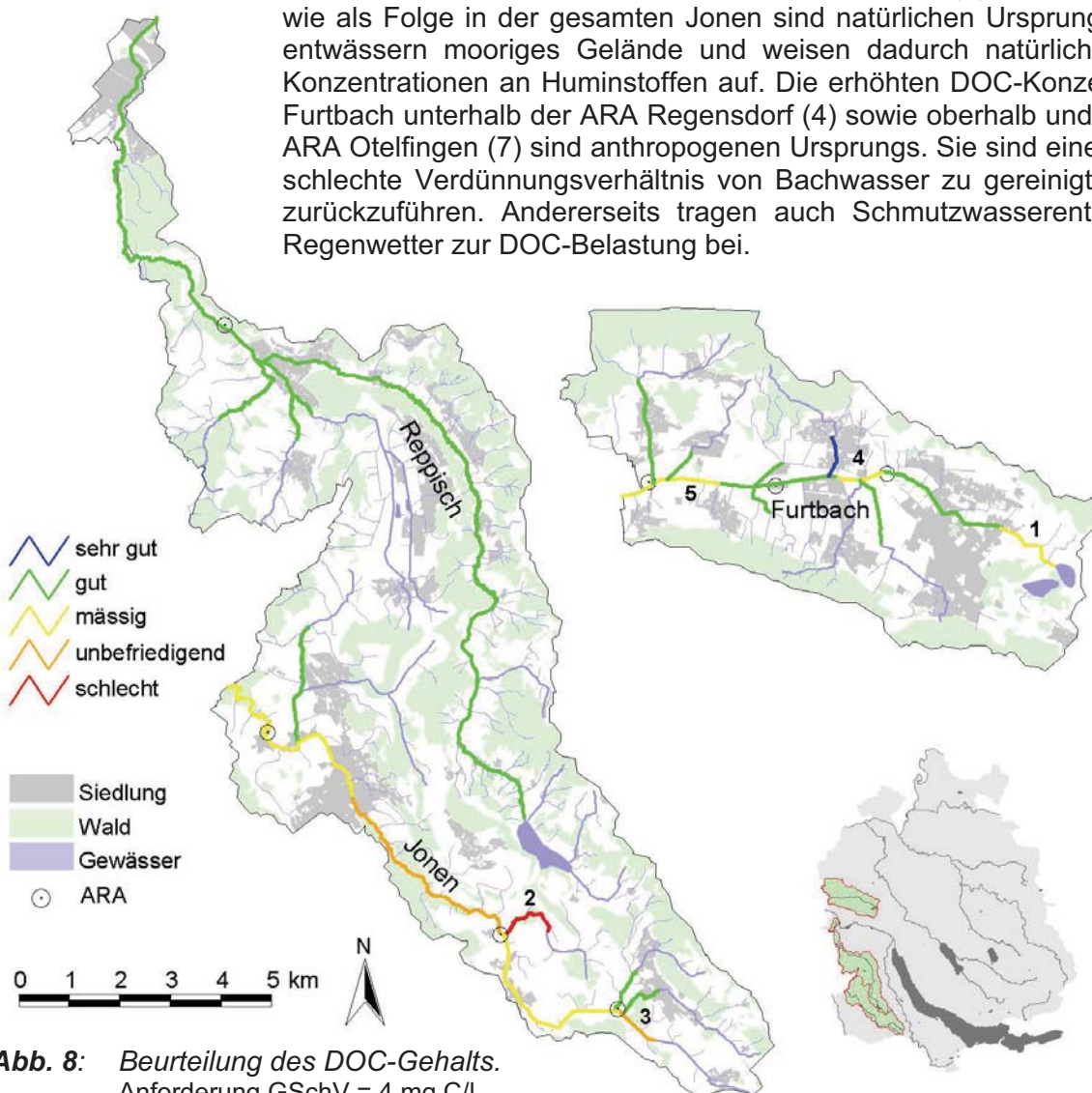


Abb. 8: Beurteilung des DOC-Gehalts.  
Anforderung GSchV = 4 mg C/l

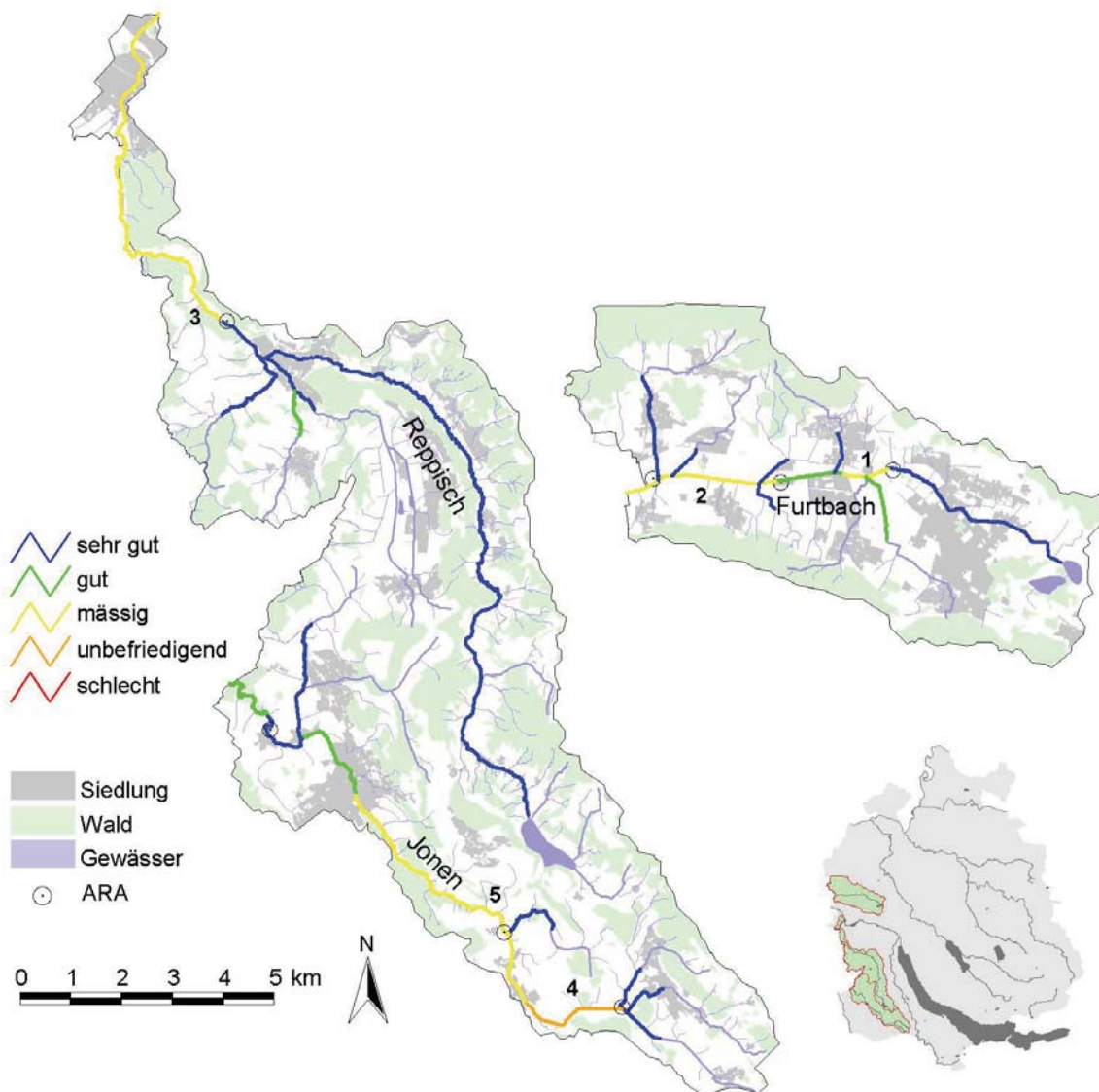
## Phosphat

### Problem und Verursacher

Während in Seen die Produktion von Biomasse massgeblich durch Phosphat limitiert wird, reichen in Fliessgewässern die geringen natürlichen Konzentrationen für ein gutes Wachstum der Pflanzen, da durch das strömende Wasser dieser Nährstoff stets nachgeliefert wird. In natürlichen, vom Menschen nicht belasteten Fliessgewässern liegen die Phosphatkonzentrationen unter 0.02 mg PO<sub>4</sub>-P/l. Phosphat wird stark an Bodenpartikel gebunden und deshalb kaum ausgewaschen, jedoch durch Erosion von Feststoffen in die Gewässer eingetragen. Einleitungen aus Abwasserreinigungsanlagen und Entlastungen bei Niederschlägen aus der Kanalisation tragen zur weiteren Phosphorbelastung bei. Wegen der grossen Bedeutung von Phosphat als Nährstoff in Seen wurde die Zielvorgabe für Fliessgewässer im Einzugsgebiet von Seen tiefer angesetzt als für die übrigen Fliessgewässer. Für grössere ARAs im Einzugsgebiet von Seen gelten deshalb auch für Gesamtposphor die verschärften Einleitungsbedingungen von 0.2 mg P<sub>tot</sub>/l im Ablauf, während für kleinere Anlagen oder Anlagen unterhalb von Seen ein Wert von 0.8 mg P<sub>tot</sub>/l gilt.

### Beurteilung

92.9 % aller untersuchten Proben erfüllten die Zielvorgabe für Phosphat. Zu erhöhten Phosphatkonzentrationen kam es ausschliesslich in Gewässerabschnitten unterhalb von ARAs. Im Furtbach waren die Phosphatkonzentrationen unterhalb der ARA Regensdorf (1) und ab der ARA Buchs (2) bis zur Kantongrenze erhöht. In der Reppisch traten erhöhte Phosphatkonzentrationen unterhalb der ARA Birmensdorf (3) und in der Jonen unterhalb der ARA Hausen (4) auf. Als Folge davon war die Phosphatkonzentration auch in unterliegenden Gewässerabschnitten erhöht. Die inzwischen aufgehobene ARA Rifferswil trug ebenfalls zur Phosphatbelastung der Jonen bei (5). Alle ARAs erfüllen in der Regel die Einleitungsbedingungen für Phosphat. Da die ARAs nicht im Einzugsgebiet von Seen liegen, müssen sie nicht generell die verschärften Einleitungsbedingungen erfüllen. Durch das ungünstige Verdünnungsverhältnis von gereinigtem Abwasser mit Bachwasser können die Zielvorgaben in den Vorflutern trotzdem nicht eingehalten werden. Entlastungen bei Niederschlägen aus der Kanalisation und die dichte Besiedlung sowie die intensive landwirtschaftliche Nutzung in den Einzugsgebieten führen zu einem zusätzlichen Phosphoreintrag in die Gewässer.



**Abb. 9:** Beurteilung der Phosphat-Belastung.  
Zielvorgabe im Einzugsgebiet von Seen = 0.04 mg PO<sub>4</sub>-P/l  
übrige Gewässer = 0.08 mg PO<sub>4</sub>-P/l

## Pestizide

### Problem und Verursacher

Die Substanzen, die im Pflanzen- und Materialschutz sowie der Schädlingsbekämpfung dazu dienen, unerwünschte Organismen abzuschrecken oder zu vernichten, nennt man Pestizide. Je nach Organismus, auf den die Pestizide zielen, kann man sie in verschiedene Gruppen zusammenfassen:

- Herbizide, die selektiv gegen Unkraut oder als Totalherbizide gegen jegliche Pflanzen eingesetzt werden.
- Insektizide / Akarizide zur Bekämpfung von Insekten und Spinnentieren.
- Fungizide / Bakterizide zur Bekämpfung von Pilzen und Bakterien.

Entsprechend dem Einsatzgebiet der Produkte, die Pestizide enthalten, unterscheidet man zwischen Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten. Die Pflanzenschutzmittel werden hauptsächlich in der Landwirtschaft eingesetzt, wo sie Nutzpflanzen vor Schädlingen schützen oder unerwünschte Pflanzen vernichten. Sie kommen aber auch auf Grünflächen und Sportplätzen sowie in Haus und Garten zur Anwendung. Biozidprodukte werden zum Schutz von Materialien wie Fassadenverputzen oder Textilien, zur Desinfektion oder zur Bekämpfung von schädlichen oder lästigen Tieren eingesetzt.

Die Gewässerschutzverordnung fordert für Pestizide in Fließgewässern und im Grundwasser, welches als Trinkwasser genutzt wird, dass die Konzentration eines Einzelstoffes den Wert von 0.1 µg/l nicht überschreitet. Vorbehalten bleiben andere Werte aufgrund von Einzelstoffbeurteilungen im Rahmen des Zulassungsverfahrens, was bisher aber bei keinem Pestizid zur Anwendung kam. Der Wert von 0.1 µg/l wurde festgelegt, um das Trinkwasser zu schützen. Zur Beurteilung der Wirkung eines bestimmten Pestizids auf die Organismen im Wasser ist dieser einheitliche Wert allerdings unbefriedigend, da er die sehr unterschiedliche Toxizität der Stoffe nicht berücksichtigt.

### Datenauswertung

Im Auftrag des BAFU wurde von Chèvre et al. (2006) an der Eawag ein Konzept zur wirkungsbasierten Beurteilung von Pestiziden erarbeitet, das für die Auswertung der vorliegenden Untersuchung verwendet wurde. Für eine Anzahl von Pestiziden konnten die Autorinnen und Autoren aufgrund von Literaturdaten Werte zur Beurteilung der chronischen Toxizität (CQK) und der akuten Toxizität (AQK) bestimmen. Da aber für viele Pestizide keine Informationen zur chronischen oder akuten Toxizität vorliegen, ist der Katalog, der für jedes Pestizid die beiden Qualitätskriterien angibt, bei weitem nicht vollständig.

Teilt man die Konzentration eines Pestizids durch dessen Wert für die chronische Toxizität, erhält man den sogenannten Risikoquotienten ( $RQ_{\text{Einzelstoff}}$ ) für diesen Stoff (Gl. 1). Ist der Quotient kleiner als eins, liegt die Konzentration des betreffenden Pestizids unterhalb des Werts für die chronische Toxizität. Ist der Quotient hingegen grösser als eins, überschreitet die gemessene Konzentration den Wert für die chronische Toxizität; abhängig von der Dauer der Einwirkung können aquatische Organismen unter diesen Bedingungen Schaden nehmen.

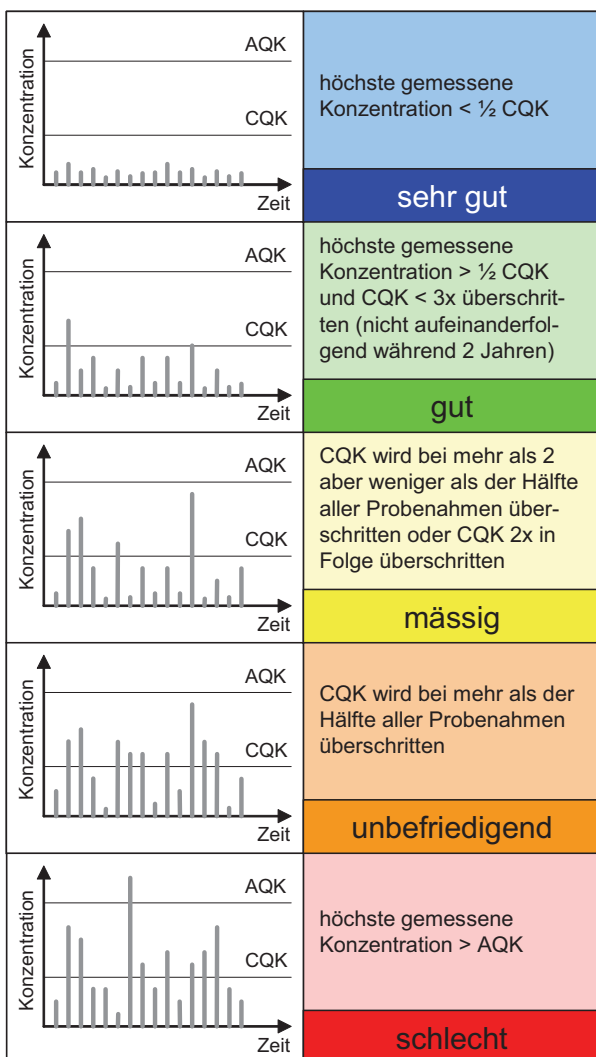
Für die Organismen im Wasser sind aber letztlich nicht die Konzentrationen der Einzelstoffe, sondern die Summe der Effekte aller Substanzen mit dem gleichen Wirkungsmechanismus entscheidend. Da der Mechanismus der Wirkung im Bau der Moleküle begründet liegt, können Wirkstoffe, deren Moleküle in zentralen Punkten gleich aufgebaut sind, zu Substanzklassen zusammengefasst werden. Beispiele für Substanzklassen sind die Triazine oder die Organophosphate. Wirken zwei verschiedene Substanzklassen in einem Orga-

nismus am gleichen Ort, können auch deren Wirkungen zusammengefasst werden. Zum Beispiel haben die weit verbreiteten Triazine und Phenylharnstoffe gemeinsam, dass es sich um Herbizide handelt, welche die biochemischen Prozesse der Photosynthese beeinträchtigen (Wirkungsort Photosystem II). Gemäss Chèvre et al. (2006) ist es sinnvoll, durch die Berechnung der Summe der Risikoquotienten der Einzelstoffe ( $RQ_{\text{Mischung}}$ ) eine Gesamtbeurteilung für die beiden Substanzklassen vorzunehmen (Gl. 2).

$$RQ_{\text{Einzelstoff}} = \frac{\text{Konz. (Konzentration gemessen)}}{CQK \text{ (Qualitätskriterium chronisch)}} \quad (1)$$

$$RQ_{\text{Mischung}} = \frac{\text{Konz.}_i}{CQK_i} + \frac{\text{Konz.}_j}{CQK_j} + \dots \quad (2)$$

Das analoge Vorgehen kann für die Beurteilung der akuten Toxizität verwendet werden.



Wie bereits erwähnt, muss bei der Abschätzung der chronischen Toxizität die Dauer der Einwirkung eines Wirkstoffes oder einer Substanzklasse berücksichtigt werden. Da bei den Untersuchungen in den Einzugsgebieten von Furtbach, Reppisch und Jonen in den Jahren 2008/09 jeweils von März bis Oktober monatlich nur eine Probe pro Stelle untersucht wurde, musste das Konzept von Chèvre et al. (2006) angepasst werden: Wird die chronische Toxizität in weniger als der Hälfte aller Proben überschritten, wird der Zustand eines Fließgewässers auch dann nur als mässig beurteilt, wenn zwei der Überschreitungen unmittelbar aufeinander folgen (Abb. 10).

**Abb. 10:** Schema zur Beurteilung der Belastung einer Untersuchungsstelle durch Pestizide aufgrund von monatlichen Stichproben (AQK = akutes und CQK = chronisches Qualitätskriterium).

## Insektizide

### Stoffgruppe der Organophosphate

Organophosphate sind die umfangreichste und vielfältigste Substanzklasse von Wirkstoffen gegen Insekten (Insektizide) und Milben (Akarizide). In den untersuchten Einzugsgebieten wurden Diazinon und Dimethoat nachgewiesen. Beides sind hochwirksame Stoffe, die bei einem Eintrag in Gewässer bereits in niedrigsten Konzentrationen Insekten, Krebse und allenfalls Fische schädigen können. Da die chronische Toxizität von Diazinon mit  $0.0027 \mu\text{g/l}$  wesentlich tiefer liegt als die Bestimmungsgrenze von  $0.01 \mu\text{g/l}$ , führt jeder Nachweis dieser Verbindung oberhalb der Bestimmungsgrenze zu einer Überschreitung des Qualitätskriteriums für die chronische Toxizität. Diazinon wird nicht nur in der Landwirtschaft verwendet, sondern ist auch in Publikumsprodukten für Haus und Garten weit verbreitet.

### Beurteilung

Der Furtbach nach der ARA Regensdorf und einige Zuflüsse sind erheblich mit Diazinon und Dimethoat belastet. Oberhalb der ARA Regensdorf (1) wurde Diazinon nur einmal nachgewiesen, bei der Messstelle unterhalb der ARA (2) sieben Mal. Der Weg über die ARA scheint also ein bevorzugter Eintragspfad von Diazinon ins Gewässer zu sein. Die Beurteilung schlecht kam deshalb zustande, weil im Juli 2009 mit einer Konzentration von  $0.237 \mu\text{g/l}$  der Wert für die akute Toxizität überschritten worden war. Im Breitwiesenkanal (3) wurde Diazinon nur zweimal nachgewiesen, allerdings im April und Mai 2009 in zwei aufeinander folgenden Monaten, was eine Beurteilung als mässig nach sich zog. Nach der Mündung des Mülibachs verbesserte sich der Zustand des Furtbachs von schlecht auf mässig (5), was wahrscheinlich auf die Zufuhr von unbelastetem Wasser aus dem Mülibach (4) zurückgeführt werden kann. Unterhalb der ARA Buchs (6) wurde Diazinon elf Mal nachgewiesen im Gegensatz zur Messstelle oberhalb der ARA (5), wo Diazinon nur sieben Mal nachgewiesen wurde. Der Zustand wurde wieder als schlecht beurteilt, weil mit einer Konzentration von  $0.159 \mu\text{g/l}$  im August 2009 der Wert für die akute Toxizität überschritten worden war. Der Zustand des Bännegrabens (7), der kurz unterhalb der ARA Buchs in den Furtbach mündet, wurde als schlecht beurteilt, weil im Juni 2009 Dimethoat eine Konzentration von  $4.043 \mu\text{g/l}$  erreicht hatte. Diese Konzentration lag rund drei Mal höher als der Wert für die akute Toxizität. Oberhalb der ARA Otelfingen (8) wurde das Qualitätskriterium für die chronische Toxizität der Organophosphate Diazinon und Dimethoat insgesamt acht Mal überschritten, was zur Beurteilung unbefriedigend führte. Diazinon wurde acht Mal nachgewiesen, Dimethoat in den Monaten Mai und Juni 2009 zwei Mal. Im Harberenbach (9) wurde fünf Mal Diazinon oder Dimethoat nachgewiesen, was eine Beurteilung als mässig zur Folge hatte.

Während der Zustand der Reppisch oberhalb der ARA Birmensdorf (10) als gut bezeichnet werden konnte, war der Zustand unterhalb der ARA (11) nur noch mässig. Grund dafür ist der Eintrag von Diazinon über die ARA: Oberhalb der ARA wurde Diazinon einmal nachgewiesen, unterhalb achtmal. Die höchste Konzentration wurde im Juni 2008 mit  $0.047 \mu\text{g/l}$  gemessen. Bei der Messstelle Reppisch bei Dietikon (12) wurde Diazinon insgesamt neunmal nachgewiesen, wobei die höchste Konzentration im Juni 2008 mit  $0.068 \mu\text{g/l}$  erreicht wurde. Dies führte zur Beurteilung unbefriedigend für den letzten Streckenabschnitt der Reppisch im Kanton Zürich.

Die Beurteilung „mässig“ der Jonen unterhalb der ARA Hausen (13) ist auf die Nachweise von Diazinon zurückzuführen. Die Resultate zeigen, dass ARAs ein wichtiger Eintragspfad für Diazinon sein können. Oberhalb der ARA Hausen wurde Diazinon kein einziges Mal nachgewiesen, unterhalb der ARA





Hausen hingegen sechsmal. Der Einfluss der ARA Zwillikon (14) führte siebenmal zu einer Erhöhung der Konzentration und einmal zu einer Verringerung. Der Ablauf der ARA Rifferswil (14) erhöhte die Konzentration an Diazinon nur einmal und verringerte sie, infolge Verdünnung, viermal. Die Hypothese, dass Diazinon hauptsächlich über die ARAs in die Gewässer eingetragen wird, steht in Einklang mit der Beobachtung, dass der Zustand der seitlichen Zuflüsse der Jonen als „sehr gut“ bezeichnet werden konnte.

Abb. 11: Beurteilung der Belastung durch Organophosphate.

## Herbizide

### Stoffgruppe der Triazine und Phenylharnstoffe

Triazine und Phenylharnstoffe gehören zur Wirkstoffgruppe der Herbizide. Zu den wichtigsten Vertretern der Triazine gehören Atrazin, Simazin, Terbutylazin und Terbutryn. Prominente Beispiele für Phenylharnstoffe sind Diuron, Isoproturon und Linuron.

#### Atrazin

Nach dem Verbot von Atrazin in der EU ist dieses Herbizid in der Schweiz seit dem Jahr 2008 ebenfalls nicht mehr zugelassen. Bis Ende Juni 2011 dürfen Restbestände von Atrazin noch eingesetzt werden. Der Wirkstoff wird in der Schweiz vorwiegend im Maisbau verwendet. Mit einem Wert von 1.8 µg/l als Qualitätskriterium für die chronische Toxizität (CQK) und einem Wert von 15 µg/l für die akute Toxizität (AQK) beurteilen Chèvre et al. (2006) Atrazin als relativ unproblematisch für aquatische Organismen.

#### Diuron

Mit einem CQK von 0.15 µg/l und einem AQK von 1.3 µg/l wird Diuron als wesentlich problematischer beurteilt. Diuron ist als Bodenherbizid im Obst- und Rebbau sowie im Gemüseanbau (Spargel) zugelassen, wobei sich die Anwendung meist auf relativ kleine Flächen beschränkt. Als Wirkstoff gegen Al-

genbewuchs wird Diuron auch in Baumaterialien wie Dispersionsfarben und Aussenputzen verwendet und kann durch Auswaschung auch über diese Anwendungen in die Gewässer gelangen. Von der deutschen Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) wurde für Diuron mit 0.05 µg/l ein sehr tiefer Wert als Zielvorgabe festgelegt.

### Beurteilung

Der Zustand des Furtbachs unterhalb der ARA Regensdorf (1) wurde als mässig beurteilt, weil das Qualitätskriterium für die chronische Toxizität in den beiden Untersuchungsperioden dreimal überschritten worden war. Im April 2008 wurde Isoproturon in einer Konzentration von 0.640 µg/l gemessen. Im Mai 2009 traten Terbutylazin und Diuron (0.155 µg/l resp. 0.085 µg/l) in Konzentrationen auf, die etwa der Hälfte der chronischen Toxizität entsprachen. Im Oktober 2009 schliesslich fand man Chlortoluron in einer Konzentration von 0.336 µg/l. Die bessere Beurteilung der Strecke oberhalb der ARA Regensdorf (2) lag allein darin begründet, dass das Qualitätskriterium für die chronische Toxizität im Mai 2009 knapp nicht überschritten worden war. Im April 2008 und Oktober 2009 wurde das Qualitätskriterium für die chronische Toxizität ebenfalls überschritten. Ursache waren Isoproturon, Terbutylazin und Chlortoluron, deren Konzentrationen zum Teil erheblich höher waren als bei der Messstelle unterhalb der ARA Regensdorf (1). Einzig die Konzentration von Diuron war im Mai 2009 mit 0.017 µg/l deutlich tiefer als unterhalb der ARA Regensdorf (1). Diuron schien somit über die ARA in den Furtbach zu gelangen. Der Zustand des Mülibachs (3) wurde als mässig beurteilt, weil im April 2008 Isoproturon (0.497 µg/l) sowie im Mai und Juni 2009 Terbutylazin (1.667 µg/l resp. 0.392 µg/l) in hohen Konzentrationen aufgetreten waren. Der Zustand oberhalb der ARA Otelfingen (4) wurde als mässig beurteilt. Grund

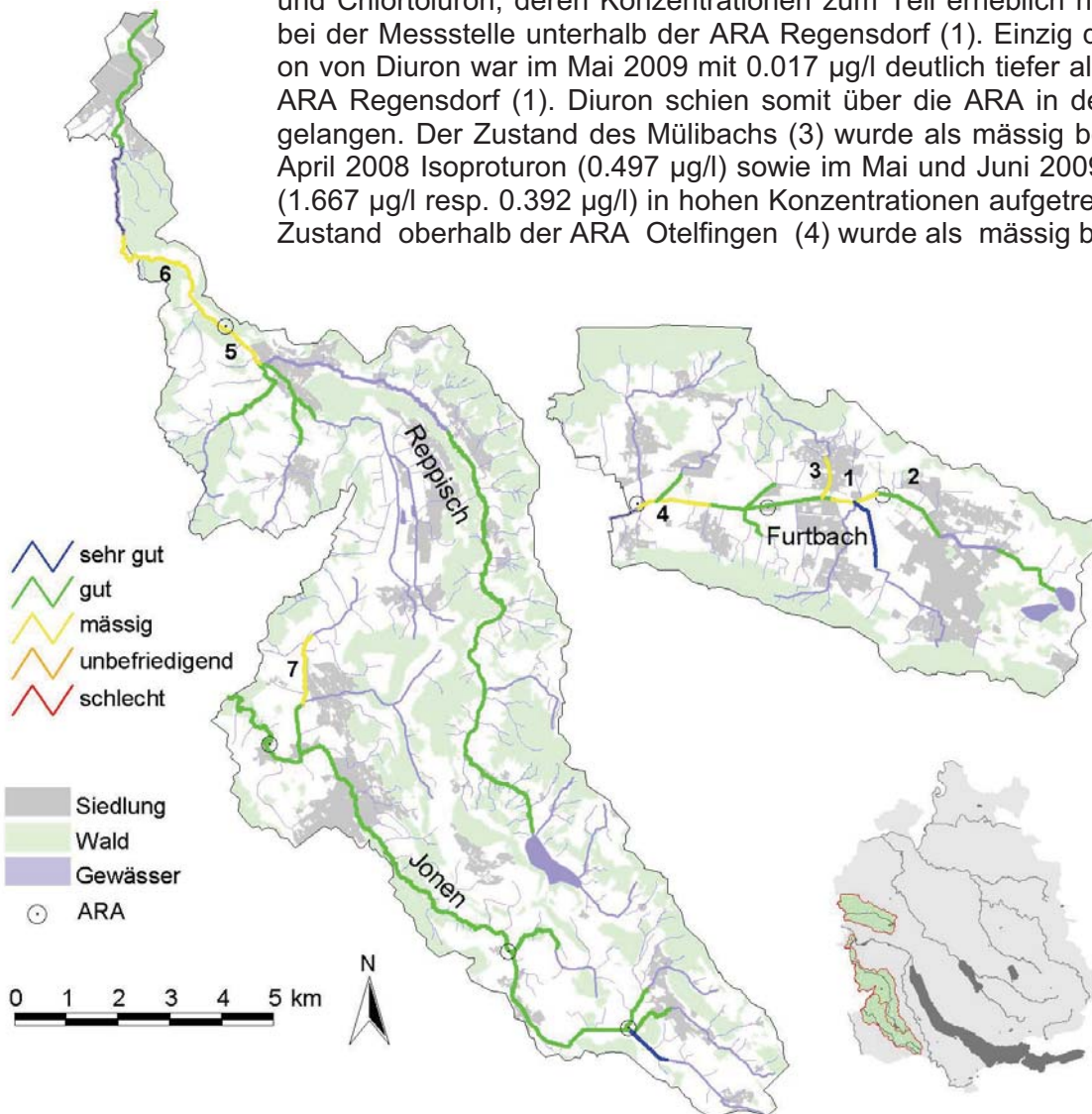


Abb. 12: Beurteilung der Belastung durch Triazine und Phenylharnstoffe.

dafür waren hohe Konzentrationen an Isoproturon im April 2008 (0.427 µg/l) und an Atrazin im Mai desselben Jahres (1.801 µg/l). Im Mai und Juni 2009 fielen vor allem Diuron, Isoproturon, Linuron, Terbutylazin und Terbutryn mit Risikoquotienten zwischen 0.16 und 0.28 auf; in der Summe ergab sich ein Wert grösser als eins, was gleichbedeutend mit einer Überschreitung des Qualitätskriteriums für die chronische Toxizität ist.

Der als mässig beurteilte Zustand der Reppisch oberhalb der ARA Birmensdorf (5) kam durch hohe Konzentrationen an Isoproturon, Atrazin oder Terbutylazin zustande. Im Mai 2008 wurde Isoproturon in einer Konzentration von 0.445 µg/l gemessen, im Juni 2008 Atrazin in einer Konzentration von 0.357 µg/l und Terbutylazin in einer Konzentration von 0.397 µg/l. Im Juni 2009 fand man Terbutylazin in einer Konzentration von 0.408 µg/l. Die Konzentrationen der gleichen Stoffe lagen in den Proben, die unterhalb der ARA Birmensdorf (6) erhoben wurden, eher tiefer. Das weist darauf hin, dass die Schadstoffe nicht über die ARA in die Reppisch eingetragen wurden, sondern über diffuse Quellen.

Im Einzugsgebiet der Jonen wurde der Zustand des Hofibachs bei der Messstelle Hofibach vor Hedingen (7) als mässig beurteilt, weil im April 2008 und 2009 Isoproturon zweimal in hohen Konzentrationen gemessen worden war (0.314 µg/l resp. 0.627 µg/l), und im Juni 2008 Atrazin in einer Konzentration von 1.674 µg/l aufgetreten war.

### **Stoffgruppe der Chloracetanilide**

Von den Chloracetaniliden waren in den Jahren 2008 und 2009 vor allem Dimethenamid, Metazachlor, Metolachlor und Propachlor in Erscheinung getreten. Bei diesen Wirkstoffen handelt es sich um Herbizide, die beim Anbau von Mais, Soja, Sonnenblumen, Bohnen, Raps, Kohl, Lauch, Fenchel und Radieschen verwendet werden.

### **Beurteilung**

Im Furtbach und seinen Zuflüssen wurde ein Pestizidmuster gefunden, das typisch ist für ein Einzugsgebiet, dessen Landwirtschaft von intensivem Gemüseanbau dominiert wird. Der Zustand des Mülibachs (1) wurde als mässig beurteilt, weil im Mai und Juni 2009 hohe Konzentrationen an Metolachlor (4.645 µg/l resp. 0.543 µg/l) gemessen worden waren. Der Zustand des Bännergabens (2) wurde ebenfalls als mässig beurteilt. Hier waren es vor allem die hohen Konzentrationen von Metazachlor, Metolachlor und Propachlor, die für die Beurteilung schlecht verantwortlich zeichneten. Die höchste Konzentration für Metazachlor lag bei 0.550 µg/l, für Metolachlor bei 0.166 µg/l und für Propachlor bei 0.907 µg/l. Im Furtbach unterhalb der ARA Buchs (3) wurde der Zustand als mässig beurteilt, weil das chronische Qualitätskriterium in zwei aufeinander folgenden Monaten überschritten worden war. Im Mai 2009 fiel die hohe Konzentration von Metolachlor (0.353 µg/l) auf, im Juni 2009 die hohen Konzentrationen von Metazachlor (0.201 µg/l) und Metolachlor (0.166 µg/l). Im August 2009 schliesslich trat Propachlor mit einer Konzentration von 0.937 µg/l auf. Bei der Messstelle im Furtbach oberhalb der ARA Otelfingen (4) wurde das Qualitätskriterium für die chronische Toxizität insgesamt sechs Mal überschritten. Hauptverursacher der Belastung mit Chloracetaniliden waren wiederum Metazachlor, Metolachlor und Propachlor. Als schlecht wurde der Zustand charakterisiert, weil Propachlor im August 2009 mit einer Konzentration von 2.115 µg/l die akute Toxizität um das anderthalbfache überschritt.

Bezüglich Chloracetanilide konnte der Reppisch und ihren beprobten Seitenzuflüssen der Zustand gut oder sehr gut attestiert werden.

Im Einzugsgebiet der Jonen wurde der Zustand des Schwarzenbachs (5) als mässig klassifiziert, weil das Qualitätskriterium für die chronische Toxizität in zwei aufeinander folgenden Monaten überschritten worden war, und zwar im Mai und Juni 2009. Die hohen Pestizidkonzentrationen wurden verursacht durch Dimethenamid (Mai: 0.148 µg/l; Juni: 0.124 µg/l) und Metolachlor (Mai: 0.354 µg/l; Juni: 0.059 µg/l).

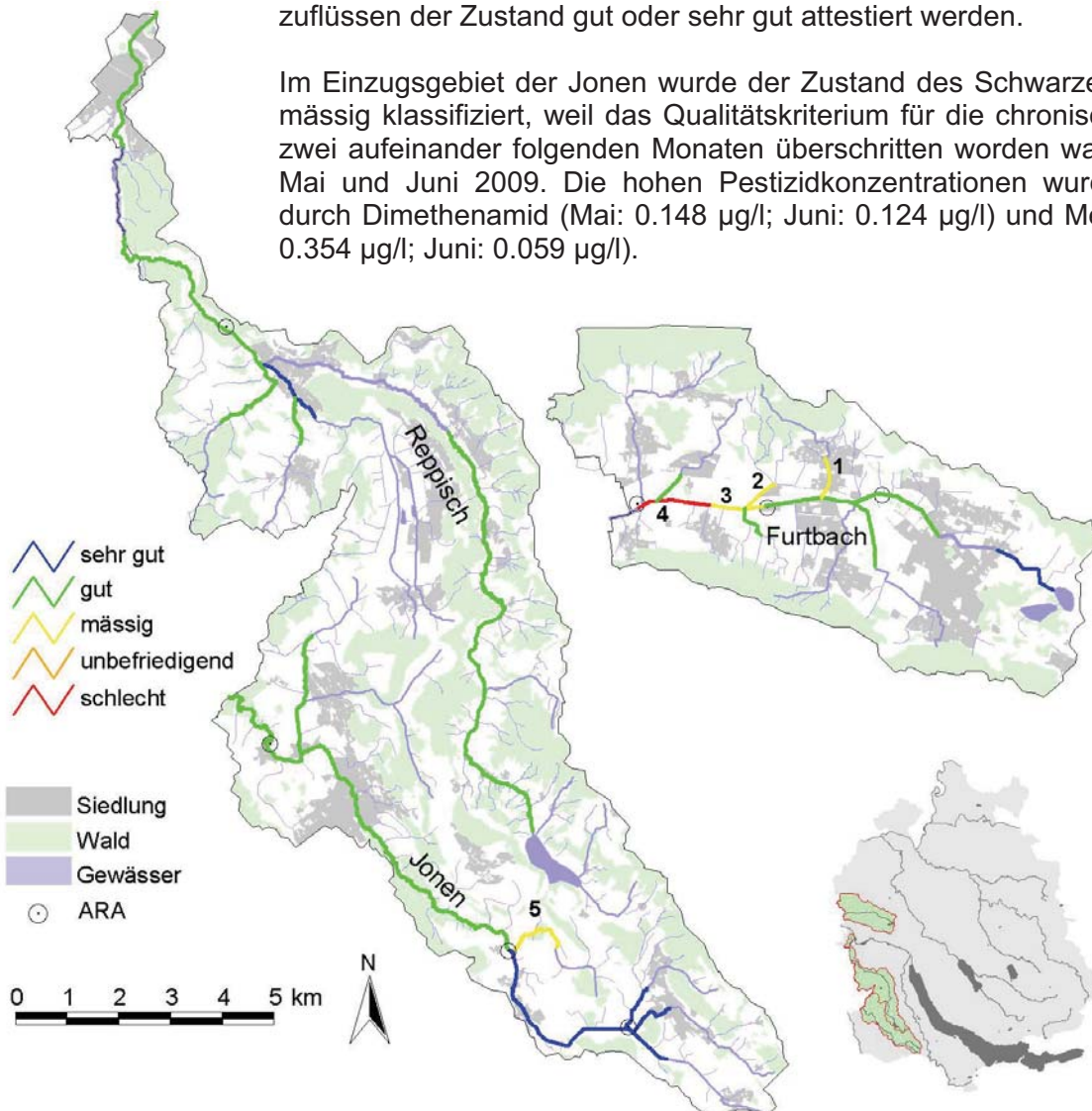


Abb. 13: Beurteilung der Belastung durch Chloracetanilide.

### Anforderung gemäss Gewässerschutzverordnung

Neben der ökologisch begründeten, stoffspezifischen Beurteilung mittels chronischen und akuten Qualitätskriterien gilt es auch zu überprüfen, wie oft die Anforderung der Gewässerschutzverordnung nicht eingehalten wurde. Die Gewässerschutzverordnung fordert für Pestizide in Fliessgewässern und im Grundwasser, welches als Trinkwasser genutzt wird, dass die Konzentration eines einzelnen Wirkstoffs den Wert von 0.1 µg/l nicht überschreitet.

Im Rahmen der Untersuchungen 2008/09 wurden 493 Proben auf 57 Pestizide und drei Abbauprodukte analysiert. Von den insgesamt 27'115 Messwerten lagen 485 oberhalb des Anforderungswerts der Gewässerschutzverordnung von 0.1 µg/l; das entspricht 1.8 %. Mit 64 Messungen oberhalb des Anforderungswerts war Mecoprop der Wirkstoff, der die 0.1 µg/l am häufigsten überschritt (Tab. 5). Mecoprop wird sowohl in der Landwirtschaft als auch in Publikumsprodukten zur Unkrautbekämpfung auf Zier- und Sportrasen verwendet. Auch in Abdichtmassen in Flachdächern wird Mecoprop eingesetzt, von wo es

ausgewaschen und über die Dachentwässerung in die Gewässer gelangen kann.

Im Einzugsgebiet des Furtbachs wurden bei 20 Pestiziden Überschreitungen des Anforderungswerts der Gewässerschutzverordnung festgestellt. Im Einzugsgebiet der Jonen waren es 14 Pestizide und im Einzugsgebiet der Repisch 12 Pestizide, welche den Anforderungswert überschritten.

**Tab. 5:** Pestizide, die 2008/09 in Konzentrationen über 0.1 µg/l gemessen wurden. (CQK resp. AQK: Werte für das chronische resp. akute Qualitätskriterium. ZV LAWA: Zielvorgabe der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.) Bei den eingefärbten Feldern überschreitet der höchste gemessene Wert das entsprechende Kriterium oder die Zielvorgabe.

Wirkstoff	Anzahl Messwerte > 0.1 µg/l	höchster Wert [µg/l]	CQK [µg/l]	AQK [µg/l]	ZV LAWA [µg/l]
Mecoprop	64	2.895			
Atrazin	46	2.539	1.8	15	
Metolachlor	41	4.645	0.3	4.4	0.20
2,6-Dichlorbenzamid (Abbauprodukt)	41	0.344			
Metamitron	30	2.614			
Terbuthylazin	29	1.667	0.38	3.1	0.5
Isoproturon	21	1.930	0.27	2.2	0.30
MCPA	21	1.375			2.00
DEET	20	1.040			
Diuron	14	0.355	0.15	1.3	0.05
Simazin	12	2.132	2.8	23	0.10
Propyzamid	12	0.488			
Napropamid	10	0.486			
MCPB	9	5.257			
Propachlor	9	2.115	0.09	1.4	
Metalaxyl	9	0.813			
Azoxystrobin	8	0.795			
Chloridazon	8	0.414			
Bentazon	7	1.228			70
Metobromuron	6	0.828			
Metazachlor	6	0.550	0.13	1.9	0.40
Dimethoat	5	4.043	0.026	1.38	0.2
Dimethenamid	5	0.434	0.11	1.6	
Desethylatrazin (Abbauprodukt)	5	0.393			
Ethofumesat	5	0.316			
Linuron	4	1.119	0.32	2.6	0.3
Chlortoluron	4	0.737			
Carbendazim	4	0.240			
Diazinon	4	0.237	0.003	0.14	
Propiconazol	4	0.215			
Dimethachlor	3	2.081			
Fluroxypyr	3	0.577			
2,4-D	3	0.375			2.00
Dichlobenil	3	0.290			
Triclopyr	3	0.227			
Desisopropylatrazin	3	0.115			
Penconazol	2	0.256			
Pendimethalin	2	0.218			
Total	485				

Im Furtbach konnte lediglich der Ablauf des Katzensees (1) mit dem Prädikat gut versehen werden. Im weiteren Verlauf des Furtbachs wurde sein Zustand als unbefriedigend oder schlecht beurteilt. Der Zustand der oberen seitlichen Zuflüsse (2, 3, 4) wurde mit mässig beurteilt, die unteren (5, 6) mit schlecht. Auffallend ist, dass die Abläufe der beiden ARA Regensdorf (7) und Buchs (8) jeweils bewirkten, dass der Zustand von unbefriedigend zu schlecht wechselte. Diese Beobachtung bestätigt die Vermutung, dass ARAs ein bedeutender Eintragspfad für Pestizide und ihre Abbauprodukte sind. Dass der Zustand des Furtbachs zwischen dem Einlauf des Mülibachs (3) und der Messstelle Furtbach oberhalb ARA Buchs (9) nur als unbefriedigend und nicht als schlecht beurteilt wurde, liegt sehr wahrscheinlich an der Zufuhr von weniger belastetem Wasser aus dem Mülibach.

Der Zustand der Fliessgewässer im Einzugsgebiet der Reppisch rund um und unterhalb von Birmensdorf wird als mässig beurteilt bis auf den Abschnitt Reppisch nach ARA Birmensdorf (10), dessen Zustand unbefriedigend war. Auch hier macht sich offenbar der Eintrag von Pestiziden und Abbauprodukten über den Ablauf der ARA bemerkbar.

Dasselbe kann über den Einfluss der ARA Zwillikon auf den Zustand der Jonen gesagt werden. Der Zustand der Jonen wurde als mässig beurteilt bis auf ihren letzten Abschnitt unterhalb der ARA Zwillikon (11), dessen Zustand als unbefriedigend bezeichnet wurde. Die seitlichen Zuflüsse der Jonen wurden zwischen mässig und unbefriedigend beurteilt. Eine Ausnahme bildet hier lediglich der Haischerbach (12) mit seinem guten Zustand.

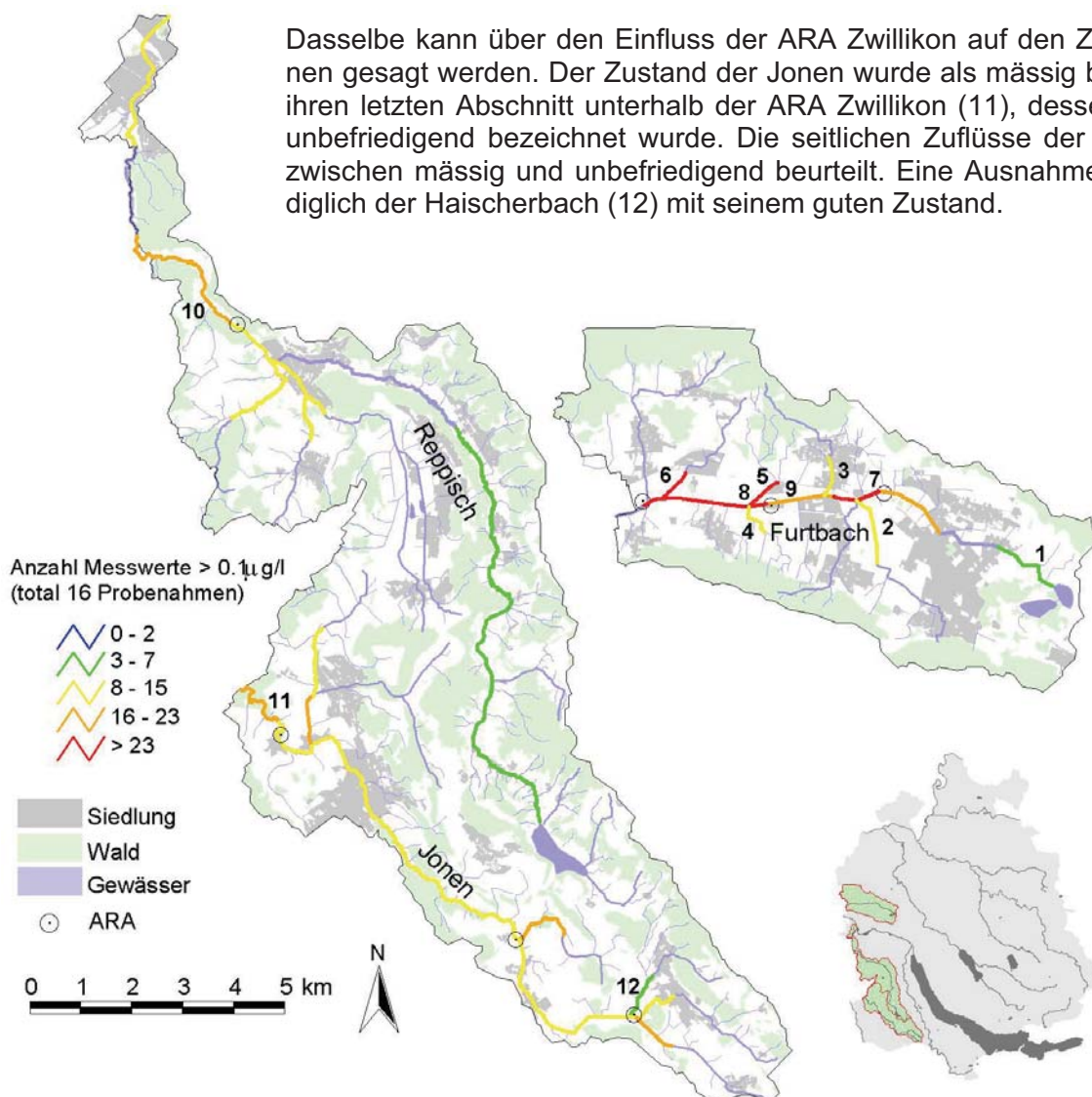


Abb. 14: Beurteilung der Pestizidbelastung durch Anzahl Überschreitungen der Qualitätsanforderung gemäss GSchV.

## Schwermetalle

### **Bedeutung für die Umwelt**

Die Schwermetalle Kupfer, Eisen, Nickel, Zink und Chrom sind als Spurenelemente für die Lebewesen essentiell, d.h. sie sind für bestimmte biologische Prozesse zwingend erforderlich, ansonsten treten Mangelercheinungen auf. Die essentiellen Schwermetalle dürfen in den Gewässern aber nur in sehr niedrigen Konzentrationen vorliegen, da sonst toxische Effekte auftreten können. Blei, Cadmium und Quecksilber werden für keine Zellfunktionen benötigt. Sie wirken bereits in Konzentrationen im Mikrogrammbereich akut toxisch. Allgemein ist zu beachten, dass die chemische Form, wie ein Schwermetall vorliegt, darüber entscheidet, ob es durch ein Lebewesen aufgenommen wird und es dadurch schädigen kann. So sind Schwermetalloxide, -sulfide und andere schwerlösliche Salze im Gegensatz zu freien Schwermetallionen kaum biologisch aufnehmbar. Organische Schwermetallverbindungen wie z.B. Tributylzinn, das als Biozid verwendet wurde, sind bereits in Konzentrationen von wenigen Nanogramm pro Liter für Wassertiere schädlich.

### **Herkunft und Eintragspfade**

Die Eintragspfade der Schwermetalle sind sehr unterschiedlich. Schwermetalle aus der Industrie, zum Beispiel aus der Galvanik oder Leiterplattenherstellung, gelangen trotz betriebsinterner Abwasservorbehandlung in die ARAs. Angelagert an Klärschlammpartikel wird der grösste Anteil zwar aus dem Abwasser entfernt; ein kleinerer Teil gelangt jedoch mit dem gereinigten Abwasser in die Gewässer. Strassenabwässer enthalten beachtliche Schwermetallmengen. Die Schwermetalle liegen meist adsorbiert an feine Partikel vor. Gelingt es, diese feinen Partikel aus dem Abwasser zu entfernen, kann die Umwelt weitgehend entlastet werden. Dies kann heute erfolgreich mittels so genannter Retentionsfilterbecken für die Strassenabwasserbehandlung erreicht werden. Auch von belasteten Standorten (Industriebetriebe, Deponien und Unfallstandorte) können über belastetes Sickerwasser Schwermetalle in die Gewässer gelangen. Die Umstellung auf bleifreies Benzin und der Verzicht auf bleihaltige Anstriche haben zu einer deutlichen Reduktion der Bleibelastung geführt. Weiterhin häufig Verwendung finden aber Kupfer und Zink in Baumaterialien. Durch den Abtrag dieser beiden Schwermetalle von Dächern, Abflussrohren, Leitungen sowie von anderen verzinkten Gegenständen gelangen diese Metalle in die Oberflächengewässer und ins Grundwasser.

### **Schwermetalle im Wasser**

Die eidgenössische Gewässerschutzverordnung (GSchV) definiert die maximal zulässigen Schwermetallkonzentrationen als Anforderungen für die Oberflächengewässer. Dabei werden die metallspezifischen toxischen Eigenschaften mitberücksichtigt. Diese numerischen Angaben werden für die Bewertung der Wasserqualität verwendet.

Die Schwermetallbelastung des frei fliessenden Wassers stellte in den letzten Jahren in den Fliessgewässern des Kantons Zürich kein Problem dar, weshalb Kontrollmessungen nur in grösseren zeitlichen Abständen durchgeführt werden. Im Einzugsgebiet des Furtbachs wurden die Schwermetalle im fliessenden Wasser im Mai 2008 untersucht. In den Einzugsgebieten von Reppisch und Jonen erfolgte die entsprechende Untersuchung im Juli 2008.

Im Harberenbach, einem Seitengewässer des Furtbachs, wurden mit 58 µg/l Zink, die Anforderung von 20 µg/l deutlich überschritten. Alle übrigen Messwerte lagen unter den Anforderungen gemäss GSchV. Bei einer Kontrollmessung der Schwermetallkonzentrationen im Wasser des Harberenbachs wurden mit 60 mg/l sehr hohe Zinkkonzentrationen nachgewiesen. Die Einleitungsstelle konnte lokalisiert und der Verursacher identifiziert werden. Sofortmassnahmen wurden getroffen und der Verursacher zur Sanierung der Abwasserverhältnisse aufgefordert.

### Schwermetalle im Sediment

Die Schwermetallbelastung der Fliessgewässer durch Strassenabwasser, Entlastungen aus der Kanalisation und Abschwemmungen von Kupfer und Zink aus Baumaterialien erfolgt bei Regenereignissen. Für die Erfassung dieser Belastungen wäre eine ereignisbezogene Probenahme erforderlich, was jedoch im Rahmen eines Routineprogramms nicht möglich ist. Da Schwermetalle an feine Partikel adsorbieren, welche teilweise an strömungsberuhigten Stellen im Fliessgewässer sedimentieren, können auch Sedimentuntersuchungen zur Erfassung der Schwermetallbelastung verwendet werden.

Im Einzugsgebiet des Furtbachs wurden im Januar 2008 Sedimentproben erhoben und die Schwermetalle in der Fraktion  $< 0.063$  mm untersucht. In den Einzugsgebieten von Reppisch und Jonen erfolgte die Probenahme im Januar 2009. Da für die Schweiz in der GSchV nur Anforderungen für die Schwermetallkonzentrationen im Wasser festgelegt sind, nicht aber für Sedimente, wurden für die Bewertung der Messresultate die Zielvorgaben der deutschen Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für das Schutzgut Schwebstoffe und Sedimente verwendet (siehe Literaturhinweis). Die Darstellung mittels fünf Beurteilungsklassen erfolgte nach der gebräuchlichen Abstufung ( $m$  = Messwert und  $ZV$  = Zielvorgabe:  $m < 0.5 ZV$  = sehr gut;  $0.5 ZV$  bis  $ZV$  = gut;  $ZV$  bis  $1.5 ZV$  = mässig;  $1.5 ZV$  bis  $2 ZV$  = unbefriedigend;  $> 2 ZV$  = schlecht).

### Kupfer und Zink

Kupfer und Zink sind als Baumaterialien bei Gebäudehüllen und in Hausinstallationen weit verbreitet. Durch Abrieb von Bremsen, Reifen und Strassenbelägen stellen auch Strassen bedeutende Quellen der Belastung mit Kupfer und Zink dar. Bahnlinien sind bei Betrachtungen der Schwermetallbelastung durch Kupfer ebenfalls zu beachten. Unsere bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass mit zunehmender Siedlungsfläche im Einzugsgebiet die Kupfer- und Zinkbelastung der Fliessgewässersedimente steigt und die Zielvorgaben der deutschen LAWA häufig überschritten werden. Die gemessenen Konzentrationen von Kupfer und Zink weisen dabei meist ein erstaunlich konstantes Verhältnis auf. Dies bestätigt, dass nicht einzelne Belastungsquellen wie Industriebetriebe, Deponiealtlasten oder mit Kupfer belastete Rebbauflächen die Hauptquellen der Belastung darstellen. Vielmehr dürften Baumaterialien und Verkehrsträger Hauptursache für die hohe Hintergrundbelastung sein. Abweichungen vom „normalen“ Kupfer-Zink-Verhältnis können deshalb auf zusätzliche Belastungsquellen hinweisen.

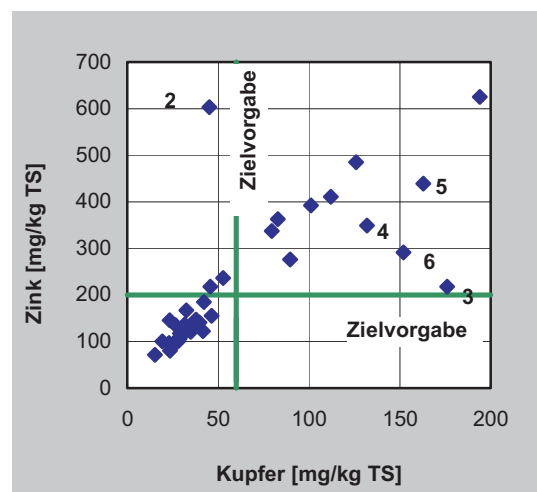
Die Zielvorgaben für Kupfer gemäss der deutschen LAWA konnten im Einzugsgebiet des Furtbachs mehrmals nicht erfüllt werden (Abb. 16). Erhöhte Zinkkonzentrationen traten mit Ausnahme der Jonen unterhalb der ARA Rifferswil (1) ebenfalls nur im Einzugsgebiet des Furtbachs auf. Die erhöhten Zinkkonzentrationen in der Jonen nach ARA Rifferswil könnten durch die ARA verursacht worden sein. Unterhalb von ARAs werden häufig erhöhte Zinkkonzentrationen festgestellt. Zudem mündet kurz oberhalb der Probenahmestelle eine Einleitung aus der Strassenentwässerung in die Jonen, die lokal zu erhöhten Zinkkonzentrationen führen könnte. Alle mit Kupfer- und Zink stark belasteten Stellen im Einzugsgebiet des Furtbachs haben gemeinsam, dass sie einen relativ hohen Anteil an Siedlungsflächen und Verkehrsträger aufweisen (Minimum: 22 %, Mittelwert: 24 %). Die untersuchten Stellen in den Einzugsgebieten von Jonen und Reppisch haben einen deutlich tieferen Anteil an Siedlungsflächen (Mittelwert: 12 %).



Eine starke Abweichung vom durchschnittlichen Kupfer-Zink-Verhältnis wurde an fünf Messstellen festgestellt. Im Harberenbach (2) wurden erhöhte Zinkkonzentrationen, im Büelkanal (3), im Furtbach vor Trockenlookanal (4) und vor der ARA Regensdorf (5) sowie im Mülibach (6) wurden erhöhte Kupferkonzentrationen festgestellt.

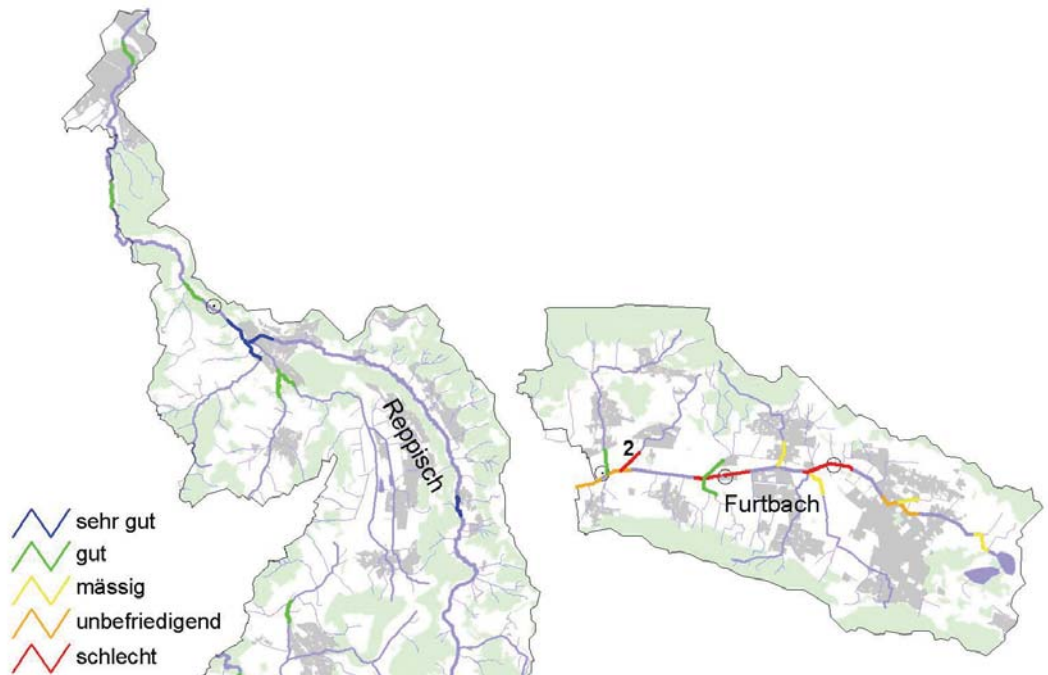
Im Harberenbach (2), wo auch die Zinkkonzentration im Wasser die Anforderungen gemäss GSchV deutlich überschritt und zusätzlich erhöhte Cadmiumkonzentrationen im Sediment festgestellt wurden, konnte der verursachende Betrieb identifiziert werden. Im Einzugsgebiet des Büelkanals (3) liegen mehrere ehemaligen Rebbaufflächen. Viele Böden in Rebbergen sind stark mit Kupfer belastet. Durch die Abschwemmung von kupferbelasteten Bodenpartikeln bei Regenereignissen kann Kupfer in die Fliessgewässersedimente gelangen. Die erhöhten Kupferkonzentrationen im Furtbach vor Trockenlookanal (4) und vor der ARA Regensdorf (5) können einerseits auf die Einmündung des kupferbelasteten Büelkanals zurückgeführt werden. Zwischen Katzenssee und ARA Regensdorf entlasten zudem mehrere Regenbecken und Regenüberläufe bei Starkregen in den Furtbach. Messungen zwischen 1991 bis 1995 zeigten auf, dass vor allem die Entlastungen aus dem Industriegebiet Wüeri, wo verschiedene metallverarbeitende Betriebe und Bauschuttverwerter angesiedelt sind, stark mit Schwermetallen belastet sind. Zusätzlich werden auch der Büelkanal und der Breitwiesenkanal durch Entlastungen beeinträchtigt. Zurzeit wird abgeklärt, ob oberhalb der Einleitung des Büelkanals Kupfer und Zink aus einem dort gelegenen belasteten Standort in den Furtbach gelangen. Im Einzugsgebiet des Mülibachs (6) liegen ebenfalls ehemalige Rebbaufflächen. Zudem waren in Buchs verschiedene Betriebe ansässig, die Buntmetalle in grossen Mengen verarbeiteten. Erhöhte Konzentrationen verschiedener Schwermetalle wurden in verschiedenen Bodenproben im Einzugsgebiet des Mülibachs festgestellt und können durch Abschwemmungen auch in die Sedimente des Mülibachs gelangt sein.

Literatur:  
Übersicht über Qualitätsanforderungen der EG, der internationalen Flussgemeinschaften und der LAWA.  
[www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/chem\\_q-anf\\_oberflaechengewaesser.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/chem_q-anf_oberflaechengewaesser.pdf)



**Abb. 15:** Verhältnis zwischen den Gehalten von Kupfer und Zink in den Fliessgewässersedimenten (TS = Trockensubstanz).

Zinkbelastung



Kupferbelastung

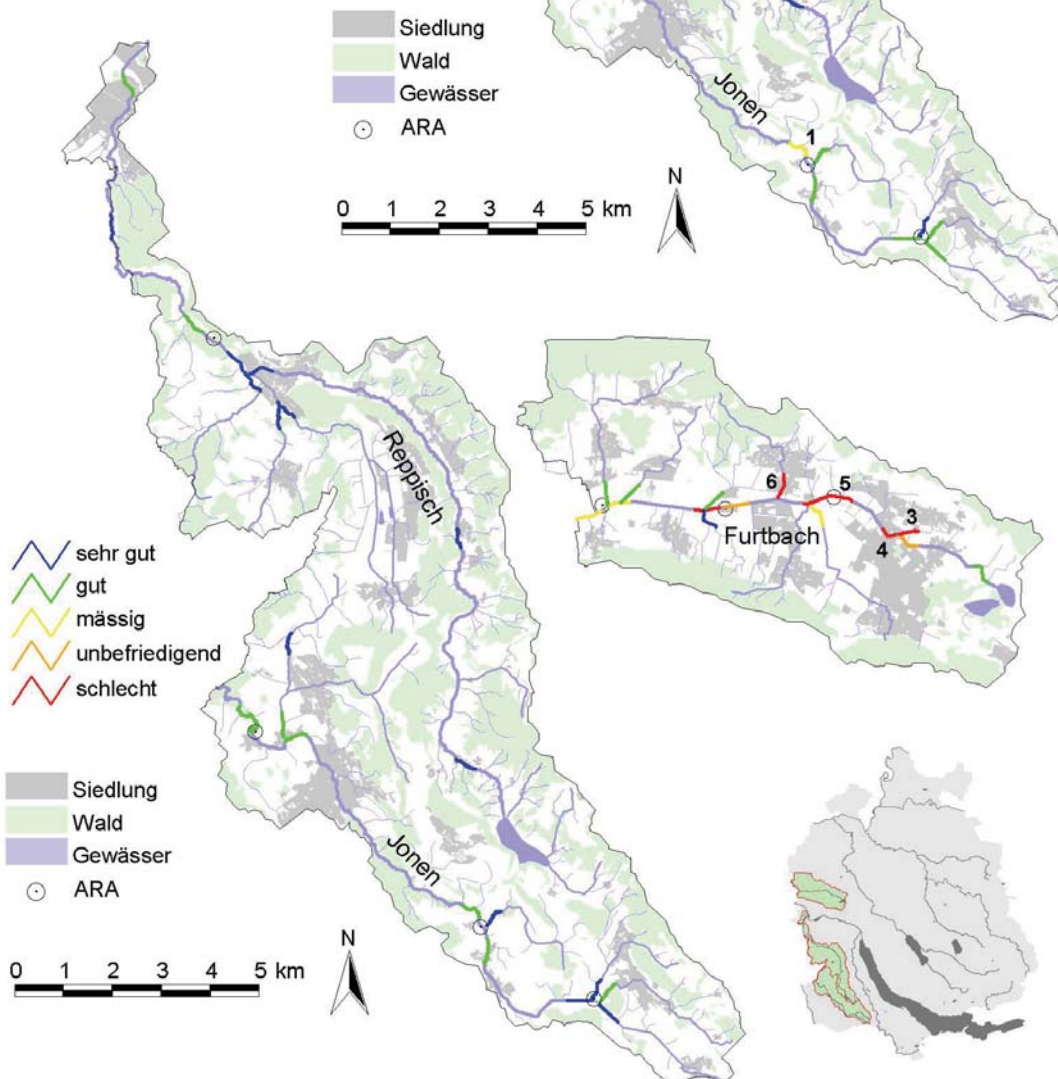
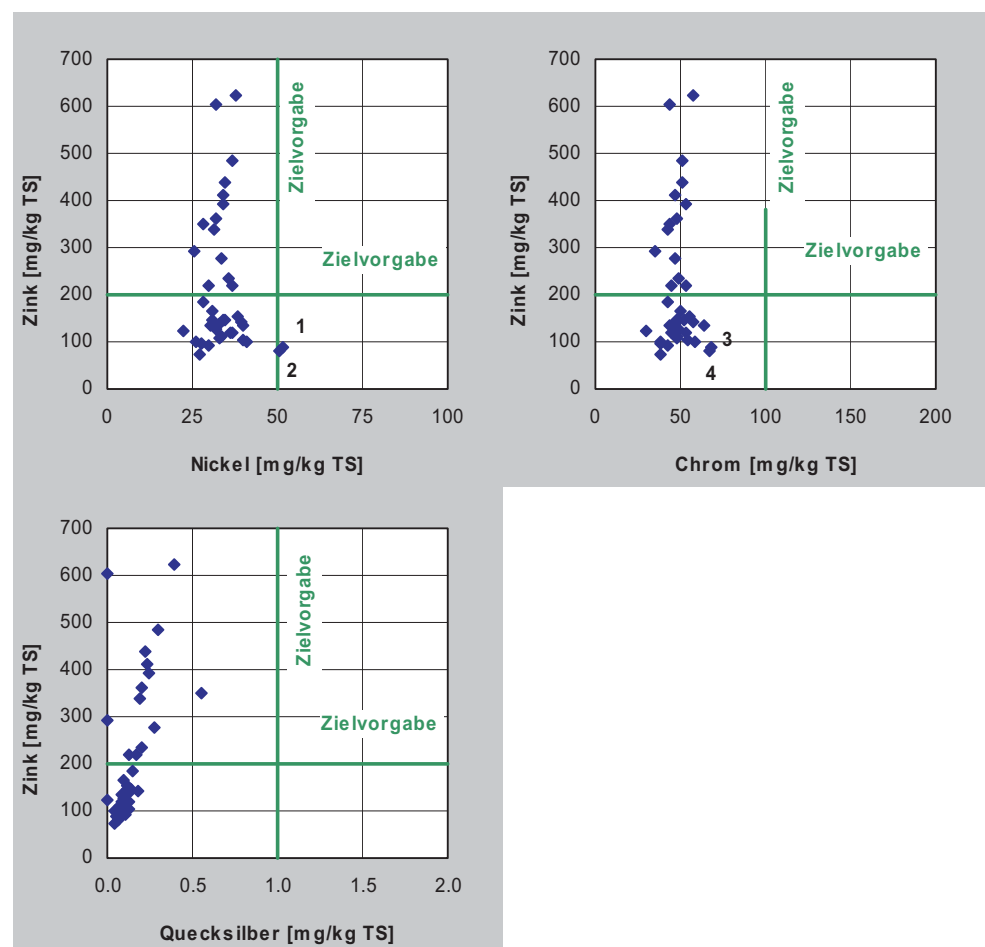


Abb. 16: Belastung der Sedimente mit Zink und Kupfer.

### Quecksilber, Nickel und Chrom

Für Quecksilber und Chrom konnten die in Deutschland verwendeten Zielvorgaben an allen Untersuchungsstellen eingehalten werden. Die Zielvorgaben für Nickel wurden an der Messstelle Reppisch Abfluss Türlerseersee (1), die sich einige 100 m unterhalb des Abflusses aus dem Türlerseersee befindet, und in der Reppisch bei Stallikon (2) leicht überschritten. Auch wurden an diesen beiden Untersuchungsstellen die höchsten Chrom-Konzentrationen gemessen (3, 4). Bereits 1999 wurden in der Reppisch Abfluss Türlerseersee (1) leicht erhöhte Nickel- und Chromkonzentrationen festgestellt. Ein Hinweis auf einen Verursacher konnte damals nicht gefunden werden. Gemäss dem Kataster der belasteten Standorte befindet sich oberhalb der Untersuchungsstelle eine Deponie, in der Aushubmaterial abgelagert wurde. Die Deponie wurde als Standort ohne schädliche oder lästige Einwirkung und deshalb als nicht weiter untersuchungsbedürftig klassiert. Da die Deponie direkt in die Reppisch entwässert, ist nicht auszuschliessen, dass trotzdem Schwermetalle aus der Deponie in die Reppisch gelangen. Die erhöhten Nickelkonzentrationen an der zirka 5 km weiter flussabwärts gelegenen Messstelle in Stallikon weisen darauf hin, dass die Schwermetalle über weite Strecken transportiert werden können, da sich ansonsten keine weiteren belasteten Standorte im unmittelbaren Gewässerbereich befinden.

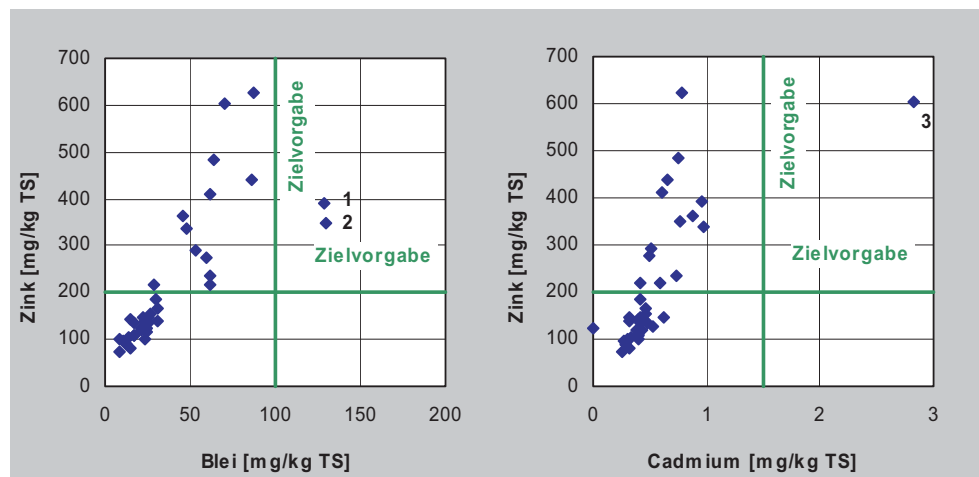


**Abb. 17:** Verhältnis zwischen den Zinkkonzentrationen und den Gehalten von Nickel, Chrom und Quecksilber in den Fliessgewässersedimenten (TS = Trockensubstanz).

### Blei und Cadmium

Bei Bodenuntersuchungen werden entlang von Strassen häufig erhöhte Blei- und Cadmiumgehalte gemessen. Über die Strassenentwässerung können diese Schwermetalle bei fehlenden Einrichtungen zum Rückhalt von Schwebstoffen auch in die Gewässer gelangen.

Erhöhte Bleikonzentrationen traten nur im Einzugsgebiet des Furtbachs auf. Im Furtbach vor Büelkanal (1) und im Furtbach vor Trockenlookanal (2) wurden Bleikonzentrationen gemessen, welche die Zielvorgaben deutlich überschritten. Auch war im Verhältnis zur Zinkkonzentration deutlich mehr Blei vorhanden als an anderen Untersuchungsstellen. 1999 wurden im Furtbach vor Trockenlookanal erstmals erhöhte Bleikonzentrationen nachgewiesen (211 µg/l). Bei einer Wiederholung der Messungen im Jahr 2002 wurde dieser Befund bestätigt, gleichzeitig wurden auch leicht erhöhte Konzentrationen im Furtbach vor Büelkanal nachgewiesen. Der Büelkanal wurde damals nicht untersucht und es wurde vermutet, dass der Schwermetalleintrag über den Büelkanal erfolgte. Die aktuellen Messungen im Büelkanal zeigen jedoch, dass im Büelkanal keine übermässige Bleibelastung vorliegt. Gemäss dem Kataster der belasteten Standorte (KbS) gibt es im näheren Einzugsgebiet des Furtbachs mehrere Deponiestandorte, bei welchen in Bodenproben erhöhte Konzentrationen von Blei und anderen Schwermetallen nachgewiesen wurden. Aufgrund der Entwässerungsverhältnissen wurde eine Beeinträchtigung des Furtbachs durch diese Quellen bisher ausgeschlossen. Weitere Untersuchungen sind geplant, um die Herkunft der Bleibelastung im Furtbach abzuklären. Die Zielvorgaben für Cadmium wurden im Harberenbach (3) deutlich überschritten. Wie bereits bei der Zinkbelastung beschrieben, konnte der Verursacher identifiziert und Sofortmassnahmen eingeleitet werden.



**Abb. 18:** Verhältnis zwischen den Zinkkonzentrationen und den Gehalten von Blei und Cadmium in den Fliessgewässersedimenten (TS = Trockensubstanz).

Bleibelastung

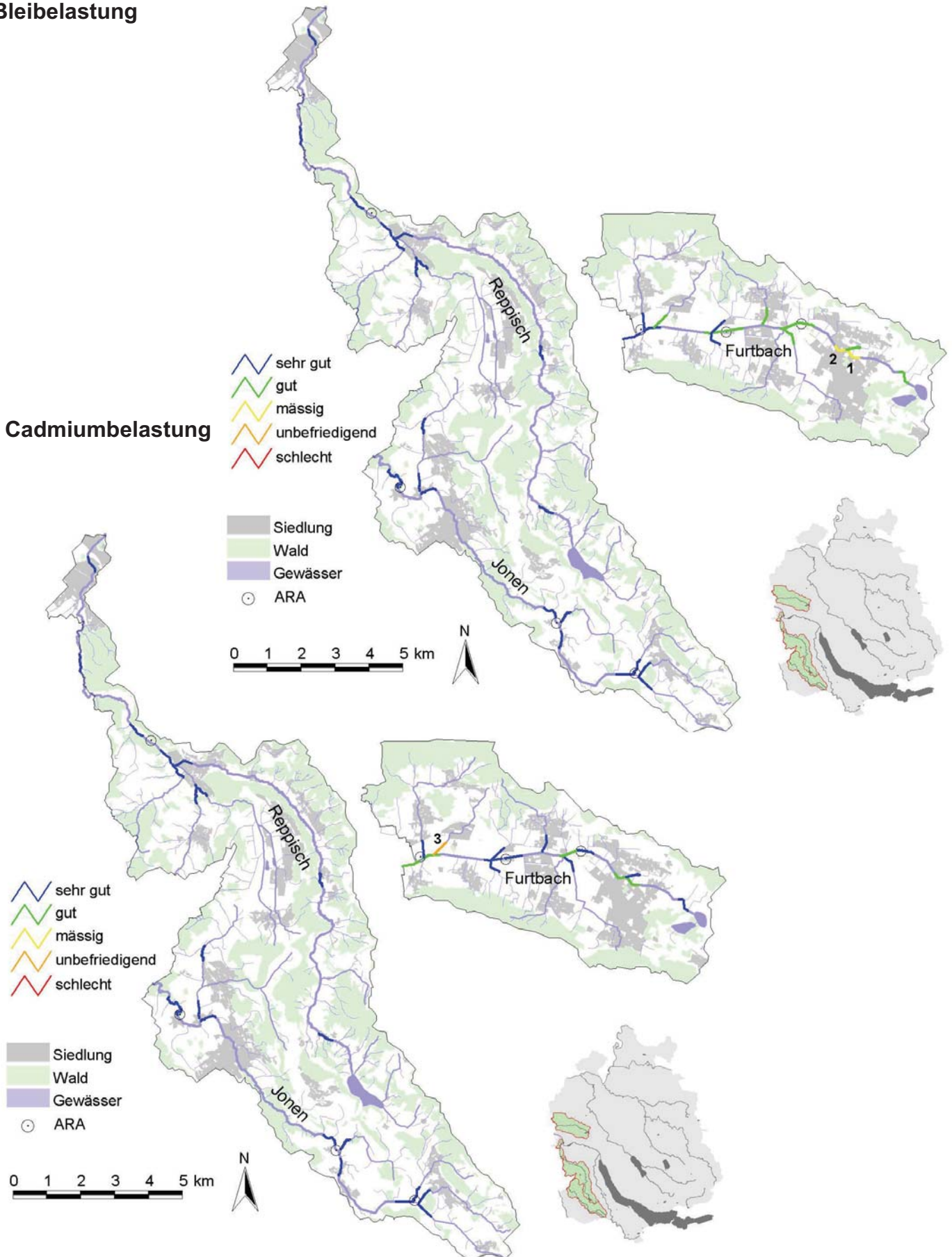


Abb. 19: Belastung der Sedimente mit Blei und Cadmium.

### 3.3 Wasserführung

Damit die Abflussverhältnisse als wichtiger Aspekt in die integrale Bewertung einfließen konnten, wurde durch die Sektion Oberflächengewässernutzung der Abteilung Wasserbau im AWEL aufgrund von Expertenwissen eine grobe Beurteilung vorgenommen. Die Beurteilung erfolgte also noch nicht aufgrund des publizierten Moduls „Hydrologie - Abflussregime“ des Modul -Stufen-Konzeptes des BAFU.

Beeinträchtigte Abflussverhältnisse wiesen der Furtbach unterhalb von Buchs sowie die Jonen ober- und unterhalb der ARA Zwillikon auf.

Der Furtbach und seine Seitenbäche dienen der Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen und des Golfplatzes Otelfingen. Zwischen Buchs und Otelfingen sind zurzeit 12 Konzessionen zur Wasserentnahme für Bewässerungszwecke vergeben. Die Entnahmemenge ist abhängig vom aktuellen Abfluss und ist aus ökologischer Sicht zu hoch. Stichproben haben zudem gezeigt, dass während Trockenzeiten die Konzessionsmenge zeitweise vollständig ausgenutzt wird, was grundsätzlich aber nur bei Abflüssen > 250 l/s an der Station Würenlos zulässig wäre. Bei geringeren Abflüssen kommt die sogenannte Kehrordnung zur Anwendung. Bei einem Abfluss < 140 l/s sind gar keine Entnahmen mehr zulässig. Die Wasserentnahmen bewirken eine geringfügige Verschlechterung der Wasserqualität, die Qualitätsanforderungen für Nitrat, Phosphat und DOC könnten aber auch ohne Wasserentnahmen nicht eingehalten werden.

In der Jonen oberhalb der Einleitung der ARA Zwillikon führt der Betrieb eines Kraftwerkes zu sprunghaften Veränderungen der Abflussmengen (Schwall/Sunk): Wasser aus der Jonen wird in einem Teich aufgestaut. Während dieser Zeit wird die Jonen nur mit Restwasser gespiesen (Sunk) und das Abwasser aus der ARA Zwillikon nur ungenügend verdünnt. Wenn der Teich voll ist, wird das Wasser turbinert und gelangt als Schwall in die Jonen. Die Abflussverhältnisse oberhalb und unterhalb der ARA Zwillikon werden deshalb als schlecht, respektive unbefriedigend beurteilt.

### 3.4 Äusserer Aspekt

#### Untersuchungsmethode

Mit dem BAFU - Modul Äusserer Aspekt wird der Gewässerzustand bezüglich der Kenngrössen Eisensulfidflecken auf Steinen, heterotropher Bewuchs, Schlamm, Schaum, Trübung, Verfärbung, Geruch, Kolmation und Veralgung erfasst. Zweck dieser Erhebungen im Feld ist die Überprüfung der Anforderungen gemäss Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung.

Der Äussere Aspekt wurde Ende Winter und im Herbst gleichzeitig mit der Probenahme für die Untersuchungen der Kieselalgen und der Makroinvertebraten erhoben. Zur Charakterisierung der einzelnen Kenngrössen wurde eine dreistufige Skala verwendet (kein Vorkommen; wenig/mittel; starke Ausprägung). Für die Darstellung der geografischen Übersicht wurden für die Parameter Eisensulfid, heterotropher Bewuchs, Kolmation und Schlamm unterschiedliche Befunde der beiden Probenahmen als Zwischenstufen dargestellt. Wurde beispielsweise bei der Erhebung im Frühjahr wenig heterotropher Bewuchs festgestellt, bei der Herbstprobenahme aber kein heterotropher Bewuchs mehr gefunden, erfolgte eine Zuordnung des Gesamtbefunds zur Klasse kein/wenig. Bei der Veralgung wurde der jeweils schlechtere der beiden Befunde dargestellt.

### Eisensulfidflecken

Beim Abbau organischer Verbindungen in und auf der Gewässersohle wird dem Umgebungswasser Sauerstoff entzogen. Bei fortgeschrittener Sauerstoffzehrung wird Sulfat reduziert. Der dabei entstehende Schwefelwasserstoff bildet mit eisenhaltigen Mineralien schwarze Eisensulfidflecken, welche an der Unterseite von Steinen zu finden sind. Schlammablagerungen fördern ebenfalls die Bildung von Eisensulfid, da sie den Sauerstofftransport ins Sediment erschweren. Eisensulfidflecken sind somit Hinweis auf eine ungenügende Sauerstoffversorgung der Gewässersohle.

Im Einzugsgebiet des Furtbachs wurden Eisensulfidflecken im Ablauf beim Katzenssee (1), im Büelkanal (2), im Mülibach (3), im Chilenwiesenkanal (4) und im Quergraben (5) gefunden. Das Einzugsgebiet des Furtbachs weist überwiegend ein sehr geringes Gefälle auf und im Furtbach und vielen Seitenbächen wachsen aufgrund der geringen Beschattung grosse Mengen an Wasserpflanzen. Kombiniert mit den häufigen Entlastungsereignissen bei Regenwetter kann diese organische Grundbelastung zur erhöhten Bildung von Eisensulfidflecken, Schlamm und heterotrophen Bewuchs führen. Im Abfluss des Katzenssees sind neben dem geringen Gefälle und der erhöhten Verschlammung auch der natürlicherweise hohe DOC Gehalt des Wassers für die Bildung von Eisensulfidflecken verantwortlich. Im Einzugsgebiet der Reppisch wurden im Fischbach bei Wettswil (6), der ein sehr geringes Gefälle aufweist, wenig Eisensulfidflecken festgestellt.

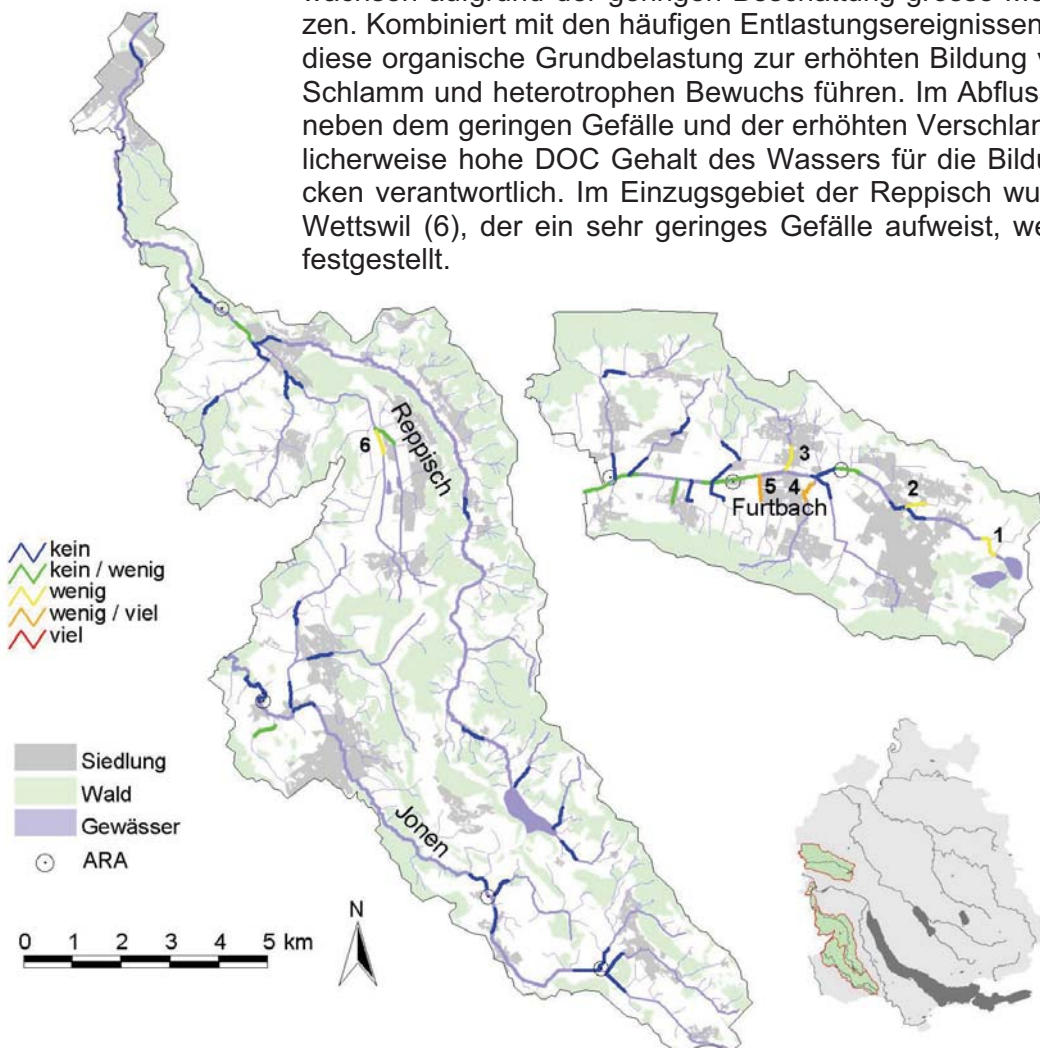


Abb. 20: Beurteilung des Vorkommens von Eisensulfidflecken.

### Schaum, Trübung, Verfärbung und Geruch

Geringe Mengen Schaum wurden an verschiedenen Fliessgewässern beobachtet. Da die Schaumbildung auch natürliche Ursachen haben kann, ist eine schwache Ausprägung dieses Merkmals nichts Aussergewöhnliches.

Eine nennenswerte Trübung des Wassers wurde bei wenigen Stellen jeweils bei Probenahmen nach starken Niederschlägen vorgefunden.

Eine Verfärbung des Wassers wurde im Einzugsgebiet der Jonen mehrmals an verschiedenen Messstellen festgestellt. Die Jonen und deren Seitenbäche entwässern teilweise mooriges Gelände und weisen dadurch natürlicherweise hohe Konzentrationen an Huminstoffen auf, welche für die Braunfärbung des Wassers verantwortlich sind.

### Schlamm

Eine Verschlammung der Gewässersohle kann durch direkten Eintrag von Schwebstoffen aus ARAs oder den Eintrag von Feinpartikeln aus dem Einzugsgebiet verursacht werden. Bei starker hydraulischer oder stofflicher Belastung, beispielsweise bei der Bildung von Blähschlamm in der ARA durch stark kohlenstoffhaltige Abwässer aus der Verarbeitung von Nahrungsmitteln, und bei Hochwasserentlastungen, kann die Schlammbelastung der Gewässer deutlich zunehmen. Durch den Abbau von Falllaub sowie die Ablagerung von absterbenden Algen oder Wasserpflanzen kann auch natürlicherweise eine Schlammablagerung auftreten. Diese ist bevorzugt an Stellen mit geringer Strömung zu finden. Eine Verschlammung der Gewässersohle wirkt sich negativ auf die Sauerstoffversorgung aus, wodurch an verschlammten Stellen oftmals auch Eisensulfidflecken oder heterotropher Bewuchs auftreten.

Im Furtbach beim Abfluss aus dem Katzenses (1) kam es aufgrund des geringen Gefälles zu Ablagerungen von absterbenden Algen und Wasserpflanzen und damit zu einer erhöhten Schlammablagerung. Auch an anderen Stellen im Furtbach und einigen Seitengewässern wurden Schlammablagerungen festgestellt (Furtbach vor ARA Regensdorf (2), Furtbach vor ARA Buchs (3), Chilenwiesenkanal (4) und Quergraben (5)). Bei Regenwetter kommt es sehr häufig zu Entlastungen, wodurch ungeklärtes Abwasser in den Furtbach gelangt, was die Schlammablagerung begünstigt. Zudem setzen die vielen Wasserpflanzen im Flussbett die Strömungsgeschwindigkeit lokal massiv herab und begünstigen dadurch die Sedimentation von Feinpartikeln. Weiter trägt die Ablagerung von absterbenden Pflanzen ebenfalls zur Schlammablagerung bei.

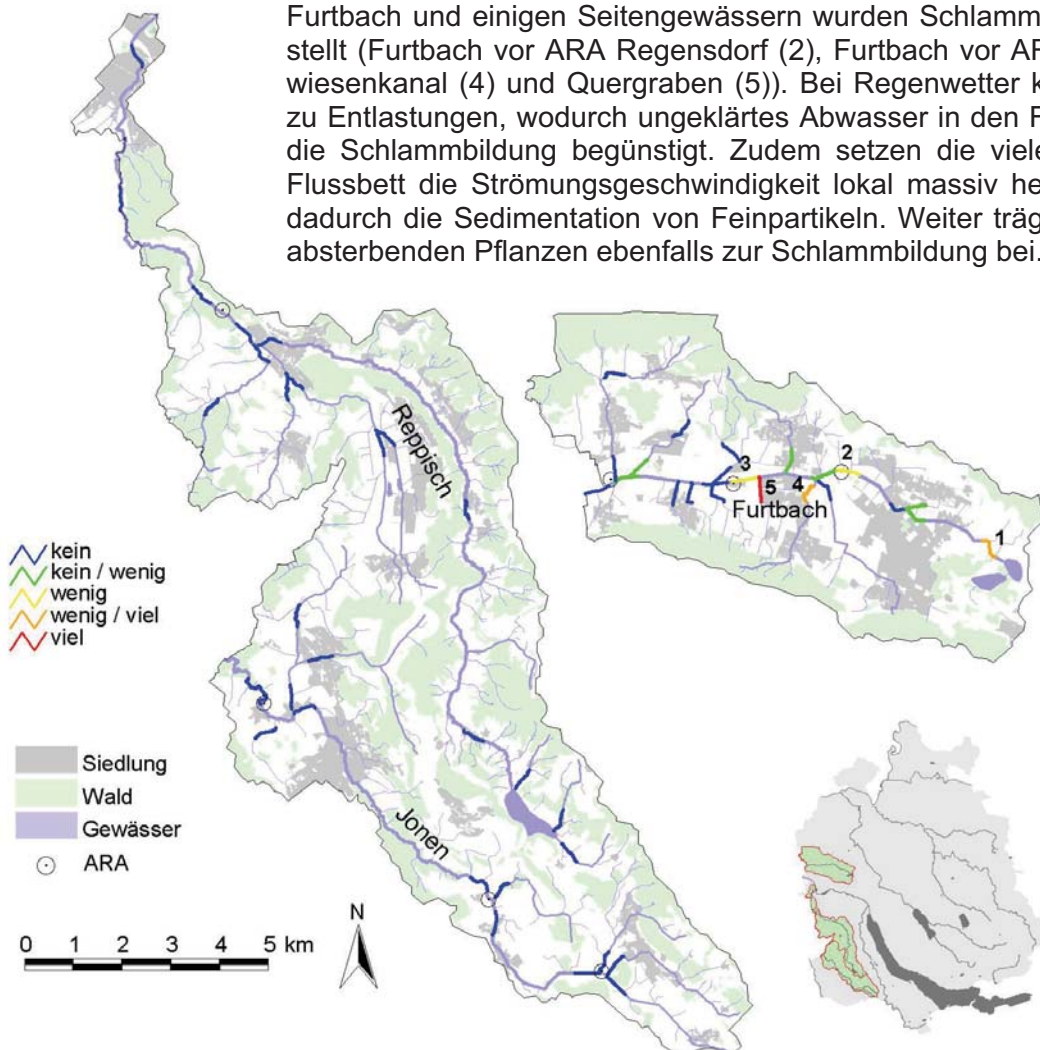


Abb. 21: Beurteilung des Vorkommens von Schlammablagerungen.



### Heterotropher Bewuchs

Der heterotrophe Bewuchs umfasst Pilze, Bakterien und Protozoen. Diese Organismen leben vom Abbau organischer Stoffe. Heterotropher Bewuchs ist somit ein Zeiger für eine länger andauernde Belastung mit organischen, leicht abbaubaren Stoffen. Ursachen können Einleitungen von Rohabwasser oder ungenügend gereinigtem Abwasser, Siloabwasser oder Gülleabschwemmung sein. Mit steigender Belastung nimmt die Dichte der heterotrophen Organismen zu. Massenvorkommen treten als weissliche oder graue, pelzige oder glatte Überzüge in Erscheinung. Ein geringer heterotropher Bewuchs kann jedoch auch natürlicherweise an strömungsberuhigten Stellen auftreten. Die organische Belastung kann dabei beispielsweise eine Folge des Laubfalls im Herbst sein.

Massenvorkommen von heterotrophem Bewuchs, die bis zu Beginn der Achtzigerjahre nicht selten an Fließgewässern zu beobachten waren, wurden im Einzugsgebiet von Furtbach, Jonen und Reppisch an keiner Untersuchungsstelle vorgefunden. Stellen, die wenig heterotrophen Bewuchs bei beiden Probenahmen im Frühjahr und Herbst aufwiesen, traten im Furtbach vor Trocklookanal (1), im Furtbach vor (2) und nach ARA Otelfingen (3) und im Harberrenbach (4) auf. Das Einzugsgebiet des Furtbachs weist überwiegend ein sehr geringes Gefälle auf und im Furtbach und vielen Seitenbächen wachsen aufgrund der geringen Beschattung grosse Mengen an Wasserpflanzen. Kombiniert mit den häufigen Entlastungsereignissen bei Regenwetter kann diese organische Grundbelastung zur erhöhten Bildung von heterotrophem Bewuchs, Schlamm und Eisensulfidflecken führen.

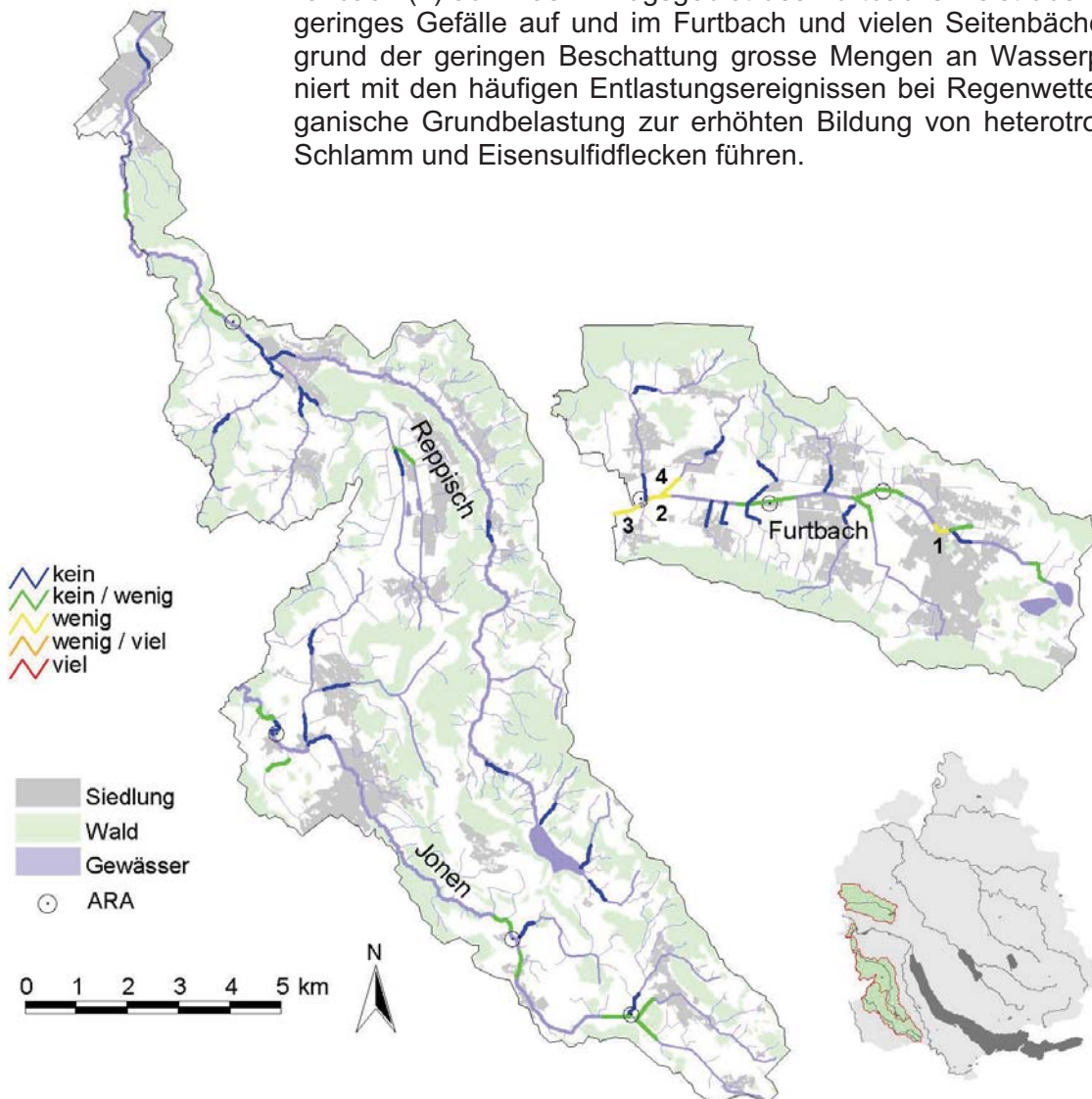


Abb. 22: Beurteilung des Vorkommens von heterotrophem Bewuchs.

### Kolmation

Unter Kolmation versteht man die Verstopfung der feinen Hohlräume in der Gewässersohle durch kleine Partikel. Häufig handelt es sich um Bodenpartikel, welche durch Erosion in die Gewässer gespült wurden. Kolmation kann jedoch auch durch die Einleitung von ungenügend gereinigtem Abwasser, durch Entlastungen aus der Siedlungsentwässerung, durch Abschwemmung von Abrieb von Strassenflächen, durch bauliche Tätigkeiten im Gewässer oder nicht fachgerechtes Ableiten von Baustellenabwasser verursacht werden. In Bächen, die zu Kalkausfällung neigen (Sinter), kann Kolmation auch natürlicherweise auftreten. Der Porenraum der Gewässersohle bildet den Lebensraum für viele Makroinvertebraten und ist auch für die ersten Jugendstadien der Fische von grosser Bedeutung. Ein freier Porenraum fördert zudem den Wasseraustausch zwischen fliessendem Gewässer und Grundwasser und ist wichtig für die Selbstreinigungsprozesse im Gewässer. Hochwasser mit Geschiebetrieb haben durch Umlagerung der Gewässersohle eine reinigende Wirkung. Stark verbaute Gewässer mit fixiertem Böschungsfuss und Stabilisierung der Sohle durch Abstürze oder gar flächige Verbauungen haben hingegen eine starke Tendenz zur Kolmation. Höhere Wasserpflanzen, die mit ihren Wurzeln in der Gewässersohle verankert sind, gehen mit zunehmender Kolmation zurück.

Eine differenzierte Erfassung der Kolmation ist aufwändig und erfordert Spezialwissen. Die einfache Methode, welche im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts zur Anwendung kommt, erlaubt nur eine grobe Beurteilung der Situation, welche für die Interpretation der biologischen Erhebungen von Bedeutung ist.

Im Einzugsgebiet von Furtbach, Jonen und Reppisch wurde an vielen Stellen eine leichte bis starke Kolmatierung der Gewässersohle festgestellt. Verursacht wird dieser schlechte Befund in der Regel durch die oben geschilderten Belastungsquellen in Kombination mit einem unbefriedigenden morphologischen Zustand und oftmals fehlendem Geschiebetrieb.

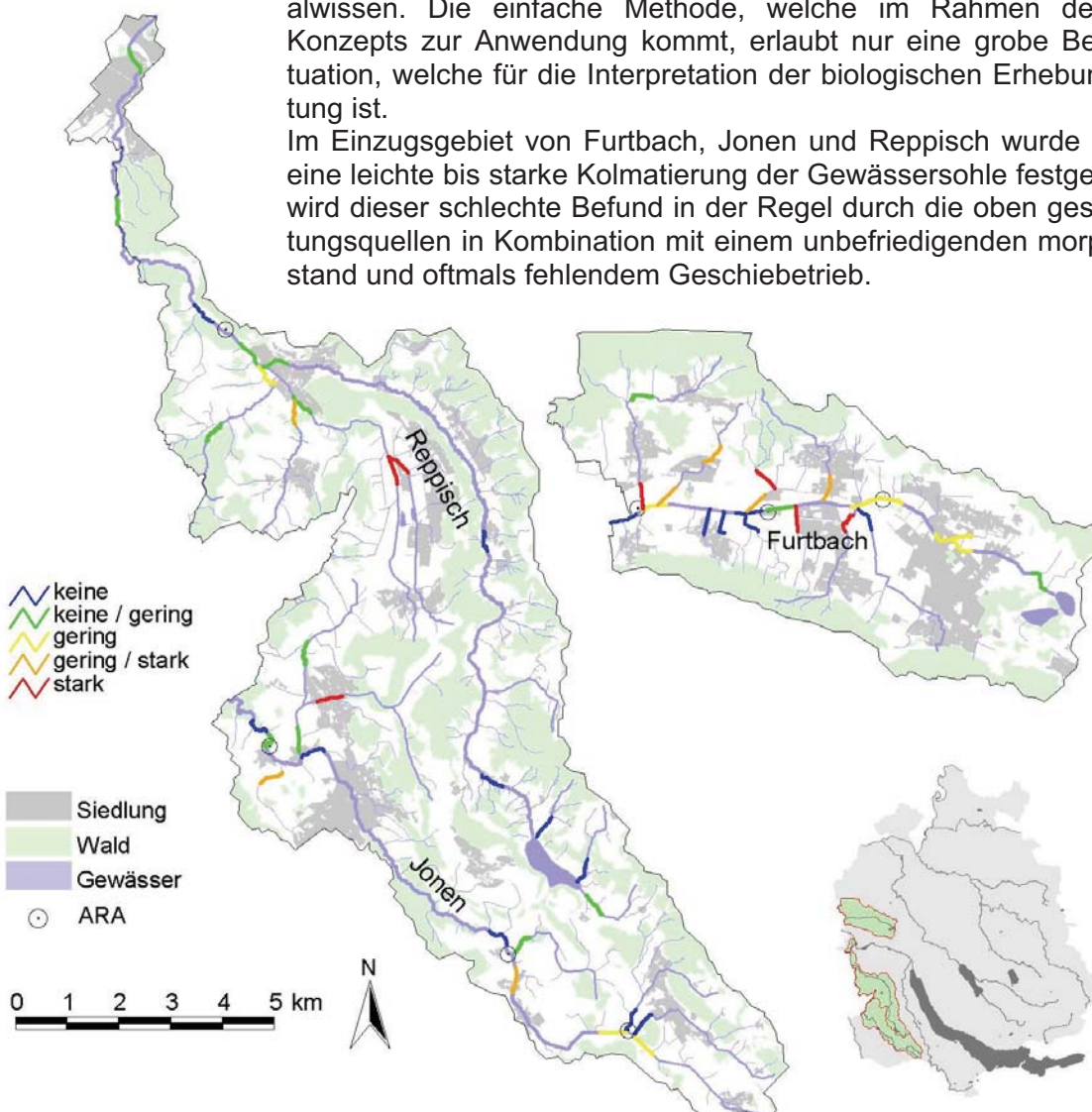


Abb. 23: Beurteilung der Kolmation.

### Veralgung

Algen sind ganzjährig in jedem Fliessgewässer zu finden. Sie bilden die Futterbasis für viele Insektenlarven und Schnecken. Um grössere Kolonien oder fädige Wuchsformen bilden zu können, benötigen Algen ein stabiles Substrat wie zum Beispiel grössere Steine. In Fliessgewässern mit überwiegend feinem Substrat kann sich daher wegen der Instabilität der Gewässersohle keine ausgeprägte Veralgung ausbilden. Eine starke Veralgung kommt vorwiegend in monotonen Bachbetten vor. Sie wird begünstigt durch eine hart verbaute Bachsohle mit fehlendem Geschiebetrieb, fehlende Beschattung wegen Mangel an Ufergehölzen und in geringerem Mass durch eine ungenügende Wasserqualität. Eine starke Veralgung ist unerwünscht, da sie die Verschlammung und die Kolmation der Gewässersohle begünstigt. Zudem können starke Schwankungen der Sauerstoffkonzentrationen im Wasser im Tag-/Nachtrhythmus auftreten, welche für Fische und Makroinvertebraten schädlich sein können. Die starke Veralgung in der Jonen vor der ARA Rifferswil (1) und nach der ARA Hausen (2) ist auf die Kombination von fehlender Beschattung, starker Kolmation und erhöhten Nährstoffverhältnissen unterhalb der ARA Hausen zurückzuführen.

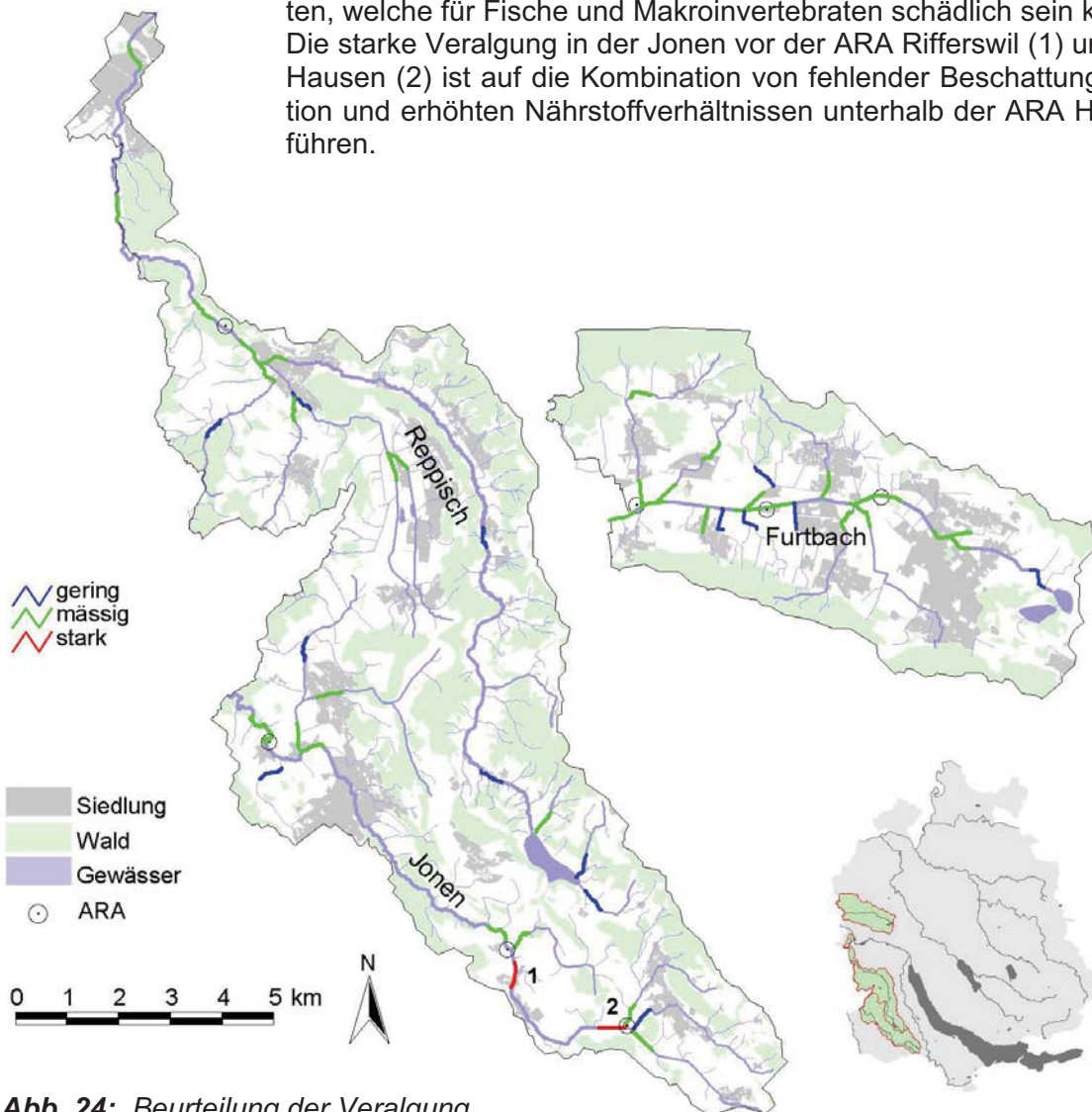


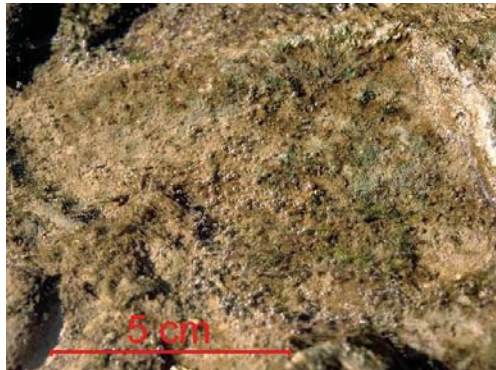
Abb. 24: Beurteilung der Veralgung.

### 3.5 Biologische Untersuchungen

#### Kieselalgen

#### Untersuchungsmethode

Die einzelligen Kieselalgen bewachsen ganzjährig die Steine der Gewässer-  
sohle von Bächen und Flüssen und können unter günstigen Voraussetzungen  
dichte Biofilme bilden. Sie besitzen Schalen aus Kieselsäure, welche mecha-  
nisch wie chemisch sehr beständig sind. Die Bestimmung der Arten erfolgt bei  
1000-facher Vergrößerung im Mikroskop aufgrund der artspezifischen Scha-  
lenmerkmale.



*Stein mit Kieselalgenbewuchs*



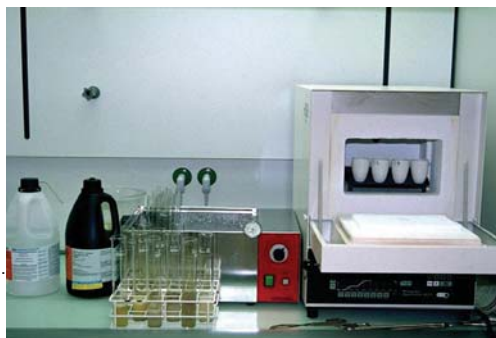
*Lebende Kieselalgen (mit Zellinhalt)*



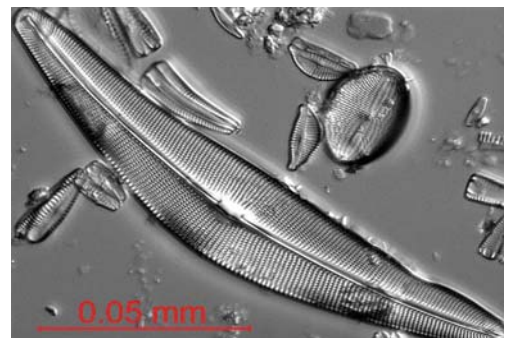
*Lösen des Algenbewuchses*



*Beprobter Stein*



*Präparation der Kieselalgen*



*Präparierte Schalen (ohne Zellinhalt)*

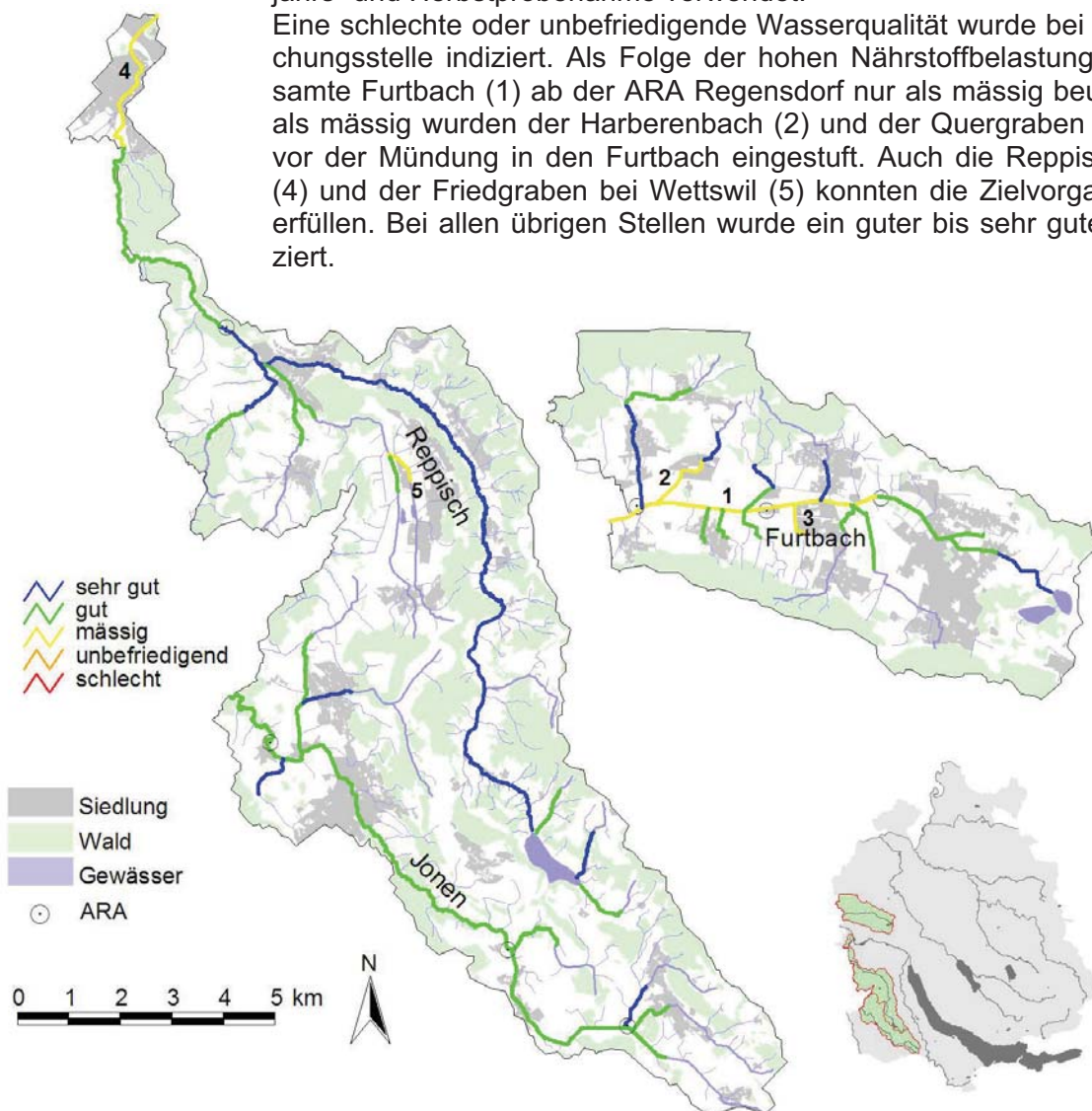
Literatur:  
Modul Stufen Konzept: Kieselalgen  
Stufe F. 2007.  
[www.modul-stufen-konzept.ch/  
d/diatomeen.htm](http://www.modul-stufen-konzept.ch/d/diatomeen.htm)

Die Zusammensetzung des Kieselalgenbewuchses hängt stark von der Wasserqualität ab. Bei Veränderungen der Wasserqualität erfolgt eine charakteristische Verschiebung des Artenspektrums und damit der relativen Häufigkeiten der Arten, wobei sich nach wenigen Wochen wieder eine stabile Gemeinschaft einstellt. Kieselalgenuntersuchungen stellen eine ideale Ergänzung zu chemischen Untersuchungsprogrammen dar, welche anhand von Stichproben die Wasserqualität beurteilen. Auch die Wasserqualität kleiner Fliessgewässer, von welchen keine chemischen Untersuchungen vorliegen, kann durch eine Beurteilung mittels Kieselalgen erfasst werden.

### Beurteilung

In den Einzugsgebieten von Furtbach, Jonen und Reppisch wurden die Kieselalgen an insgesamt 53 Stellen Ende Winter (Februar/März) und ein zweites Mal im Herbst (September/Oktobre) beprobt. Zur Beurteilung der Belastung wurden 400 bis 500 Kieselalgenschalen auf Artniveau bestimmt und anschließend der Kieselalgenindex DI-CH gemäss BAFU - Modul Kieselalgen berechnet. Für die geografische Übersicht wurde der Mittelwert der beiden Indexwerte der Frühjahrs- und Herbstprobenahme verwendet.

Eine schlechte oder unbefriedigende Wasserqualität wurde bei keiner Untersuchungsstelle indiziert. Als Folge der hohen Nährstoffbelastung wurde der gesamte Furtbach (1) ab der ARA Regensdorf nur als mässig beurteilt. Ebenfalls als mässig wurden der Harberenbach (2) und der Quergraben bei Dällikon (3) vor der Mündung in den Furtbach eingestuft. Auch die Reppisch bei Dietikon (4) und der Friedgraben bei Wettswil (5) konnten die Zielvorgabe knapp nicht erfüllen. Bei allen übrigen Stellen wurde ein guter bis sehr guter Zustand indiziert.



**Abb. 25:** Beurteilung der Wasserqualität mit Kieselalgen.

## Moose und höhere Wasserpflanzen

### Untersuchungsmethode

Moose und höhere Wasserpflanzen (Makrophyten) bilden zusammen mit den Algen die Flora eines Fliessgewässers. Zusammensetzung und Dichte dieser Pflanzenbestände hängen von verschiedenen Faktoren ab. Dabei spielen die Besonnung, die Strömungsgeschwindigkeit, die Substratzusammensetzung der Gewässersohle, die Nährstoffverhältnisse und die Wassertemperatur eine zentrale Rolle.

Werden die natürlichen Bedingungen im Fliessgewässer durch anthropogene Einflüsse verändert, zeigt die Vegetation unterschiedliche Reaktionen. Zum einen kann sich die Artenzusammensetzung ändern, zum anderen können die Pflanzen auf eine Veränderung des Lebensraumes mit einer Erhöhung oder Verminderung ihrer Gesamtbiomasse reagieren. Durch die langen Generationszeiten, die sich je nach Art von einer Vegetationsperiode bis über mehrere Jahre erstrecken, zeigen Moose und höhere Wasserpflanzen Veränderungen des Lebensraums an, die über längere Zeiträume stattgefunden haben.

Im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts des BAFU ist eine Methode zur Beurteilung der Fliessgewässervegetation geplant; sie liegt allerdings noch nicht vor. Für den Kanton Zürich wurde auf der Basis von 399 Vegetationsaufnahmen eine Methode entwickelt, mit welcher das Ausmass der Verkräutung sowie die Standortgerechtigkeit und Vielfalt der Vegetation beurteilt werden kann.

Literatur:  
Methode zur Untersuchung und  
Beurteilung der Fliessgewässerve-  
getation im Kanton Zürich.  
[www.gewaesserqualitaet.zh.ch/fg\\_](http://www.gewaesserqualitaet.zh.ch/fg_methoden)  
[methoden](http://www.gewaesserqualitaet.zh.ch/fg_methoden)

### Erhebung

Fliessgewässerabschnitte mit einer Länge von 30 bis 100 m und homogenen Verhältnissen bezüglich Gefälle, Beschattung, Wassertiefe, Abflussverhältnissen und Substratzusammensetzung werden während der Hauptvegetationszeit der höheren Wasserpflanzen im Sommer kartiert. Neben verschiedenen Parametern zur Charakterisierung des Gewässers werden die Häufigkeiten der fädigen Grünalgen, Moose und höheren Wasserpflanzen bestimmt.

### Beurteilungskriterien

Die erhobenen Daten werden dazu verwendet, den Zustand der Vegetation sowie das Ausmass der Verkräutung zu beurteilen.

Die Beurteilung der Vegetation erfolgt in mehreren Schritten. In einem ersten Schritt wird der Untersuchungsabschnitt aufgrund ausgewählter Schlüsselgrössen einem von fünf Vegetationstypen zugeordnet: vegetationsarmer Bach, Moosbach, Helophytenbach, Submersenbach, Schwimmblattbach (Abb. 26). Die Namen der Vegetationstypen leiten sich von den unter den gegebenen Standortverhältnissen am häufigsten vertretenen Wuchsformen ab.

Im zweiten Arbeitsschritt wird der Untersuchungsabschnitt durch den Vergleich des Istzustandes mit einem Referenzzustand in eine von vier Bewertungsstufen eingeteilt. Eine Bewertung der Fliessgewässervegetation setzt Kenntnisse über die natürlichen Vegetationsverhältnisse in verschiedenen Gewässertypen voraus. Da heute im Kanton Zürich kaum mehr unbeeinflusste Stellen zu finden sind, wurde der Referenzzustand für die verschiedenen Vegetationstypen aufgrund von allgemeinen ökologischen Überlegungen und den Vegetationsverhältnissen an den am wenigsten beeinflussten Stellen im Kanton Zürich definiert. Als Beurteilungsgrössen für die Bewertung dienen die Standortgerechtigkeit und die Vielfalt der Vegetation. Für jeden Untersuchungsabschnitt werden die Standortgerechtigkeit und die Vielfalt der Vegetation separat bewertet und die Teilbewertungen zu einem Gesamtwert aggregiert. Schliesslich werden in einem letzten Arbeitsschritt die Typisierung und

Bewertung des Untersuchungsabschnittes mit Hilfe eines formalisierten Vorgehens auf Plausibilität geprüft.

Wie bei allen biologischen Indikatoren lässt sich bei Vorliegen eines ungenügenden Zustandes häufig keine eindeutige Ursache zuweisen. Für die aquatische Vegetation trifft diese Aussage ganz besonders zu, weil die Erfassung der Fliessgewässervegetation bisher nicht zum Standardprogramm von Gewässeruntersuchungen gehörte und deshalb nur wenig Daten und Erfahrungen vorhanden sind. Trotzdem gibt es bereits Hinweise auf einige Faktoren, die den Zustand der Vegetation massgeblich beeinflussen, so z.B. der Verbauungsgrad der Sohle und des Böschungsfusses.

Die Verkrautung wird mittels einer dreistufigen Skala aufgrund der Profulfüllung beurteilt. Diese Messgrösse gibt den Anteil des Gerinnequerschnittes an, der von Pflanzen eingenommen wird.

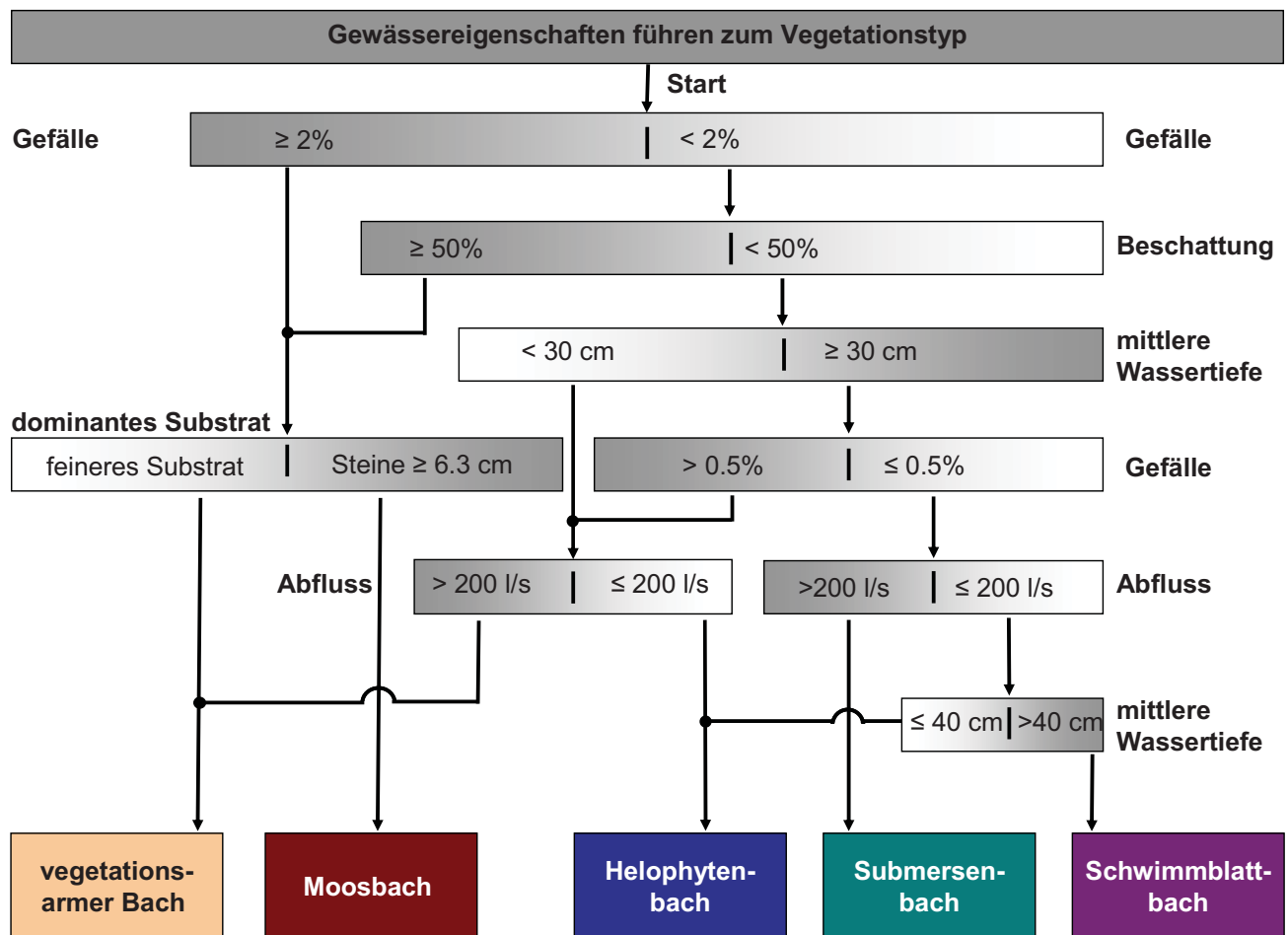


Abb. 26: Typisierung: Zuordnung der Untersuchungsabschnitte zu einem Vegetationstyp.

### Verteilung der Vegetationstypen in den Einzugsgebieten

Der mittlere Abfluss der Reppisch nimmt vom Auslauf aus dem Türlerseersee (1) bis nach Dietikon (2) von zirka 100 l/s auf über 1100 l/s zu. Das Gefälle variiert zwischen 0.1 und 2.4 % und die mittlere Wassertiefe zwischen 15 und 30 cm. Die meisten Untersuchungsabschnitte sind weniger als 50 % beschattet und haben eine kiesige Gewässersohle, die bei erhöhten Abflüssen regelmässig umgelagert wird. Aufgrund der Typisierung gemäss Abbildung 26 werden deshalb die meisten Untersuchungsabschnitte der Reppisch dem Typ vegetationsarmer Bach zugeordnet. Nur in zwei Untersuchungsabschnitten (3, 4) herrscht stabiles Sohlensubstrat vor, weshalb sie dem Typ Moosbach zugeordnet werden.

Der mittlere Abfluss der Jonen steigt von 50 l/s im ersten Untersuchungsabschnitt (5) auf über 700 l/s unterhalb von Zwillikon (6) an. Im Gegensatz zur Reppisch ist die Jonen über weite Strecken relativ stark beschattet und hat mehrheitlich ein stabiles Sohlensubstrat. Aufgrund der Typisierung werden deshalb die meisten Untersuchungsabschnitte dem Typ Moosbach zugeordnet. Vereinzelt sind an der Jonen aber auch unbeschattete Streckenabschnitte zu finden die dem Typ Helophytenbach (7), oder bei höherem Abfluss und Wassertiefe (8, 9) dem Typ Submersenbach entsprechen.

Die überwiegend kleinen Seitenbäche in den bewaldeten Talflanken der Einzugsgebiete von Jonen und Reppisch sind häufig relativ steil und stark beschattet. Sie sind natürlicherweise vegetationsarm oder werden, bei Vorliegen von stabilem Sohlensubstrat, dem Typ Moosbach zugeordnet. In den landwirtschaftlich genutzten oder besiedelten Ebenen, wo keine dichten Hecken die Bäche beschatten, dominieren Bäche des Typs Helophytenbach.

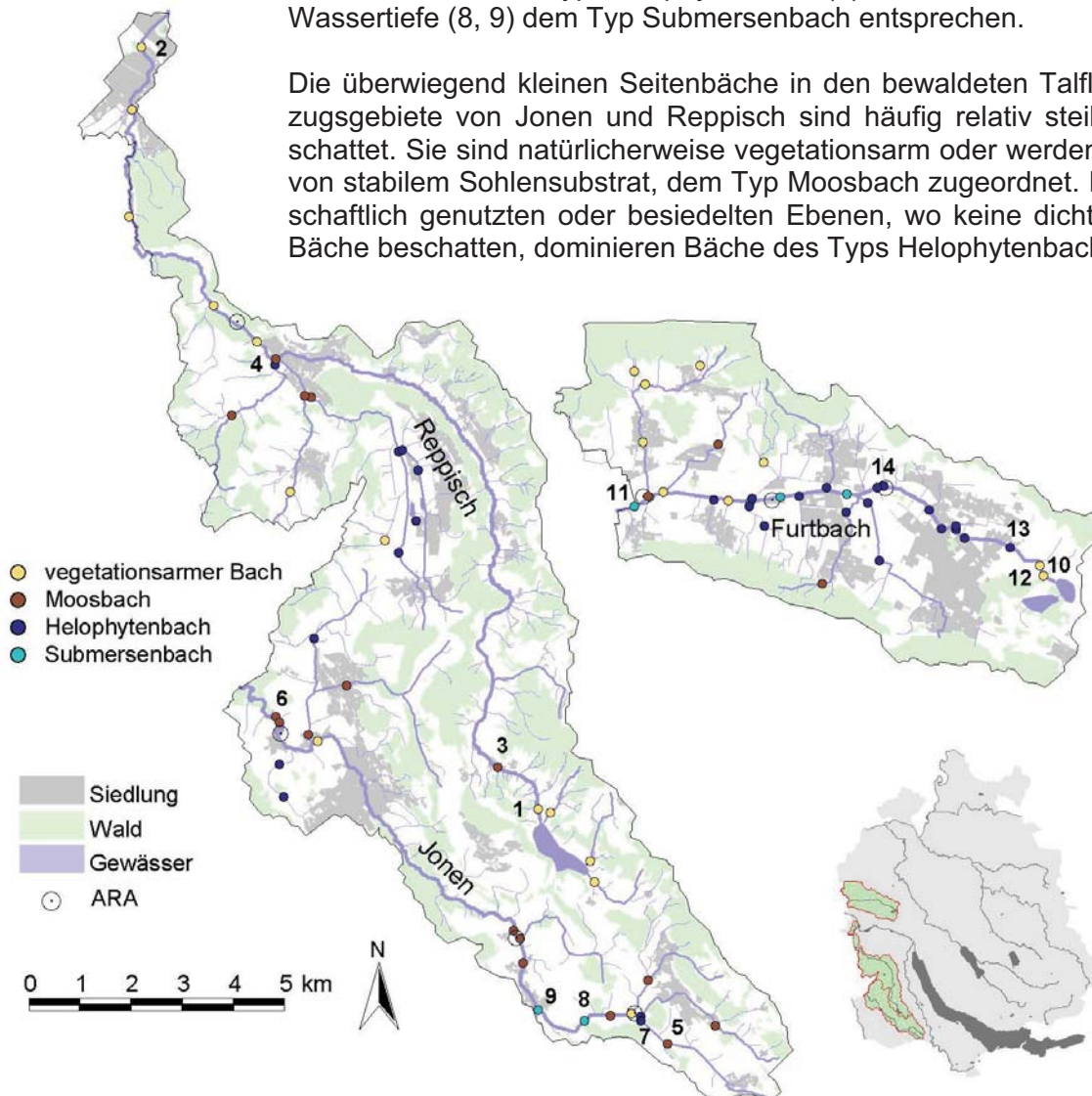


Abb. 27: Verteilung der Vegetationstypen.



Der mittlere Abfluss des Furtbachs steigt von 58 l/s beim Auslauf aus dem Katzensee (10) auf 600 l/s bis zur Kantongrenze in Otelfingen (11). Die meisten Streckenabschnitte sind nur wenig beschattet und haben ein Gefälle unter 0.5 %. Im Gegensatz zur Reppisch und Jonen zeigt die Vegetation des Furtbachs eine deutliche Längszonierung. Die beiden obersten Untersuchungsabschnitte (12) werden aufgrund der starken Beschattung und dem überwiegend feinen Sohlensubstrat dem Typ vegetationsarmer Bach zugeordnet. Zwischen Regensdorf-Watt (13) bis unterhalb der ARA Regensdorf (14) folgen sieben Untersuchungsabschnitte, die aufgrund der geringen Beschattung und Wassertiefe sowie des kleinen Abflusses dem Typ Helophytenbach entsprechen. Mit Zunahme des Abflusses und Wassertiefe bei gleich bleibendem geringem Gefälle und Beschattung werden die untersten fünf Untersuchungsabschnitte des Furtbachs bis zur Kantongrenze (11) dem Typ Submersenbach zugeordnet. Bei den Seitenbächen des Furtbachs handelt es sich meist um Helophytenbäche oder, bei stärkerer Beschattung und abhängig von der dominanten Substratgrösse, um vegetationsarme Bäche oder Moosbäche.

### Beurteilung der Vegetation

Im Einzugsgebiet von Jonen und Reppisch sind 13 der 42 Untersuchungsabschnitte natürlicherweise vegetationsarm und werden methodenbedingt nicht bewertet (Abb. 28, nächste Seite).

Vier von insgesamt 16 Untersuchungsabschnitten des Typs Moosbachs wurden aufgrund der zu geringen Anzahl Moostaxa als mässig bewertet. Bisher konnten keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen Anzahl Moostaxa und anthropogenen Einflüssen festgestellt werden. Die Hälfte der mässig beurteilten Moosbäche wies einen stark beeinträchtigten oder naturfremden ökomorphologischen Zustand auf, während Hinweise auf andere anthropogene Beeinträchtigungen fehlen.

Der Zustand der 11 Untersuchungsabschnitte des Typs Helophytenbach in den Einzugsgebieten von Jonen und Reppisch variierte von schlecht bis sehr gut. Drei Untersuchungsabschnitte wurden als schlecht, zwei Untersuchungsabschnitte als mässig, fünf als gut und einer als sehr gut klassiert. Dabei wiesen 72 % der Untersuchungsabschnitte einen ungenügenden ökomorphologischen Zustand auf. In 63 % dieser Abschnitte befand sich gleichzeitig auch die Vegetation in einem mässigen bis schlechten Zustand. Der ökomorphologische Zustand gibt Hinweise auf den Zustand des Lebensraums für Wasserpflanzen. Insbesondere durch die Verbauung von Sohle und Ufer wird direkt Lebensraum für Wasserpflanzen zerstört. Dies dürfte ein Hauptgrund für die starke Gefährdung vieler Wasserpflanzen sein. Mit der Begradigung der Gewässer werden zudem die Flachwasserzonen am Gewässerrand beseitigt, welche wichtige Lebensräume für Helophyten darstellen.

In der Jonen wurden schliesslich zwei Untersuchungsabschnitte dem Typ Submersenbach zugeordnet. Einer davon wurde als gut, der andere als mässig bewertet und beide wiesen einen ungenügenden ökomorphologischen Zustand auf.

Der Zustand der Vegetation im Furtbach und seinen Zuflüssen ist sehr unterschiedlich. Die beiden obersten Untersuchungsabschnitte im Furtbach (1) entsprechen dem Typ des vegetationsarmen Bachs und werden methodenbedingt nicht bewertet.

Es folgt der erste Untersuchungsabschnitt des Typs Helophytenbach in Regensdorf-Watt (2), der als sehr gut bewertet wurde. Die Vegetation ist standorttypisch und mit 10 Taxa sehr vielfältig. Die folgenden vier Abschnitte (3) weisen eine nicht standorttypische Vegetation mit geringer Deckung und Ar-

.....  
Literatur:  
Rote Liste der gefährdeten Farn-  
und Blütenpflanzen der Schweiz.  
BAFU, 2002, Vollzug Umwelt.

tenvielfalt auf, und wurden als mässig oder schlecht beurteilt. Die beiden letzten Abschnitte des Typs Helophytenbach liegen oberhalb und unterhalb der ARA Regensdorf (4). Die Untersuchungsabschnitte haben eine standortgerechte und mit 12, resp. 8 Taxa eine vielfältige Vegetation. Im Gegensatz zum Untersuchungsabschnitt in Regensdorf-Watt (2), wo nur eine Submersen-Art mit geringer Deckung auftrat, kamen oberhalb und unterhalb der ARA Regensdorf (4) drei, resp. zwei Submersen- oder Schwimmblattarten vor und zeigen damit die Entwicklung des Furtbachs vom Typ Helophytenbach in Richtung Submersenbach an. Der sehr gute Zustand der Vegetation im Abschnitt bei Regensdorf-Watt (2) weist darauf hin, dass bereits im Oberlauf des Furtbachs das Potential für eine standortgerechte und vielfältige Vegetation vorhanden ist. Der Abschnitt ist ökomorphologisch stark beeinträchtigt, grenzt aber oberhalb an eine längere Gewässerstrecke in gutem bis sehr gutem ökomorphologischen Zustand. Oberhalb und unterhalb der ARA Regensdorf (4) befindet sich die Vegetation ebenfalls in einem sehr guten Zustand. In diesem Bereich wurde der Furtbach 1993 revitalisiert. Er zeigt eine eingeschränkte bis ausgeprägte Breitenvariabilität und der ökomorphologische Zustand wurde als natürlich/naturnah eingestuft. Der strukturreiche Uferbereich bietet den Helophyten vielfältige Lebensräume und dürfte hauptsächlich für den guten Zustand der Vegetation verantwortlich sein.

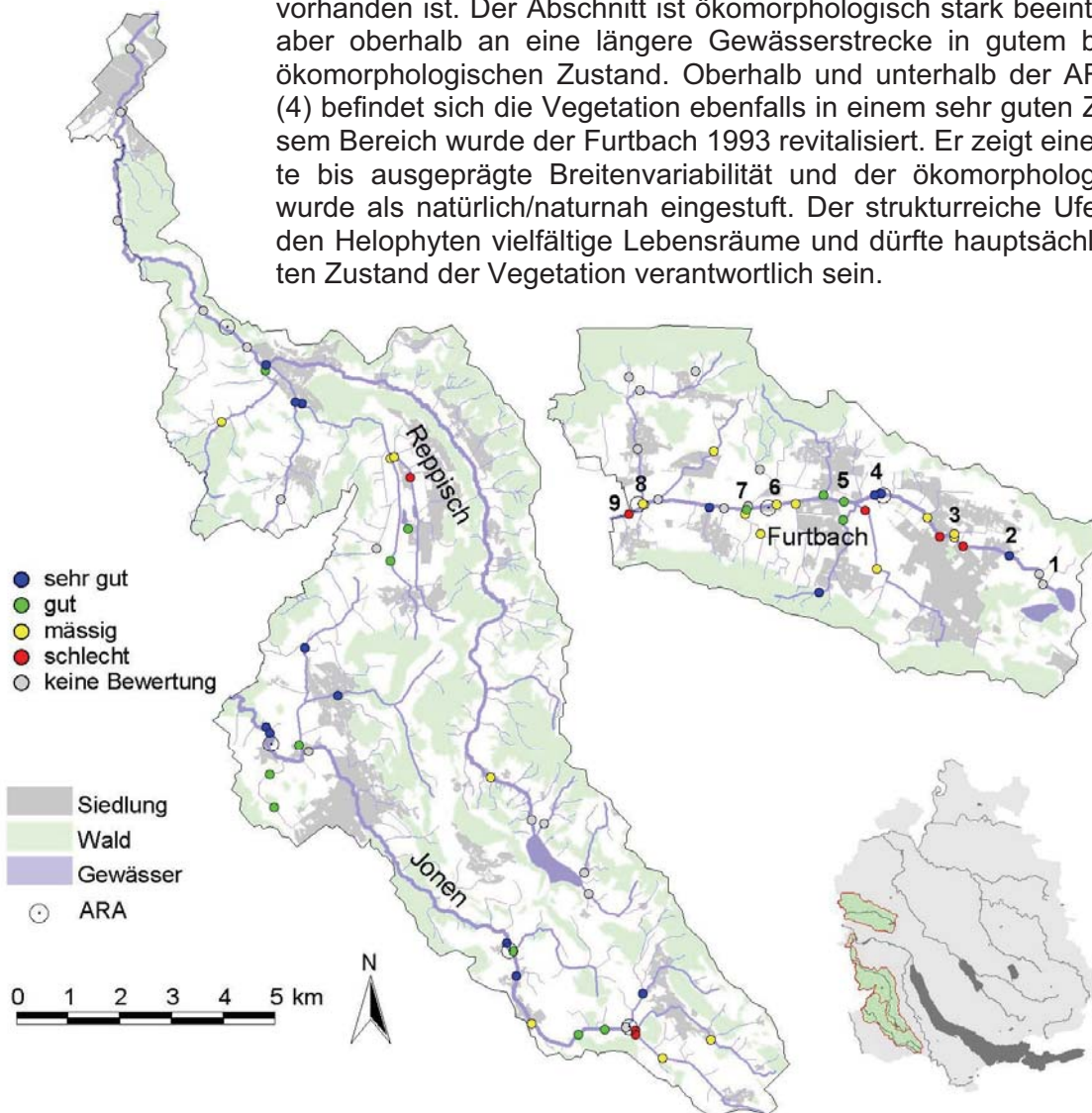


Abb. 28: Beurteilung der Vegetation.

Südöstlich von Buchs befindet sich der erste Untersuchungsabschnitt im Furtbach, der dem Typ Submersenbach zugeordnet wird (5). Die Zusammensetzung der Vegetation entspricht einer Übergangsform zwischen Helophyten- und Submersenbach und wurde als gut bewertet. Die beiden Untersuchungsabschnitte oberhalb und unterhalb der ARA Buchs weisen ebenfalls noch eine standortgerechte Vegetation auf. Mit einer Art weniger wurde der Abschnitt oberhalb der ARA Buchs (6) insgesamt als mässig, der Abschnitt unterhalb der ARA Buchs (7) als gut beurteilt. Die Vegetation der beiden Untersu-

chungsabschnitte oberhalb (8) und unterhalb der ARA Otelfingen (9) wurde als nicht standorttypisch beurteilt, zudem ist die Artenvielfalt stark eingeschränkt was insgesamt zu einer mässigen, respektive schlechten Bewertung der Vegetation führt. Der Zustand der Untersuchungsabschnitte des Typs Submersenbach verschlechtert sich im Längsverlauf deutlich. Der als gut bewertete oberste Abschnitt des Typs Submersenbach (5) liegt, wie die Untersuchungsabschnitte vor und nach der ARA Regensdorf (4), ebenfalls noch in der 1993 revitalisierten Gewässerstrecke und weist einen naturnahen ökomorphologischen Zustand auf. Die unteren vier Abschnitte (6-9) dagegen sind ökomorphologisch stark beeinträchtigt. Während in allen fünf Abschnitten des Typs Submersenbach zwischen zwei bis fünf Schwimmblattarten und/oder Submersenarten vorhanden sind, ist die Anzahl Helophyten mit 11 Arten im obersten Abschnitt (5) deutlich höher als in den vier unterliegenden Abschnitten, wo maximal 3 Helophyten-Taxa vorhanden sind. Helophyten können in tieferen Gewässern nur im Uferbereich wachsen. Aufgrund des stark beeinträchtigten ökomorphologischen Zustandes fehlen in den vier untersten Untersuchungsabschnitten (6-9) geeignete Lebensräume für Helophyten, was die geringe Anzahl Arten zumindest teilweise zu erklären vermag. Allerdings nimmt auch die Konzentration an Herbiziden im Längsverlauf zu und auch die Kieselalgen indizieren eine zunehmende Belastung an Nährstoffen und organisch abbaubaren Stoffen. Wie sich die verschiedenen negativen Einflussfaktoren im Einzelnen auf die Vegetation auswirken kann bisher nicht abgeschätzt werden.

In den Zuflüssen des Furtbachs wurden insgesamt zwanzig Abschnitte untersucht. Davon wurden sieben Untersuchungsabschnitte dem Typ vegetationsarmer Bach zugewiesen und nicht bewertet. Fünf von sieben Untersuchungsabschnitte in stark beeinträchtigtem oder naturfremdem ökomorphologischen Zustand wiesen eine mässige oder schlechte Vegetation auf. Zwei von fünf Untersuchungsabschnitte in wenig beeinträchtigtem oder naturnahem ökomorphologischen Zustand wiesen eine gute oder sehr gute Vegetation auf. Diese Resultate deuten wie die Resultate aus dem Furtbach darauf hin, dass schlechte ökomorphologische Verhältnisse die Vegetation häufig negativ beeinflussen. Ein wenig beeinträchtigter oder naturnaher ökomorphologischer Zustand dagegen führt nicht zwingend zu einer guten oder sehr guten Vegetation. Andere Faktoren, z.B. ungenügende Wasserqualität oder eine starke Kolmation der Gewässersohle können auch bei guten ökomorphologischen Verhältnissen zu einem schlechten Zustand der Vegetation führen.

### **Beurteilung der Verkrautung**

Starke Verkrautungen von Fliessgewässern stellen aus Gründen des Hochwasserschutzes ein Problem dar, weil sie die Abflusskapazität des Gerinnes verringern. Im Einzugsgebiet von Jonen und Reppisch wurde der Verkrautungsgrad an 42 Fliessgewässerabschnitten untersucht und bewertet. 39 Abschnitte wiesen einen guten, ein Abschnitt einen genügenden und zwei Abschnitte einen schlechten Zustand auf. Im Einzugsgebiet des Furtbachs wurden 34 Fliessgewässerabschnitte untersucht und bewertet. 24 Untersuchungsabschnitte wiesen einen guten, 4 Abschnitte einen genügenden und 6 Abschnitte einen ungenügenden Zustand auf. Die übermässige Verkrautung kleiner bis mittlerer Gewässer im Siedlungs- oder landwirtschaftlich genutzten Gebiet ist hauptsächlich auf die fehlende Beschattung durch Bäume und Hecken zurückzuführen. In diesen Bächen, mit meist geringem Gefälle und daher geringer Strömungsgeschwindigkeit und fehlendem Geschiebetrieb, finden höhere Wasserpflanzen ideale Wachstumsbedingungen vor.

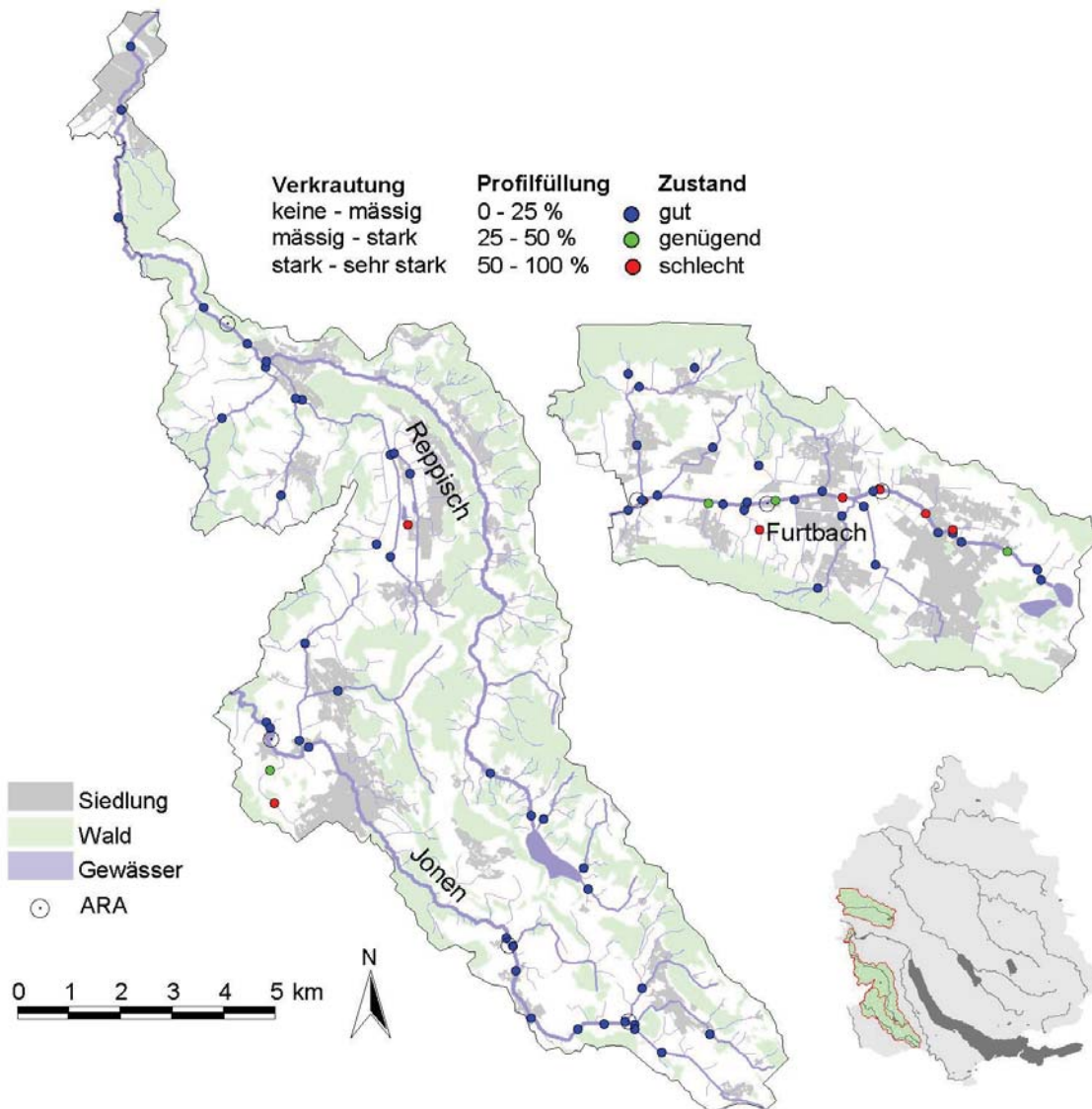


Abb. 29: Beurteilung der Verkrautung.

## Makroinvertebraten

### Untersuchungsmethode

Als Makroinvertebraten oder Makrozoobenthos bezeichnet man die wirbellosen Tiere der Gewässersohle, die von blossen Auge sichtbar sind. Es handelt sich dabei vor allem um Larvenstadien von Insekten, um Kleinkrebse, Milben, Schnecken und Muscheln, Egel und andere Würmer. Diese Kleinlebewesen nehmen wichtige ökologische Funktionen im Gewässer wahr. Sie weiden Algen ab oder helfen beim Abbau abgestorbener Pflanzen und dienen selber als Nahrung für Fische und Vögel. Intakte Gemeinschaften von Makroinvertebraten sind nicht nur auf eine gute Wasserqualität angewiesen, sie benötigen auch naturnahe Abflussbedingungen und gute ökomorphologische Verhältnisse.

Gemäss dem zur Zeit der Datenaufnahme gültigen BAFU - Modul Makrozoobenthos Stufe F (2005) wurden im März / April und im September / Oktober zwei Probenahmen durchgeführt. Zur Entnahme der Probe wurde die Gewässersohle an mehreren Stellen mit dem Stiefel gründlich aufgewühlt und mit einem Netz die abdriftenden Tiere aufgefangen. Zusätzlich wurden Tiere von grossen Steinen und Wasserpflanzen gesammelt. Die Gattungen und wo möglich die Arten wurden im Labor bestimmt und deren Häufigkeiten mit einer 7-stufigen Skala geschätzt.

Die Auswertung erfolgte nicht wie im BAFU - Modul vorgesehen, mit einfachen Indizes, sondern mit dem speziell für den Kanton Zürich erarbeiteten Referenzsystem. Dieses erlaubt die Beurteilung einer Untersuchungsstelle durch den Vergleich mit naturnahen Referenzstellen. Aufgrund dieser Referenzen kann für jede Untersuchungsstelle definiert werden, welche Organismen unter guten Bedingungen zu erwarten wären. Die vorgefundenen Taxa werden mit den erwarteten Taxa verglichen und die Abweichung bewertet.

Literatur:  
Modul Stufen Konzept: Makrozoobenthos Stufe F (Entwurf 2005)

Modul Stufen Konzept: Makrozoobenthos Stufe F (Entwurf 2010)  
<http://www.modul-stufen-konzept.ch/d/mzb.htm>

Referenzsystem für den Kanton Zürich zur biologischen Beurteilung der Fliessgewässer mit Makroinvertebraten. AWEL, 2004.



Probenahme



Entnahme des Materials



Grobsortierung



Eintagsfliegenlarve  
(*Potamanthus luteus*)



Köcherfliegenlarve  
(*Phryganea sp.*)



Flohkrebse  
(*Gammarus sp.*)



Eintagsfliegenlarve  
(Fam. Heptageniidae)

### Beurteilung

Ein guter und in einem Fall sehr guter Zustand (1) wurde bei den Untersuchungsstellen an der Jonen festgestellt. Dies trotz stellenweise mässiger Belastung durch Insektizide, ökomorphologischer Defizite, teilweise ungünstigen Abflussverhältnissen und mässig bis hohen Phosphat- und DOC- Werten. Allfällige subletale Auswirkungen solcher Belastungen auf die Wirbellosenfauna (z.B. verlangsamtes Wachstum, verminderte Reproduktion) können mit dem angewandten Bewertungsindex nicht erfasst werden. Möglicherweise wird die Fauna in der Jonen auch durch zugewanderte Organismen aus intakten Seitenbächen immer wieder ergänzt.

Auch an der Reppisch wurden die meisten Stellen als gut bis sehr gut beurteilt. Zwei Ausnahmen stellen der Würeribach (2) und der Aescherbach (3) vor Birmensdorf dar, die einen mässigen Zustand der Wirbellosenfauna aufwiesen. Alle übrigen gemessenen Parameter an diesen beiden Stellen erhielten die Bewertung gut oder sehr gut, eine Erklärung für die Defizite in der Fauna an diesen beiden Stellen kann somit nicht gegeben werden.

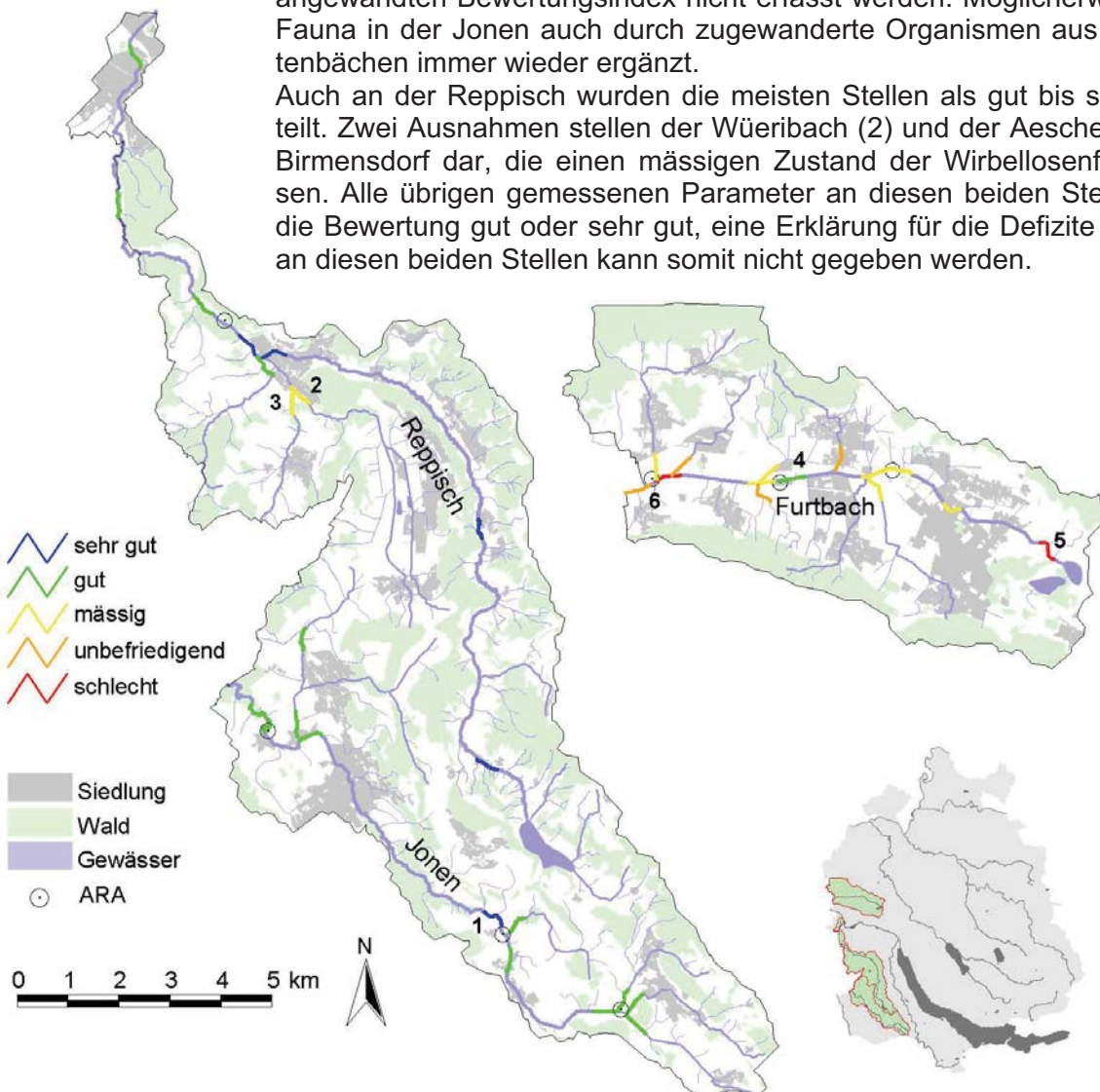
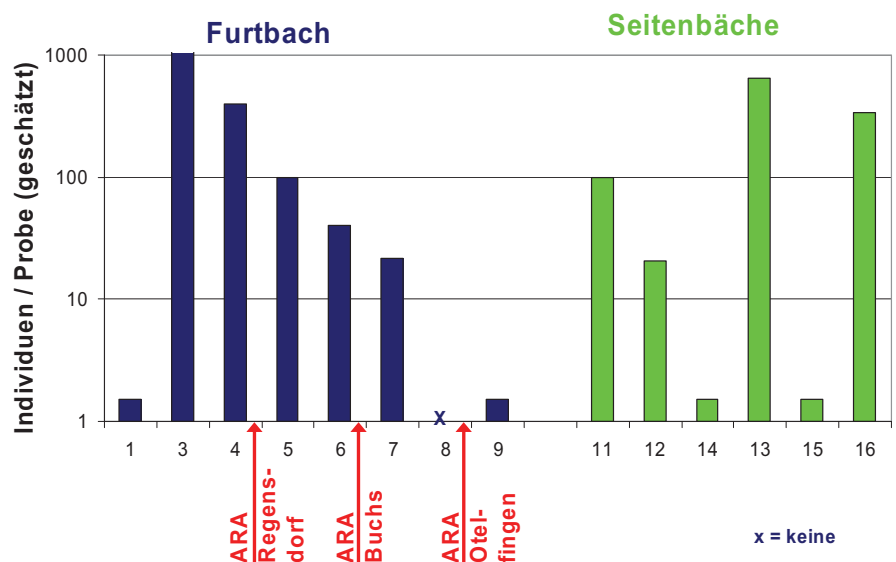


Abb. 30: Beurteilung der Makroinvertebraten.

Am Furtbach und seinen Seitenbächen erfüllte einzig die Stelle vor ARA Buchs (4) die Zielvorgabe und wurde knapp mit gut bewertet. An allen übrigen Probestellen wurde der Zustand der Makroinvertebratenfauna als mässig, unbefriedigend oder schlecht beurteilt. Die oberste Probestelle beim Ablauf des Chatzensees (5) weist aufgrund ihrer Nähe zum See erwartungsgemäss keine typische Bachfauna auf. Im weiteren Verlauf des Furtbachs bestehen aber in der Wirbellosenfauna teils beträchtliche Defizite in der Artenvielfalt und in der Besiedlungsdichte. Auffällig ist besonders die Dichteabnahme von biozidsensitiven Organismen wie z.B. Flohkrebse (*Gammarus sp.*) im Fließverlauf des Furtbachs (Abb. 31). Flohkrebse kommen in unbelasteten Bächen normalerweise sehr häufig vor (Abb. 32). Da Flohkrebse in Bezug auf andere Stressfaktoren wie z.B. ökomorphologische Defizite oder Belastungen durch Nährstoffe recht tolerant sind, steht die Pestizidbelastung als Ursache für die abnehmende Flohkrebse dichte im Fließverlauf des Furtbachs im Vordergrund. Der hohe Anteil an gereinigtem Abwasser aus drei ARAs sowie der Eintrag diverser Pestizide aus der intensiven Landwirtschaft und aus den Siedlungsgebieten im Furttal führen zu zunehmenden Belastungen im Gewässerverlauf. Die weniger belasteten Seitenbäche können Refugien für Flohkrebse darstellen, aus denen auch der Furtbach wieder besiedelt werden kann, z.B. unterhalb der ARA Otelfingen.

Probestellen Furtbach	
1	Ablauf Chatzensee
2	vor Büelkanal
3	vor Trockenloo-Kanal
4	vor ARA Regensdorf
5	nach ARA Regensdorf
6	vor ARA Buchs
7	nach ARA Buchs
8	vor ARA Otelfingen
9	nach ARA Otelfingen
Probestellen Seitenbäche	
11	Breitwiesenkanal
12	Mülibach vor Furtbach
13	Oberwiesenbach
14	Bännengraben
15	Harberenbach
16	Dorfbach Otelfingen



**Abb. 31:** Abnahme der Besiedlungsdichte von Flohkrebse (*Gammarus sp.*) an den Probestellen im Längsverlauf des Furtbachs.



**Abb. 32:** Ansammlung von Flohkrebse.

### Effekte von Pestizideinträgen auf die Wirbellosenfauna

Mit der Beurteilung der Wirbellosenfauna mittels BAFU - Methode oder mit dem Referenzsystem für den Kanton Zürich können allgemeine Defizite in der Gewässerbesiedlung aufgezeigt werden, die Indices geben jedoch keinerlei Auskunft über die Gründe und Ursachen dieser Defizite. Anhand von chemischen und ökomorphologischen Daten können zwar in manchen Fällen Hinweise auf mögliche Stressfaktoren und Belastungen gefunden werden, direkte Nachweise von negativen Auswirkungen einzelner Faktoren auf die Wirbellosenfauna können aber nur selten erbracht werden.

Es existieren andere Beurteilungskonzepte, die versuchen belastungsspezifische Aussagen über den Zustand der Fauna zu machen. Versuchsweise wurden die faunistischen Daten der Einzugsgebiete Furtbach und Jonen / Reppisch für die Untersuchungsperiode 2008/09 mit dem SPEAR<sub>pesticide</sub> - Index ausgewertet. Das Konzept dieser Methode beruht auf spezifischen Pestizid-Sensitivitätswerten, die in Laborversuchen für die einzelnen Artengruppen ermittelt wurden. Die Organismen werden in pestizid-sensitive (**Species at risk**) und weniger sensitive Gruppen (**Species not at risk**) unterteilt. Aus dem in der Probe vorgefundenen Verhältnis von sensitiven zu weniger sensitiven Taxa und ihren Abundanzen berechnet der Index einen Wert, der als Indikator für die Pestizidbelastung im Gewässer interpretiert werden kann. Details zum SPEAR - Index sind im Internet abrufbar.

→ [www.systemecology.eu/SPEAR/about.php](http://www.systemecology.eu/SPEAR/about.php)

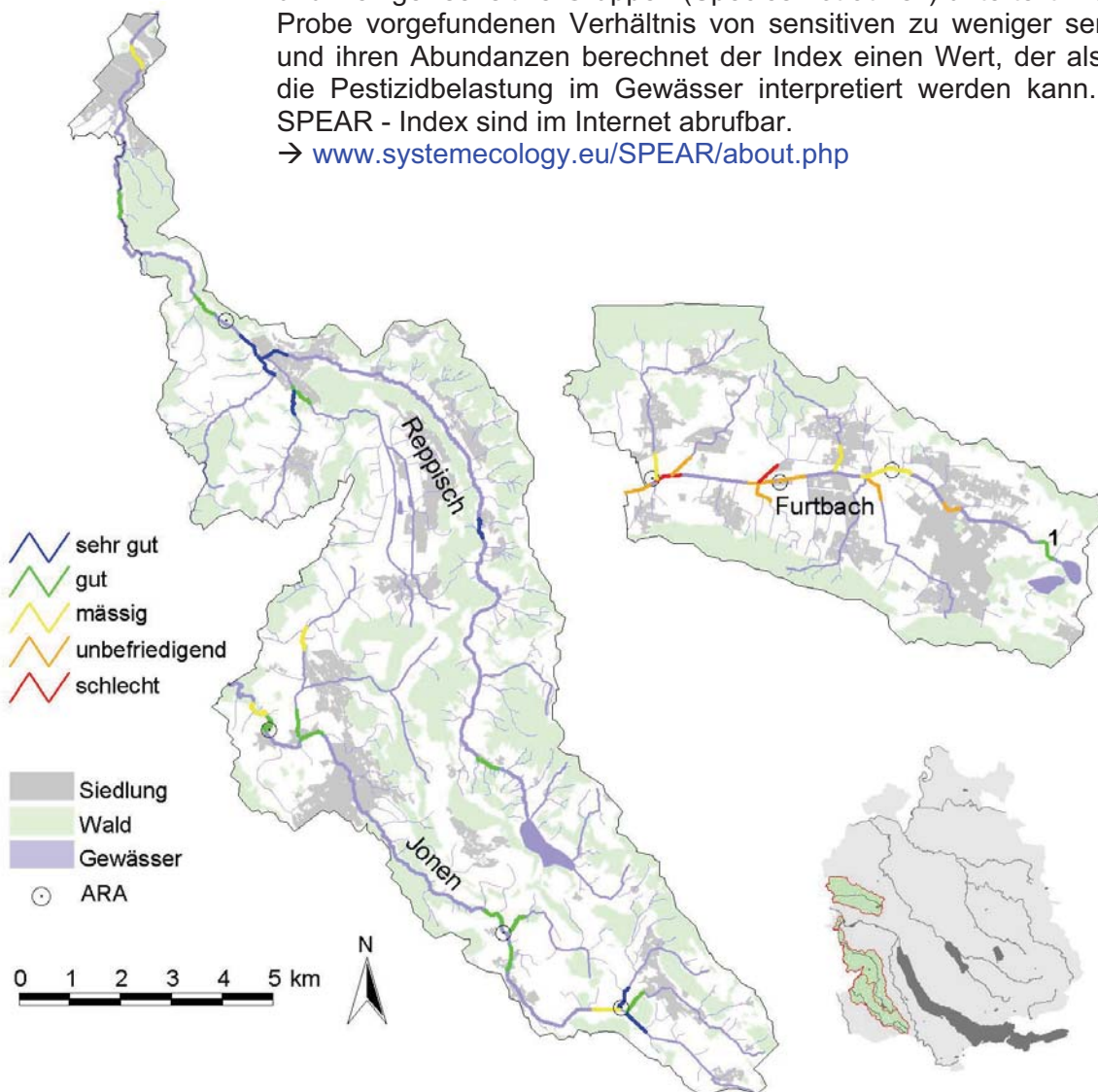
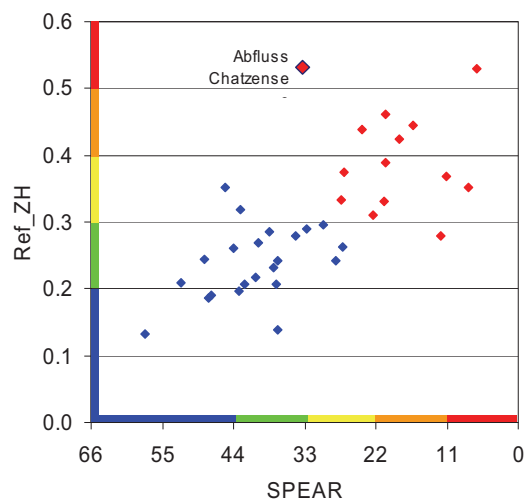


Abb. 33 Beurteilung der Pestizidbelastung anhand des SPEAR - Index.

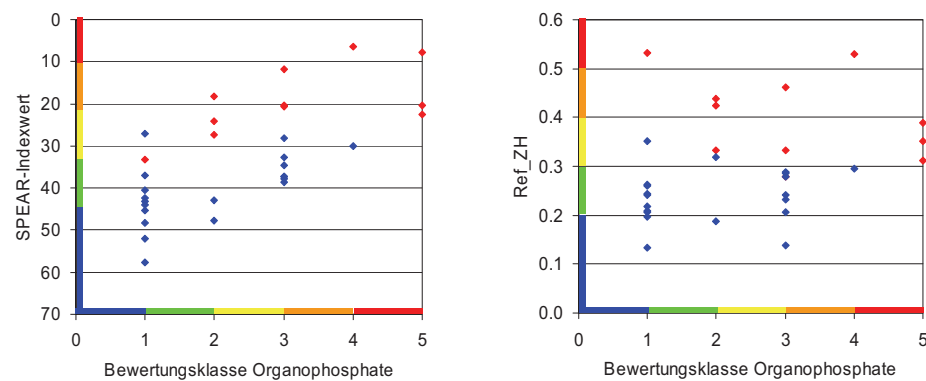


Ein Vergleich der Beurteilung der Fauna mittels Referenzsystem ZH und dem SPEAR - Index (Abb. 34) zeigt eine recht gute allgemeine Übereinstimmung, es gibt aber einen recht grossen Streubereich und einzelne starke Abweichungen zwischen den beiden Beurteilungen. Besonders bei Probestellen mit grossen Abweichungen könnten die beiden Indices zusammen neue Erkenntnisse liefern: Der Abfluss des Chatzensees (1) erhält beim Referenzsystem die Beurteilung schlecht, während der SPEAR - Index an dieser Stelle aufgrund der vorgefundenen Taxa keine gravierende Pestizidbelastung erkennt und knapp die Bewertung gut erteilt. Die Organophosphat-Messwerte (Insektizide) zeigen hier ebenfalls keine Auffälligkeiten, es liegt also tatsächlich keine Belastung vor, aber die Fauna an dieser Probestelle weist aufgrund der Nähe zum See keine bachtypische Zusammensetzung auf. Die beiden Indexwerte ergeben somit zusammen ein differenzierteres Bild der tatsächlichen Situation als jeder Index für sich alleine.



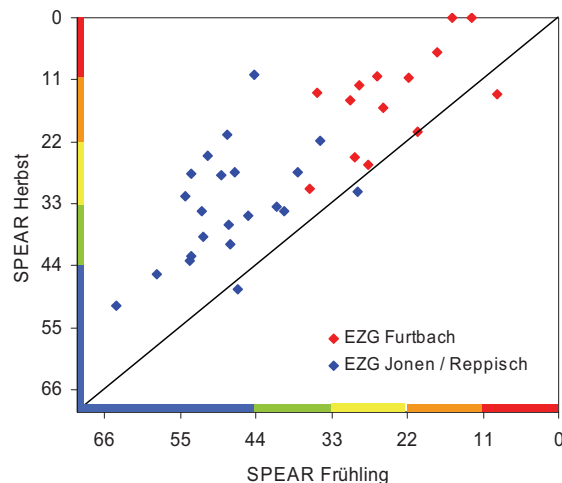
**Abb. 34:** Zusammenhang zwischen SPEAR - Index und Referenzsystem Kanton Zürich. Rot: Probestellen im Furttal, blau: Probestellen im Einzugsgebiet Jonen/Reppisch. Dargestellt sind die Mittelwerte der Frühlings- und Herbstproben.

Beim Vergleich aller Probenahmen im Furttal und im Einzugsgebiet Jonen / Reppisch in den Jahren 2008 und 2009 zeigt sich beim SPEAR-Index eine einigermaßen gute Übereinstimmung zwischen dem Indexwert und der Beurteilungsklasse der gemessenen Insektizidbelastung (Organophosphate, Abb. 35). Bei der Beurteilung der gleichen faunistischen Daten mit dem Referenzsystem Zürich ist hingegen kein Zusammenhang zwischen dem Indexwert und der Insektizidbelastung erkennbar. Mit dem SPEAR-Index können offenbar tatsächlich pestizidbelastete Stellen aufgrund der Faunenzusammensetzung erkannt werden.



**Abb. 35:** Vergleich der Organophosphat-Beurteilungsklassen mit dem SPEAR-Index (Abb. Links) und dem Referenzsystem Zürich (Abb. rechts). Rot: Probestellen im Furtal, blau: Probestellen im Einzugsgebiet Jonen/Reppisch. Mittelwerte der Frühlings- und Herbstproben.

Der aktuelle Methodenbeschrieb des BAFU (Version April 2010) zur Beurteilung der Makroinvertebraten sieht eine Probenahme pro Jahr im Frühling vor. Im Kanton Zürich wurden bis anhin zwei Probenahmen pro Stelle (im Frühjahr und im Herbst) durchgeführt. Beim Vergleich der SPEAR - Indexwerte von Frühling und Herbst (Abb. 36) fallen die mehrheitlich schlechteren Werte im Herbst auf. Möglicherweise kommt hier der Einfluss der saisonal applizierten Pestizide in der Landwirtschaft zum Ausdruck, welche im Laufe des Sommers zu einem Rückgang der Wirbellosenbestände führen könnten. Aufgrund der unterschiedlichen Befunde im Frühling und Herbst erscheint es jedenfalls sinnvoll auch weiterhin zwei Probenahmen pro Jahr durchzuführen und nicht bloss die vom BAFU vorgeschlagene Frühlingsprobenahme.



**Abb. 36:** SPEAR Pestizidindex: Vergleich Furtbach und Jonen/Reppisch im Frühling und Herbst 08/09.

Diese erste Anwendung des SPEAR - Index scheint plausible Aussagen über die Pestizidbelastung in Fliessgewässern zu liefern. Die Methode soll in künftigen Untersuchungen noch detaillierter geprüft werden, um ihre Aussagekraft besser abschätzen zu können. Der SPEAR - Index könnte eine vielversprechende Möglichkeit bieten, die Auswirkungen von Pestizidbelastungen auf die Wirbellosenfauna in Gewässern aufzuzeigen.

## Fische

### Untersuchungsmethode

Fische kommen in den meisten Schweizer Fliessgewässern vor. Sie sind relativ einfach zu bestimmen und ihre Ökologie ist gut bekannt. Sie sind langlebig und damit geeignet, neben Stossbelastungen auch chronische Belastungen anzuzeigen. Durch ihre hohen Ansprüche an den Lebensraum weisen sie auf Defizite der Wasserqualität sowie des morphologischen und hydrologischen Zustands der Gewässer hin. Die Mobilität und die Wanderungen von Fischarten lassen zudem Rückschlüsse auf die Durchgängigkeit und Vernetzung der Gewässer zu. Allerdings erschweren die in den meisten Fliessgewässern durchgeführten Besatzmassnahmen mit Bachforellen die Beurteilung der natürlich vorhandenen Fischpopulationen.

In den Einzugsgebieten von Furtbach, Jonen und Reppisch wurden zwischen 2007 und 2010 in Zusammenhang mit Revitalisierungen oder anderen Bauarbeiten im Gewässerbereich Abfischungen in verschiedenen Untersuchungsabschnitten vorgenommen. Zudem wurden im Furtbach im Rahmen des Projektes MicroPoll verschiedene Fischuntersuchungen durchgeführt. Sämtliche vorhandenen Daten wurden für die vorliegende Untersuchung zusammengetragen und einige Untersuchungsabschnitte zusätzlich abgefischt. Die Erhebung und anschliessende Datenauswertung erfolgte bei allen Untersuchungen gemäss dem BAFU - Modul Fische Stufe F. Die Gewässerabschnitte wurden mittels Elektrofangergerät abgefischt und die gefangenen Fische auf Artniveau bestimmt. Zusätzlich wurde die Körperlänge der Fische gemessen und allfällige Deformationen oder Anomalien festgehalten. Insgesamt liegen Resultate zu 23 Untersuchungsabschnitten vor um den Zustand der Fische in den Einzugsgebieten von Furtbach, Jonen und Reppisch zu bewerten. Folgende Parameter werden dabei berücksichtigt:

- Fischregion und potenzielles Artenspektrum
- Populationsaufbau der Leitfischart
- Natürliche Reproduktion der Leitfischart
- Relative Dichte der Bachforelle
- Deformationen und Anomalien
- Häufigkeitsverteilung der einzelnen Arten zueinander



Abfischen



Vermessen der Fische



Bachforelle (Bilder FJV ZH)

### Beurteilung

Die Untersuchungsstellen im Einzugsgebiet der Jonen und der Reppisch können aufgrund des Verhältnisses von Gefälle und Breite des Gewässers der Fischzone Forellenregion zugeordnet werden. Diese Gewässer weisen natürlicherweise einen hohen Anteil an Bachforellen auf. Auch die häufig vorgefundene Groppe ist eine charakteristische Fischart dieser Fischregion.

In beiden Einzugsgebieten befand sich die Wasserqualität mehrheitlich in einem guten Zustand, eine Beeinträchtigung der Fische durch eine ungenügende Wasserqualität steht nicht im Vordergrund. In der Jonen vor der Einleitung der ARA Zwillikon (1) führt der Betrieb eines Kraftwerkes zu sprunghaften Veränderungen der Abflussmengen (Schwall/Sunk). Diese schlechten hydrologischen Bedingungen dürfte mit ein Grund für den mässigen Zustand der Fische sein. Der Untersuchungsabschnitt Jonen nach Affoltern (2) liegt etwas weiter flussaufwärts, durch einen hohen Absturz und die Schwall/Sunk-Strecke abgekoppelt von unterhalb von Zwillikon liegenden Gewässerstrecken mit gutem Zustand der Fische. Zudem scheinen auch kaum Fische aus den flussaufwärts liegenden Untersuchungsabschnitten einzuwandern, wo sich die Fische ebenfalls in gutem bis sehr gutem Zustand befinden. Grund dafür könnten mehrere hohe Abstürze und eine relativ lange Strecke in ökomorphologisch überwiegend schlechtem bis mässigem Zustand im Siedlungsgebiet von Affoltern am Albis sein. Ähnliche Gründe könnten für den mässigen Zustand der Fische in der Reppisch vor der ARA Birmensdorf (3) verantwortlich sein. Der ökomorphologische Zustand der abgefischten Strecke wird zwar als gut bewertet, der Streckenabschnitt liegt aber isoliert in einem Streckenabschnitt der Reppisch, der ökomorphologisch überwiegend als mässig bis schlecht beurteilt wird. Da sich weiter flussabwärts eine längere Gewässerstrecken in gutem bis sehr gutem ökomorphologischen Zustand befindet, stehen den Fischen bessere Lebensräume zur Besiedlung zu Verfügung. In den Untersuchungsabschnitten Reppisch nach Rummelbach (4) und bei Dietikon (5) werden sowohl der Zustand der Fische als auch der ökomorphologische Zustand als mässig beurteilt. Der Untersuchungsabschnitt in Dietikon ist zudem durch eine längere Eindolung von der Limmat abgekoppelt und auch flussaufwärts behindern im Siedlungsraum von Dietikon mehrere hohe Abstürze die Wanderung der Fische.

Im Furtbach gestaltet sich die Zuordnung zu einer bestimmten Fischregion und die Bewertung der Fischfauna schwieriger: Einige Abschnitte in der oberen Hälfte des Furtbachs mit stärkerem Gefälle und grobkörnigem Sohlenmaterial könnten der Forellenregion zugeordnet werden, jedoch stellen die hohen Sommertemperaturen im Furtbach eine Zuordnung zur Forellenregion grundsätzlich in Frage. Die übrigen Abschnitte müssten aufgrund des geringen Gefälles der Äschen- oder Barbenregion zugeteilt werden. Manche nach BAFU - Modul wichtigen Leitarten für die Äschen- und Barbenregion sind aber in einem Gewässer der Grösse des Furtbachs kaum oder höchstens in sehr geringen Beständen zu erwarten (z.B. Äsche, Barbe), waren im Kanton Zürich generell noch nie in starken Beständen heimisch (z.B. Hasel), oder sind in der ganzen Schweiz so selten dass ein Vorkommen im Furtbach als Glücksfall zu betrachten wäre (z.B. Nase, Strömer). Die fehlenden Leitarten gemäss BAFU - Modul sowie die aufgrund des Gewässertyps nicht überraschenden geringen Bestände der Bachforelle resultieren an den meisten Stellen in einer unverdient schlechten Bewertung (Bewertungsklasse mässig bis unbefriedigend). Lediglich eine Stelle oberhalb der ARA Buchs (6) wird als sehr gut klassiert, diese Beurteilung ergibt sich allein aufgrund des hier vorgefundenen guten Bachforellenbestands.

In einer von der EAWAG durchgeführten fischökologischen Untersuchung im Furtbach in den Jahren 2006 bis 2008 wurden oberhalb und unterhalb der

.....  
Literatur:  
Modul Stufen Konzept: Fische  
Stufe F (2004)  
<http://www.modul-stufen-konzept.ch/d/fische.htm>

Fischökologische Untersuchungen am Furtbach 2006 – 2008.  
Projekt Strategie MicroPoll –  
Pilotversuch Regensdorf.  
EAWAG (2009)

ARA Regensdorf 17 Fischarten nachgewiesen und die Fischfauna insgesamt als vielfältig und stark von Cypriniden (Karpfenartigen) geprägt beschrieben. Dieser Befund steht in Kontrast zur Beurteilung mittels BAFU - Modul. Das BAFU - Modul Fische scheint somit für ein Gewässer der Grösse und Lage des Furtbachs keine geeignete Beurteilungsmethode zu sein.

Gewiss besteht im Furtbach noch viel Verbesserungspotenzial für die Fischfauna: Die Nährstoff-, Schwermetall- und Pestizidbelastungen sind hoch und die Makroinvertebraten, die Fischnährtiere, befinden sich überwiegend in einem mässigen bis unbefriedigenden Zustand. Die Ökomorphologie des Furtbachs ist zwar über weite Strecken wenig beeinträchtigt, trotzdem ist der Lebensraum für die Fische nicht ideal ausgestaltet. Aufgrund der vielen noch relativ frisch revitalisierten Strecken ist der Bach noch arm an Strukturen, die den Fischen als Rückzugsmöglichkeiten und Ruheplätze dienen könnten. Zudem mangelt es im unmittelbaren Uferbereich an Gehölzen, die im Sommer Beschattung und in unterspülten Wurzelstöcken Unterstände für Fische bieten. Im Furtbach fliesst zudem bei Trockenwetter wenig Wasser, was besonders im Sommer rasch zu erhöhten Wassertemperaturen führen kann.

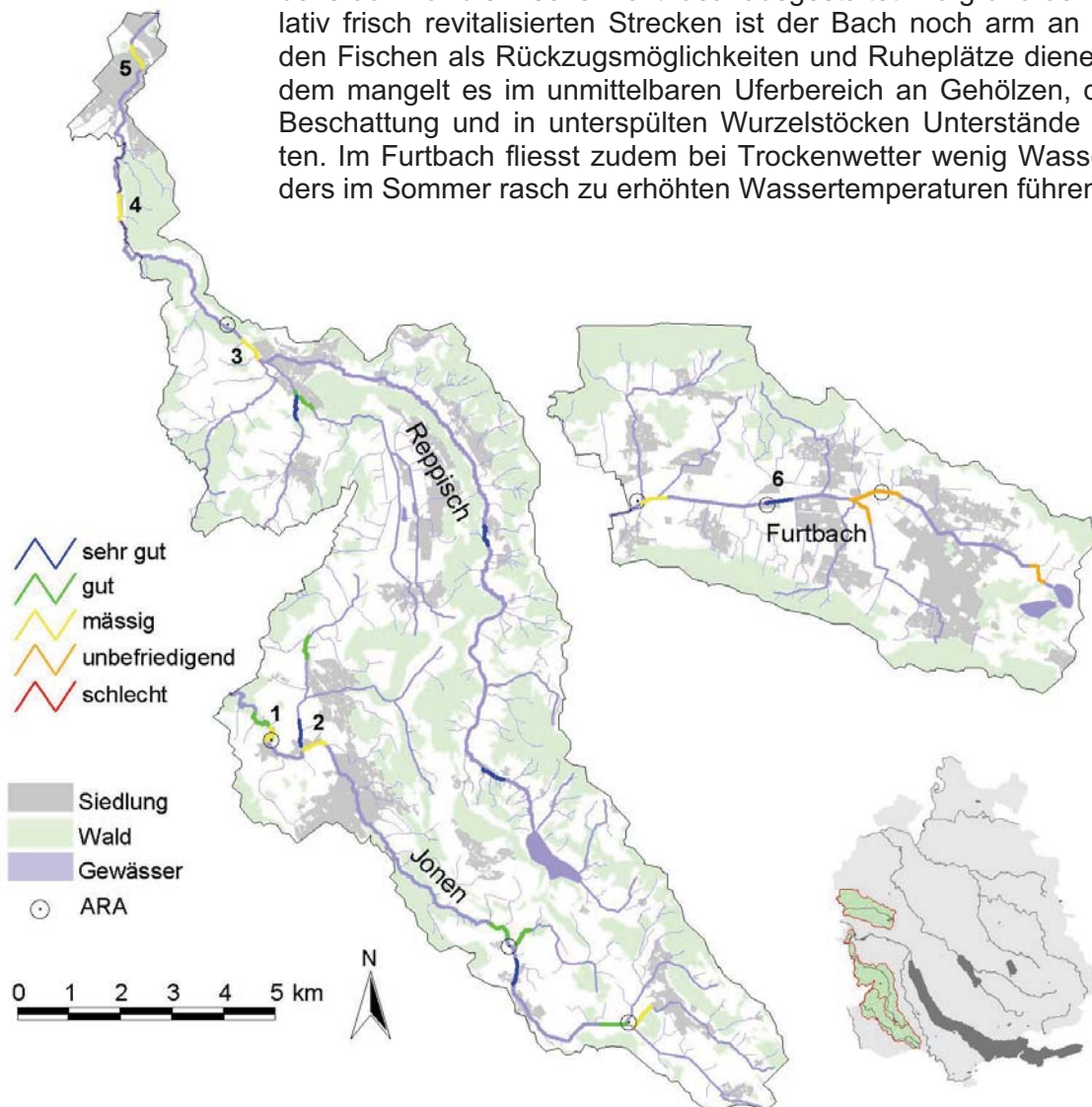
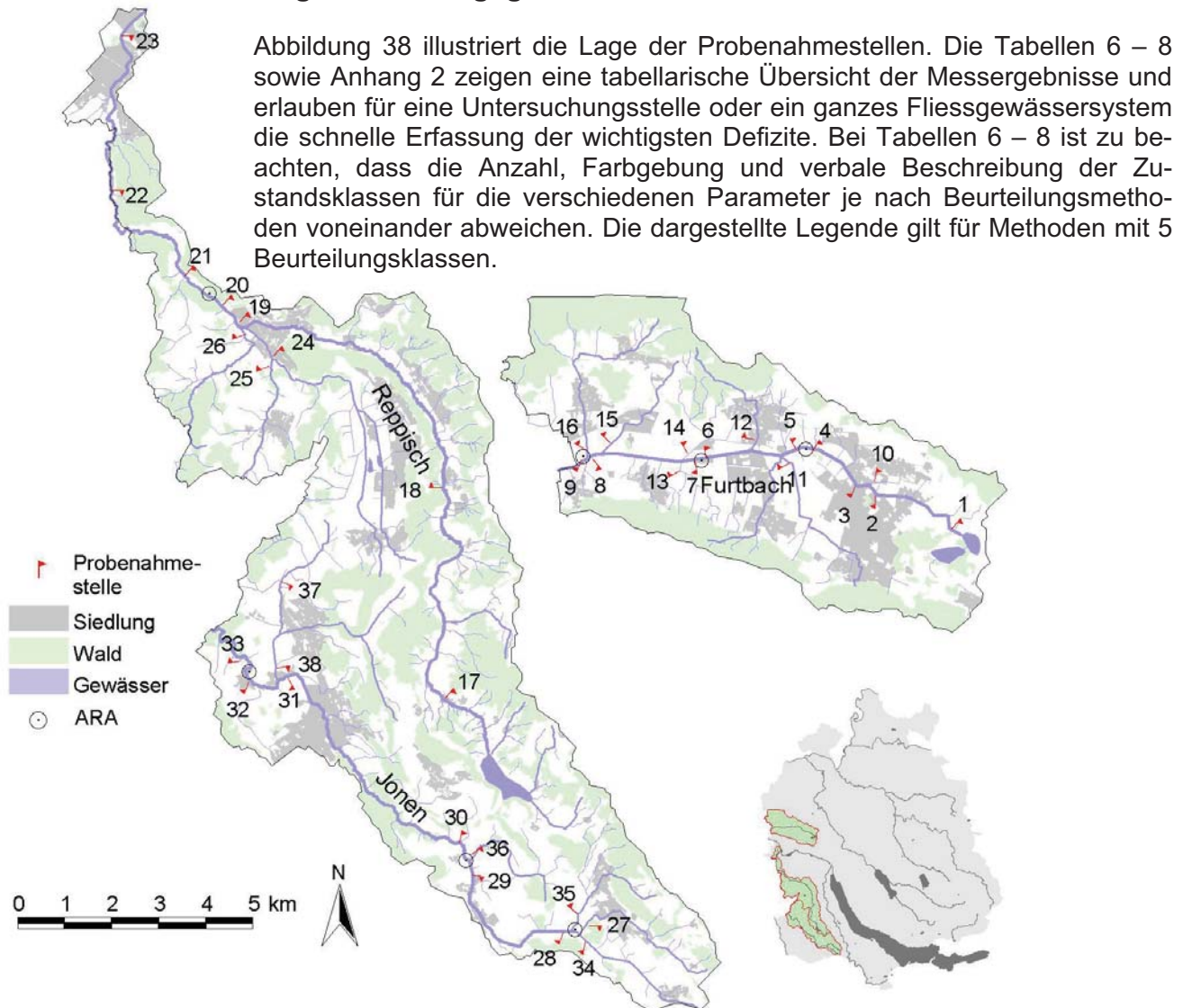


Abb. 37: Beurteilung der Fische gemäss BAFU-Modul Fische

## 4. SYNTHESE

### 4.1 Zusammenfassung nach Einzugsgebieten



- |                                 |                                  |                                       |
|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1 Furtbach Ablauf Chatzensee    | 17 Reppisch Abfluss Türlerseesee | 27 Jonen vor ARA Hausen               |
| 2 Furtbach vor Büelkanal        | 18 Reppisch bei Stallikon        | 28 Jonen nach ARA Hausen              |
| 3 Furtbach vor Trockenloo-Kanal | 19 Reppisch nach Birmensdorf     | 29 Jonen vor ARA Rifferswil           |
| 4 Furtbach vor ARA Regensdorf   | 20 Reppisch vor ARA Birmensdorf  | 30 Jonen nach ARA Rifferswil          |
| 5 Furtbach nach ARA Regensdorf  | 21 Reppisch nach ARA Birmensdorf | 31 Jonen nach Affoltern               |
| 6 Furtbach vor ARA Buchs        | 22 Reppisch nach Rummelbach      | 32 Jonen vor Einleitung ARA Zwillikon |
| 7 Furtbach nach ARA Buchs       | 23 Reppisch bei Dietikon         | 33 Jonen nach ARA Zwillikon           |
| 8 Furtbach vor ARA Otelfingen   | 24 Wüeribach vor Birmensdorf     | 34 Mülibach vor Jonen                 |
| 9 Furtbach nach ARA Otelfingen  | 25 Aescherbach vor Birmensdorf   | 35 Haischerbach vor Jonen             |
| 10 Büelkanal                    | 26 Lunnerenbach vor Reppisch     | 36 Schwarzenbach vor Jonen            |
| 11 Breitwiesenkanal             |                                  | 37 Hofibach vor Hedigen               |
| 12 Mülibach vor Furtbach        |                                  | 38 Hofibach nach Hedigen              |
| 13 Oberwiesenbach               |                                  |                                       |
| 14 Bännengraben                 |                                  |                                       |
| 15 Harberenbach                 |                                  |                                       |
| 16 Dorfbach Otelfingen          |                                  |                                       |

**Abb. 38:** Lage und Bezeichnung der Probenahmestellen.

### **Furtbach und Seitenbäche**

Der Furtbach ist das Hauptgewässer des im Nordwesten der Stadt Zürich gelegenen Furttals und entwässert ein Einzugsgebiet von zirka 44 km<sup>2</sup>. Das Tal ist Ost-West orientiert und wird intensiv landwirtschaftlich genutzt (45 % Flächenanteil), wobei auf grossen Flächen intensiver Gemüseanbau betrieben wird. Siedlungen machen 23 % und Wald 30 % der Einzugsgebietsfläche aus. Der Furtbach hat ein mittleres Gefälle von 0.13 %, der mittlere Abfluss beträgt beim Abfluss aus dem Katzensee (1) 58 l/s, an der Kantonsgrenze bei Otelfingen (8) 600 l/s. Auf der gut 11 km langen Fließsstrecke, zwischen dem Abfluss aus dem Katzensee (433 m ü. M.) und der Kantonsgrenze bei Otelfingen (418 m ü. M.), leiten die ARA Regensdorf, die ARA Buchs und die ARA Otelfingen gereinigtes Abwasser in den Bach ein. Bei Trockenwetterabfluss kann der Anteil von gereinigtem Abwasser bis 85 % des Abflusses betragen. Die Seitenbäche entspringen meist in den steilen und bewaldeten Talflanken und fließen anschliessend, mit abnehmendem Gefälle, durch Siedlungsgebiet oder landwirtschaftlich genutztes Gebiet bis zur Mündung in den Furtbach. Es handelt sich um sehr kleine bis kleine Gewässer mit mittleren Abflüssen unter 100 l/s.

Der Furtbach besitzt heute, dank zahlreichen Revitalisierungen während den letzten 20 Jahren, einen hohen Anteil an ökomorphologisch naturnahen bis wenig beeinträchtigten Streckenabschnitten (Tab. 6). Unmittelbar nach dem Ausfluss aus dem Katzensee (1) befindet sich der Furtbach in einem natürlichen bis wenig beeinträchtigten ökomorphologischen Zustand. Er fliesst anschliessend ein kurzes Stück eingedolt durch Landwirtschaftsland und weist dann im Bereich von Regensdorf (3), mit Ausnahme eines kurzen revitalisierten Teilstückes (2), einen stark beeinträchtigten ökomorphologischen Zustand auf. Zwischen Regensdorf und Buchs (4, 5) wurde der Furtbach 1993, zwischen Dänikon bis eingangs Otelfingen im Jahr 2000 revitalisiert und befindet sich seither in einem naturnahen bis wenig beeinträchtigten ökomorphologischen Zustand. Dazwischen (6, 7) und bis zur Kantonsgrenze in Otelfingen (8, 9) wies der Furtbach im Jahr 2008 einen stark beeinträchtigten ökomorphologischen Zustand auf. Im Jahr 2009 wurde der Streckenabschnitt vor der Mündung des Dorfbachs Otelfingen revitalisiert. Damit befinden sich nur noch Abschnitte bei Regensdorf, zwischen Buchs und Dänikon und zwischen der Mündung des Dorfbachs Otelfingen und der Kantonsgrenze in einem ökomorphologisch stark beeinträchtigten Zustand.

Die Seitenbäche im bewaldeten Oberlauf sind häufig in einem natürlichen oder wenig beeinträchtigten ökomorphologischen Zustand. Im Unterlauf, wo sie durch Siedlungsgebiet und landwirtschaftlich genutztes Gebiet fließen, sind sowohl Abschnitte in naturnahem oder wenig beeinträchtigtem Zustand als auch stark beeinträchtigte oder naturfremde Abschnitte vorhanden (10-16) oder die Gewässer sind eingedolt.

Die Abflussverhältnisse im Furtbach bis Buchs (1 - 5) und in den Seitenbächen (10-16) wurden als sehr gut beurteilt. Ab Buchs wird zur Bewässerung von Gemüsekulturen und des Golfplatzes Otelfingen Wasser aus dem Furtbach und einigen Seitenbächen entnommen. In Trockenzeiten kam es zeitweise zu einer ungenügenden Restwasserführung im Furtbach unterhalb von Buchs (6-9), weil anstelle der für Trockenwetterabflüsse festgelegte Entnahmeregelung die Konzessionsmenge vollständig ausgenutzt wurde.

Die Zielvorgaben für Ammonium und Nitrit wurden im Furtbach und seinen Zuflüssen, mit Ausnahme des Dorfbachs Otelfingen, immer erfüllt. Die intensive landwirtschaftliche Nutzung, der Gemüseanbau und der hohe Abwasseranteil

ab Regensdorf führen jedoch zu unerwünscht hohen Nitrat-, Phosphat- und DOC-Konzentrationen in vielen Untersuchungsabschnitten des Furtbachs (1-9), während die Seitenbäche (10-16) deutlich tiefere Konzentrationen aufweisen. Die ungenügende Restwasserführung im Furtbach unterhalb von Buchs in Trockenzeiten verschärft das Problem zusätzlich. Bei Regen führen Entlastungen aus der Mischwasserkanalisation und aus der Strassenentwässerung zu einer zusätzlichen stofflichen Belastung. Modellrechnungen zeigen auf, dass durch Entlastungsereignisse mehrere kritische Ammoniumabflüsse pro Jahr auftreten und damit die Lebewesen im Furtbach akut gefährden. Zudem kommt es im Furtbach zwischen der Messstelle bei Regensdorf-Watt (3) und derjenigen nach der Einleitung der ARA Regensdorf (5) vermehrt zur Bildung von Schlamm, heterotrophem Bewuchs und Eisensulfidflecken.

**Tab. 6:** Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse: Furtbach und Seitenbäche.

Nr.	Stellenname	Ökomorphologie	Abflussverhältnisse	Wasserqualität						Sedimente						Biologie						
				Ammonium	Nitrit	Nitrat	Phosphat	DOC	Herbizide	Insektizide	Kupfer	Zink	Blei	Cadmium	Quecksilber	Nickel	Crom	Kieselalgen	Verkrautung	Vegetation	Makroinvertebraten	SPEAR <sub>pesticides</sub>
1	Furtbach Ablauf Chatensee	sehr gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
2	Furtbach vor Büelkanal	gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
3	Furtbach vor Trockenloo-Kanal	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
4	Furtbach vor ARA Regensdorf	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
5	Furtbach nach ARA Regensdorf	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
6	Furtbach vor ARA Buchs	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
7	Furtbach nach ARA Buchs	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
8	Furtbach vor ARA Otelfingen	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
9	Furtbach nach ARA Otelfingen	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
10	Büelkanal	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
11	Breitwiesenkanal	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
12	Mülibach vor Furtbach	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
13	Oberwiesenbach	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
14	Bännengraben	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
15	Harberenbach	mässig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
16	Dorfbach Otelfingen	schlecht	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut

Sowohl im Furtbach unterhalb der ARA Regensdorf (5-8) als auch in den meisten Seitenbächen (11, 12, 14, 15) traten regelmässig erhöhte Pestizidkonzentrationen auf. Die Anforderung der GSchV von 0.1 µg/l pro Einzelstoff wurde an jeder Messstelle im Durchschnitt zwanzigmal überschritten. Die Qualitätskriterien für die chronische Toxizität wurden bei allen Stoffgruppen mehrfach nicht eingehalten. Bei den Chloracetaniliden und den Organophosphaten wurden auch die Qualitätskriterien für die akute Toxizität mehrmals deutlich überschritten (5, 8, 12, 14). Die Stoffgruppe der Chloracetaniliden umfasst mehrere Pestizide (Metazachlor, Metolachlor, Propachlor), die sehr selektiv im Gemüseanbau eingesetzt werden, und die daher grösstenteils über diese landwirtschaftliche Anwendung via Drainage oder Abschwemmung in die Gewässer gelangen dürften. Im Gegensatz dazu deuten die erhöhten Konzentrationen an Diuron und Diazinon unterhalb von ARA darauf hin, dass diese beiden Wirkstoffe zu einem wesentlichen Anteil über die ARA in die Gewässer gelangen. Beide Wirkstoffe werden sowohl in der Landwirtschaft als auch in



Baumaterialien (Diuron) und Publikumsprodukten (Diuron, Diazinon) verwendet.

Die Schwermetallbelastung, insbesondere die Belastung mit Kupfer und Zink, ist im Einzugsgebiet des Furtbachs mit wenigen Ausnahmen hoch und auf die hohe Besiedlungsdichte im Einzugsgebiet zurückzuführen. Die untersuchten Messstellen im Einzugsgebiet des Furtbachs liegen alle in Gebieten mit einem Siedlungsanteil von über 23 % im Gegensatz zur Jonen und der Reppisch, wo der Siedlungsanteil der Messstellen zwischen 12 - 16 % respektive 6 – 15 % beträgt. In diesen beiden Einzugsgebieten traten, mit einer Ausnahme, keine erhöhten Kupfer- und Zinkkonzentrationen auf. Abweichungen vom „normalen“ Kupfer-Zink-Verhältnis weisen auf zusätzliche Belastungsquellen hin. Im Harberenbach (15) wurde ein Betrieb identifiziert, der die erhöhten Zink- und Cadmiumkonzentrationen verursacht. Im Büelkanal (10) und Mülibach (12) dürften Abschwemmungen aus Rebbauf Flächen für die erhöhten Kupferkonzentrationen mitverantwortlich sein. Zudem waren in Buchs verschiedene Betriebe ansässig, die Buntmetalle in grossen Mengen verarbeiteten und zu einer nachgewiesenen Belastung der Böden im Einzugsgebiet des Mülibachs führten. Im Furtbach vor Trockenlookanal (3) und vor ARA Regensdorf (4) dürften Entlastungen aus dem Industriegebiet Wüeri die erhöhten Kupferkonzentrationen verursachen. Die erhöhten Bleikonzentrationen im Furtbach vor Trockenlookanal (3) und Büelkanal (2) könnten durch einen Deponiestandort verursacht werden.

Die Kieselalgen, welche als biologische Zeiger für die Wasserqualität verwendet werden, indizierten im Furtbach, aufgrund der hohen Nährstoffbelastung ab ARA Regensdorf bis zur Kantonsgrenze, einen mässigen Zustand.

Aufgrund des geringen Gefälles und der mehrheitlich geringen Beschattung finden Wasserpflanzen im Einzugsgebiet des Furtbachs ideale Wachstumsbedingungen vor. Zur Zeit der Probenahme Mitte Juni waren knapp 20 % der untersuchten Gewässerstrecken stark verkrautet. Wie Beobachtungen aus anderen Jahren zeigen, nimmt die Verkrautung bis zirka Mitte August weiter zu, falls nicht aussergewöhnliche Sommerhochwasser zu einer vorzeitigen Dezimierung der Pflanzenbestände führen.

Die aquatische Vegetation verändert sich im Furtbach im Längsverlauf vom vegetationsarmen Bach zum Submersenbach. Der gute Zustand der Vegetation in einer Gewässerstrecke im Oberlauf (2 in Abbildung 28) weist darauf hin, dass das Potential für eine standortgerechte und vielfältige Vegetation vorhanden ist. Während sich die Vegetation in den ökomorphologisch ungenügend beurteilten Gewässerabschnitten (Tab. 6: 3, 6-10, 14-16) überwiegend in einem ungenügenden Zustand befand, wurde die Vegetation der 1993 revitalisierten Gewässerstrecken (4, 5) als sehr gut beurteilt.

Die Makroinvertebratenfauna im Furtbach weist an den meisten Probestellen einen mässigen bis schlechten Zustand auf. Auffällig ist insbesondere die abnehmende Artenvielfalt und Besiedlungsdichte im Fliessverlauf des Furtbachs. Hauptursache für diese Verschlechterung im Gewässerverlauf dürfte die zunehmende Belastung des Wassers mit Pestiziden aus dem intensiven Gemüseanbau und aus der Siedlungsentwässerung sein. Zusätzliche Belastungen durch Nährstoffe und Schwermetalle können ebenfalls zur beobachteten Faunenverarmung beitragen. Somit kann sich auch in Abschnitten mit gutem ökomorphologischem Zustand keine standorttypische Invertebratenfauna im Furtbach ansiedeln.

Fische gelten wie die Makroinvertebraten als „Gesamtindikatoren“ für Beeinträchtigungen des Gewässerraums, der Wasserführung und der Wasserqualität. Im Furtbach bestehen sowohl in Bezug auf die Wasserqualität als auch auf die Wasserführung grosse Defizite, und trotz vieler revitalisierter Strecken ist der Furtbach als Lebensraum für Fische noch nicht ideal ausgestaltet. Die Bewertung der Fischfauna mittels des BAFU - Moduls Fische ergibt im gesamten Bach, ausser oberhalb der ARA Buchs (6), einen mässigen oder unbefriedigenden Zustand. Andere Untersuchungen bescheinigen dem Furtbach jedoch eine vielfältige, durch Cypriniden (Karpfenartige) geprägte Fischfauna. Da Cypriniden im BAFU - Modul für die Bewertung der Fischfauna kaum relevant sind, wird diese Bewertung den tatsächlichen Verhältnissen kaum gerecht. Die BAFU - Methode scheint für ein Gewässer vom Typ Furtbach daher nicht geeignet zu sein.

### Reppisch und Seitenbäche

Die Reppisch entwässert ein Einzugsgebiet von zirka 67 km<sup>2</sup>. Der Siedlungsanteil liegt oberhalb von Birmensdorf (17-18) bei zirka 6 % und steigt von Birmensdorf bis Dietikon von 10 % auf 15 % an. 46 % der Einzugsgebietsfläche wird intensiv landwirtschaftlich genutzt, Wald macht 38 % der Fläche aus. Die Reppisch hat ein mittleres Gefälle von 0.8 %, der Abfluss steigt vom Auslauf aus dem Türlensee (17) bis zur Mündung in die Limmat (23) von 100 l/s auf über 1100 l/s. Auf der knapp 30 km langen Fließstrecke zwischen dem Abfluss aus dem Türlensee (615 m ü. M.) und der Mündung in die Limmat (385 m ü. M.) leiten die ARA Birmensdorf und die ARA Rudolfstetten (AG) gereinigtes Abwasser ein. Bei Trockenwetterabfluss kann der Anteil von gereinigtem Abwasser bis 11 % des Abflusses betragen. Die zahlreichen, meist kleinen Seitenbäche entspringen in den relativ steilen und bewaldeten Talflanken und münden nach kurzer Fließstrecke in die Reppisch.

Tab. 7: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse: Reppisch und Seitenbäche.

Nr.	Stellenname	Ökomorphologie	Abflussverhältnisse	Wasserqualität					Sedimente					Biologie								
				Ammonium	Nitrit	Nitrat	Phosphat	DOC	Herbizide	Insektizide	Kupfer	Zink	Blei	Cadmium	Quecksilber	Nickel	Crom	Kieselalgen	Verkrautung	Vegetation	Makroinvertebraten	SPEAR <sub>pesticides</sub>
17	Reppisch Abfluss Türlensee	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
18	Reppisch bei Stallikon	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
19	Reppisch nach Birmensdorf	mässig	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
20	Reppisch vor ARA Birmensdorf	unbefriedigend	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
21	Reppisch nach ARA Birmensdorf	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
22	Reppisch nach Rummelbach	keine Beurteilung	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
23	Reppisch bei Dietikon	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
24	Wüeribach vor Birmensdorf	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
25	Aescherbach vor Birmensdorf	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
26	Lunnerenbach vor Reppisch	keine Beurteilung	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut

Der ökomorphologische Zustand der Reppisch ist heute überwiegend wenig beeinträchtigt bis natürlich/naturnah (Abb. 4). Im Oberlauf der Reppisch wurden, seit der ersten ökomorphologischen Erhebung in den Jahren 1997 – 1999, die langen, künstlich/naturfremden Gewässerabschnitte unterhalb vom

Göttschhof und zwischen Aumühli und Gamlikon, sowie der stark beeinträchtigte Gewässerabschnitt unterhalb von Landikon revitalisiert. Zudem wurden in den letzten Jahren auch zwischen Birmensdorf und Dietikon verschiedene Aufwertungsmaßnahmen umgesetzt. Damit befinden sich oberhalb von Birmensdorf bis zum Türlensee nur noch kurze Gewässerabschnitte in den Siedlungen von Chloster und Landikon in ökomorphologisch ungenügendem Zustand. Das grösste Defizit im Oberlauf der Reppisch ist eine vierzig Meter lange Eindolung kurz unterhalb des Seeabflusses, welche die Durchgängigkeit zum Türlensee stark beeinträchtigt. Längere Abschnitte in ungenügendem ökomorphologischem Zustand finden sich zudem im Siedlungsgebiet von Birmensdorf und Dietikon, wo zusätzlich verschiedene hohe Abstürze und eine längere Eindolung die Durchgängigkeit beeinträchtigen. Die Seitenbäche sind im Oberlauf meist natürlich/naturnah oder wenig beeinträchtigt. Im Unterlauf, wo sie den Wald verlassen und durch Landwirtschafts- oder Siedlungsgebiet fließen, weisen sie dagegen häufig einen stark beeinträchtigten Zustand auf oder sind eingedolt und durch Abstürze vom Hauptgewässer abgekoppelt.

Die Abflussverhältnisse wurden im ganzen Einzugsgebiet als gut bis sehr gut beurteilt.

Auch die Zielvorgaben an die Wasserqualität wurden grösstenteils eingehalten. Lediglich unterhalb der ARA Birmensdorf und Rudolfstetten (21-22) wurden erhöhte Phosphatwerte, bei Dietikon (23) zusätzlich erhöhte Nitratkonzentrationen festgestellt.

Erhöhte Pestizidkonzentrationen traten in der Reppisch unterhalb von Birmensdorf (20, 21, 23) sowie in den untersuchten Zuflüssen (24-26) auf. Das Qualitätskriterium für die akute Toxizität wurde nie überschritten. Der mässige Zustand der Reppisch vor und nach ARA Birmensdorf (20, 21) bezüglich der Herbizide ist auf erhöhte Konzentrationen verschiedener Wirkstoffe aus der Substanzklasse der Triazine und Phenylharnstoffe zurückzuführen. Unterhalb der ARA Birmensdorf (21) waren die Konzentrationen der Schadstoffe etwas tiefer als oberhalb der ARA (20). Als Verursacher dürfte deshalb die Landwirtschaft im Vordergrund stehen. Der mässige resp. unbefriedigende Zustand bezüglich der Insektizide unterhalb der ARA Birmensdorf (21-23) ist auf erhöhte Konzentrationen von Diazinon zurückzuführen, welches sowohl aus der Landwirtschaft als auch über nicht landwirtschaftliche Anwendungen in die Gewässer gelangen kann. Die Anforderung der GSchV von 0.1 µg/l wurde an jeder Messstelle im Durchschnitt zwölfmal überschritten.

Leicht erhöhte Nickelkonzentrationen in den Sedimenten wurden in der Reppisch beim Abfluss aus dem Türlensee (17) und bei Stallikon (18) festgestellt. Es ist davon auszugehen, dass die Belastung aus einer stillgelegten Deponie stammt, die im KbS als Standort ohne schädliche oder lästige Einwirkung klassiert wurde. Da die Deponie direkt in die Reppisch entwässert, ist nicht auszuschliessen, dass trotzdem Schwermetalle aus der Deponie in die Reppisch gelangen.

Die Kieselalgen indizierten für die Reppisch bei Dietikon einen mässigen Zustand und bestätigen damit die Resultate der chemischen Untersuchungen, welche für diese Stelle eine erhöhte Nährstoffbelastung anzeigten.

Die Reppisch ist ein Gewässer, das natürlicherweise wenig bis keine höheren Wasserpflanzen beherbergt. Aufgrund der überwiegend kiesigen Gewässersohle, die bei erhöhtem Abfluss regelmässig umgelagert wird, können sich höhere Wasserpflanzen nicht dauerhaft ansiedeln und es traten deshalb auch keine Verkräutungen auf. Nur zwei Untersuchungsabschnitte (3, 4) mit stabili-

lem Sohlensubstrat wurden dem Typ Moosbach zugeordnet. Die mässige Bewertung der Reppisch beim Abfluss aus dem Türlerseer See ist auf eine zu geringe Anzahl Moostaxa zurückzuführen, deren Ursache unklar ist.

Die Makroinvertebratenfauna in der Reppisch und den untersuchten Seitenbächen war an den meisten Probestellen in einem guten bis sehr guten Zustand. Lediglich an zwei Stellen (24, 25) wurde der Zustand der Fauna als mässig beurteilt. Alle übrigen untersuchten Parameter und auch die übrigen biologischen Kenngrössen (Kieselalgen, Makrophyten und Fische) wiesen für diese beiden Stellen einen guten bis sehr guten Zustand aus. Es kann daher keine Ursache für die Defizite in der Makroinvertebratenfauna an den beiden Stellen ausgemacht werden.

Die Fische indizierten in allen Untersuchungsabschnitten, von Birmensdorf (20) bis zur Mündung in die Limmat (23), einen mässigen Zustand. Es ist wenig wahrscheinlich, dass die in diesen Untersuchungsabschnitten festgestellten erhöhten Konzentrationen an Nährstoffen oder Pestiziden als Ursache dafür in Frage kommen. Insbesondere auch deshalb nicht, weil sich die verminderte Wasserqualität mit einer Ausnahme (23) nicht messbar negativ auf die ebenfalls empfindlichen Makroinvertebraten ausgewirkt hat. Eher wahrscheinlich ist, dass der überwiegend stark beeinträchtigte ökomorphologische Zustand und verschiedene Durchgängigkeitsstörungen im Unterlauf der Reppisch für den mässigen Zustand der Fische verantwortlich sind.

### **Jonen und Seitenbäche**

Die Jonen entwässert ein Einzugsgebiet von zirka 38 km<sup>2</sup>. 55 % der Einzugsgebietsfläche wird landwirtschaftlich genutzt, wobei vor allem Getreideanbau und Milchwirtschaft betrieben werden. Die Siedlungen sind über das gesamte Einzugsgebiet verteilt und machen 16 % der Fläche aus. 28 % der Einzugsgebietsfläche sind von Wald bedeckt. Die Jonen hat ein mittleres Gefälle von 0.8 %, der mittlere Abfluss steigt von 50 l/s im ersten Untersuchungsabschnitt (27) auf über 700 l/s unterhalb von Zwillikon (33) an. Auf der gut 17 km langen Fliessstrecke zwischen der Quelle oberhalb von Hausen am Albis (589 m ü. M.) und der Mündung in die Reuss (456 m ü. M.) leiten die ARA Hausen und die ARA Zwillikon gereinigtes Abwasser ein. Hinzu kommt eine Vielzahl von Regenwassereinleitungen der Strassenentwässerung oder aus dem Trennsystem der Siedlungsentwässerung. Im Juli 2010 wurde die ARA Rifferswil aufgehoben und das Abwasser wird seither in der ARA Zwillikon gereinigt. Bei Trockenwetterabfluss kann der Anteil von gereinigtem Abwasser unterhalb von Zwillikon bis 22 % des Abflusses betragen. Bei den Seitenbächen handelt es sich häufig um längere, mehrfach verzweigte Gewässer. Die Oberläufe liegen in den bewaldeten Talflanken und weisen einen kleinen Abfluss und ein mittleres Gefälle auf. Sie entwickeln sich im Unterlauf zu Gewässern mit kleinem bis mittlerem Abfluss und geringem Gefälle.

Die Jonen befindet sich überwiegend in einem stark beeinträchtigten bis naturfremden ökomorphologischen Zustand (Abb. 4). Nur zwischen Rifferswil und Affoltern am Albis und unterhalb von Zwillikon befinden sich längere Gewässerstrecken in wenig beeinträchtigtem bis natürlich/naturnahem Zustand. Die Seitenbäche sind im bewaldeten Oberlauf meist natürlich/naturnah oder wenig beeinträchtigt. Sobald sie Landwirtschaftsland oder Siedlungsgebiet durchqueren weisen sie in der Regel einen stark beeinträchtigten oder künstlich/naturfremden ökomorphologischen Zustand auf.

Die Abflussverhältnisse wurden, ausser in zwei Untersuchungsabschnitten, als sehr gut beurteilt. In der Jonen vor und nach der Einleitung der ARA Zwillikon (32, 33) führte der Betrieb eines Kraftwerkes zu sprunghaften Veränderungen der Abflussmengen (Schwall/Sunk).

**Tab. 8: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse: Jonen und Seitenbäche.**

Zustand	Nr.	Stellenname	Ökomorphologie	Abflussverhältnisse	Wasserqualität					Sedimente						Biologie								
					Ammonium	Nitrit	Nitrat	Phosphat	DOC	Herbizide	Insektizide	Kupfer	Zink	Blei	Cadmium	Quecksilber	Nickel	Crom	Kieselalgen	Verkrautung	Vegetation	Makroinvertebraten	SPEAR <sub>pesticides</sub>	Fische
sehr gut																								
gut																								
mässig																								
unbefriedigend																								
schlecht																								
keine Beurteilung																								
	27	Jonen vor ARA Hausen	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
	28	Jonen nach ARA Hausen	gut	sehr gut	gut	gut	unbefriedigend	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
	29	Jonen vor ARA Rifferswil	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
	30	Jonen nach ARA Rifferswil	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
	31	Jonen nach Affoltern	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
	32	Jonen vor Einleitung ARA Zwillikon	gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
	33	Jonen nach ARA Zwillikon	gut	unbefriedigend	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
	34	Mülibach vor Jonen	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
	35	Haischerbach vor Jonen	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
	36	Schwarzenbach vor Jonen	gut	sehr gut	gut	gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
	37	Hofibach vor Hedigen	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut
	38	Hofibach nach Hedigen	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut

Die Zielvorgaben für die Wasserqualität wurden mehrheitlich eingehalten. Erhöhte Phosphatkonzentrationen traten unterhalb der ARA Hausen (28 -30), erhöhte Nitratkonzentrationen unterhalb der ARA Zwillikon (33) auf. Sie sind auf das ungünstige Verdünnungsverhältnis von gereinigtem Abwasser zu Bachwasser sowie die intensive landwirtschaftliche Nutzung und die dichte Besiedlung zurückzuführen. Die hohen DOC-Belastungen sind dagegen natürlichen Ursprungs und auf die Entwässerung von moorigen Flächen zurückzuführen.

Erhöhte Pestizidkonzentrationen traten an verschiedenen Messstellen auf, das Qualitätskriterium für die akute Toxizität wurde allerdings nie überschritten. Die Anforderung der GSchV von 0.1 µg/l dagegen wurde im Durchschnitt vierzehnmal an jeder Messstelle überschritten. Im Hofibach (37) wurden erhöhte Konzentrationen verschiedener Wirkstoffe aus der Substanzklasse der Triazine und Phenylharnstoffe festgestellt, im Schwarzenbach waren Wirkstoffe aus der Substanzklasse der Chloracetaniliden für den mässigen Zustand verantwortlich. Erhöhte Konzentrationen von Diazinon wurden an allen Messstellen nachgewiesen, die unterhalb von ARAs liegen (28-33).

Die Schwermetallbelastung ist im gesamten Einzugsgebiet sehr gering. Erhöhte Zinkkonzentrationen traten unterhalb der ARA Rifferswil (29) auf, wo kurz oberhalb zusätzlich eine Einleitung aus der Strassenentwässerung einmündet.

Die Kieselalgen indizierten trotz erhöhter Nährstoffbelastung in wenigen Untersuchungsabschnitten einen guten bis sehr guten Zustand.

Die Jonen und ihre Seitenbäche sind über weite Strecken relativ stark beschattet und werden aufgrund des stabilen Sohlensubstrates meist dem Typ Moosbach zugeordnet (28 - 30, 32 - 33). Verkrautungen traten keine auf. Der

Zustand der Vegetation wurde bis auf zwei Untersuchungsabschnitte als gut bis sehr gut beurteilt. Einen schlechten Zustand wies die Jonen vor ARA Hausen (27) und der Mülibach vor Jonen (34) auf. Beide Untersuchungsabschnitte sind wenig beschattet und werden dem Typ Helophytenbach zugeordnet. Sie haben eine stark verbaute Sohle und einen vollständig verbauten Böschungsfuss, was die schlechte Bewertung zu erklären vermag. Zudem weisen beide Untersuchungsabschnitte 500 m flussaufwärts ein Gefälle grösser als 2 % auf. Helophyten haben ihre Hauptverbreitung unterhalb von 2 % Gefälle. Es erscheint plausibel, dass die Artenvielfalt eines Untersuchungsabschnittes im Übergangsbereich zu Abschnitten mit ungünstigen Lebensbedingungen auch natürlicherweise eingeschränkt ist.

Die Makroinvertebratenfauna befand sich an sämtlichen Probestellen in gutem oder sehr gutem Zustand. Die stellenweise mässigen Belastungen durch Pestizide und Nährstoffe sowie ungünstige ökomorphologische Zustände und Abflussverhältnisse können möglicherweise durch stetige Zuwanderung von Invertebraten aus obliegenden unbelasteten Abschnitten und kleinen Seitenbächen kompensiert werden.

Der Zustand der Fische wurde bis auf zwei Untersuchungsabschnitte als gut bis sehr gut beurteilt. Die schlechten hydrologischen Bedingungen sowie die eingeschränkte Durchgängigkeit dürften für den mässigen Zustand der Fische in diesen beiden Untersuchungsabschnitten (31, 32) verantwortlich sein.

## 4.2 Vergleich mit früheren Messkampagnen

### **Ökomorphologie**

Vergleicht man den ökomorphologischen Zustand aller bisher untersuchten Einzugsgebiete (Tab. 9) zeigt sich, dass der ökomorphologische Zustand im Einzugsgebiet der Jonen und von Glatt/Greifensee am stärksten von den Zielvorgaben abweicht. Am Furtbach ist der heutige Zustand besser als in Tabelle 9 dargestellt, da die in den letzten Jahren durchgeführten Revitalisierungen bei der Zustandsbewertung noch nicht berücksichtigt werden konnten. Für einen Bach, der durch stark besiedelte und landwirtschaftlich intensiv genutzte Flächen fliesst, weist der Furtbach einen hohen Anteil an Strecken in ökomorphologisch befriedigendem Zustand auf. Die Reppisch und ihre Seitenbäche besitzen einen vergleichsweise hohen Anteil an wenig beeinträchtigten bis natürlichen Gewässerabschnitten. Auch im Einzugsgebiet von Sihl/Limmat/Zürichsee befinden sich viele Abschnitte in einem ökomorphologisch genügenden Zustand. Im Gegensatz zum Einzugsgebiet der Jonen oder von Glatt/Greifensee sind aber im Einzugsgebiet von Sihl/Limmat/Zürichsee grosse regionale Unterschiede vorhanden. Stark verbaute Gewässerabschnitte kommen in den Siedlungen am linken und rechten Zürichseeufer vor, die zusätzlich einen hohen Anteil eingedolter Bäche aufweisen. Dagegen sind im Sihltal an den Flanken zum Uetliberg, am Albis, Höhronen und Zimmerberg, entlang des Pfannenstiels und im Einzugsgebiet der Jona viele Gewässerabschnitte in gutem bis sehr gutem ökomorphologischem Zustand zu finden.

### **Wasserführung**

In allen untersuchten Einzugsgebieten ausser im Einzugsgebiet der Reppisch liegen Beeinträchtigungen der Abflussverhältnisse vor. Als Folge von Wasserkraftnutzungen treten sprunghafte Veränderungen der Abflussmengen auf (Schwall/Sunk) oder die Restwassermengen sind so gering, dass die ökologi-

sche Funktionsfähigkeit der Gewässer nicht mehr gewährleistet ist. Wasserentnahmen zur Bewässerung von landwirtschaftlichen Kulturen können ebenfalls zu geringe Restwassermengen zur Folge haben.

**Tab. 9:** Zusammenfassung nach Kenngrössen für die seit 2004 untersuchten Einzugsgebiete. Dargestellt sind die Anzahl untersuchten Stellen pro Einzugsgebiet und Kenngrösse sowie die Anzahl Stellen in %, welche die Zielvorgaben erfüllen.

	Anzahl Proben pro Stelle	Anzahl untersuchte Stellen					Erfüllung Zielvorgabe [%]					
		08	09	09	06/07	04/05	08	09	09	06/07	04/05	
		Furtbach	Jonen	Reppisch	Sihl Limmat Zürichsee	Glatt Greifensee	Furtbach	Jonen	Reppisch	Sihl Limmat Zürichsee	Glatt Greifensee	
<b>Ökomorphologie</b>	(erhobene km)	83 km	92 km	149 km	847 km	715 km	40	35	54	59	39	
<b>Abflussverhältnisse</b>		16	12	9	38	41	75	83	100	89	93	
<b>Wasserqualität</b>	Ammonium	24	14	12	10	38	43	100	100	100	95	93
	Nitrit	24	14	12	10	38	43	93	100	100	90	95
	Nitrat	24	14	12	10	38	43	36	92	90	87	58
	Phosphat	24	14	12	10	38	43	64	70	75	63	74
	DOC	24	14	12	10	38	43	71	25	100	50	83
	Herbizide	16	11	12	8	38	43	55	83	75	98	95
<b>Sediment</b>	Insektizide	16	11	12	8	38	43	36	50	75	85	61
	Pestizide Anf. GSchV	16	11	12	8	38	43	9	8	25	76	56
<b>Sediment</b>	Kupfer	1	16	12	10	38	43	31	100	100	74	30
	Zink	1	16	12	10	38	43	19	92	100	74	28
	Blei	1	16	12	10	38	43	88	100	100	100	86
	Cadmium	1	16	12	10	38	43	94	100	100	100	93
	Quecksilber	1	16	12	10	38	43	100	100	100	100	98
	Nickel	1	16	12	10	38	43	100	100	80	100	98
	Chrom	1	16	12	10	38	43	100	100	100	100	100
<b>Biologie</b>	Kieselalgen	2	23	16	14	96	102	70	94	93	97	85
	Verkrautung	1	34	26	22	121	193	82	96	95	94	74
	Vegetation	1	24	22	11	87	152	38	68	54	60	48
	Makroinvertebraten	2	14	12	10	37	42	7	100	80	46	17
	Fische	1	6	10	7	25	21	17	80	57	80	33
<b>Äusserer Aspekt</b>	Eisensulfid	2	16	12	10	95	100	81	100	100	94	81
	Schlamm	2	16	12	10	96	102	81	100	100	97	83
	heterotropher Bewuchs	2	16	12	10	95	100	75	100	100	93	89
	Kolmation	2	16	12	10	96	102	38	75	80	74	30
	Veralgung	2	16	12	10	96	102	100	83	100	98	89

### Wasserqualität

Die Einzugsgebiete unterscheiden sich stark hinsichtlich der Belastung mit Nährstoffen und organischen Stoffen. Die Zielvorgaben für Ammonium und Nitrit, welche in höheren Konzentrationen toxisch sind für die Organismen im Wasser, können in allen Einzugsgebieten an mindestens 90 % der Probestellen erfüllt werden. In den Einzugsgebieten von Jonen und Reppisch können auch die Zielvorgaben für Nitrat in mindestens 90 % der Untersuchungsabschnitte eingehalten werden. Deutlich nicht erfüllt werden hingegen die Zielvorgaben für Nitrat in den Einzugsgebieten von Furtbach und Glatt/Greifensee und auch die Zielvorgaben für Phosphat werden in allen Einzugsgebieten nicht erreicht. Nitrat, Phosphat und DOC sind zwar für die Organismen im Gewässer nicht toxisch, jedoch aus anderen Gründen, u.a. dem Trinkwasser-

schutz, in erhöhten Konzentrationen in den Gewässern unerwünscht. Zu erhöhten Konzentrationen an Nährstoffen und organischen Stoffen kommt es hauptsächlich unterhalb von ARAs mit schlechtem Verdünnungsverhältnis von gereinigtem Abwasser zu Bachwasser und durch Entlastungen aus der Siedlungsentwässerung bei Regenereignissen.

Pestizide gelangen sowohl über die ARAs als auch durch landwirtschaftliche Anwendungen in die Fliessgewässer. Die Einträge aus der Landwirtschaft sind nicht nur von der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Einzugsgebiet abhängig, sondern auch von der Intensität der landwirtschaftlichen Produktion. Das Einzugsgebiet des Furtbachs ist das am stärksten mit Pestiziden belastete Einzugsgebiet, wobei der landwirtschaftlich genutzte Flächenanteil mit anderen Einzugsgebieten vergleichbar ist. Im Einzugsgebiet des Furtbachs wird jedoch intensiver Gemüseanbau betrieben, während in den Einzugsgebieten von Reppisch und Jonen hauptsächlich Getreideanbau und Milchwirtschaft betrieben werden. Allerdings werden auch in diesen Einzugsgebieten die Zielvorgaben deutlich verfehlt. Die Zielvorgaben für die Insektizide werden dabei deutlich häufiger überschritten als die Zielvorgaben für die Herbizide. Nur in den Einzugsgebieten von Sihl/Limmat/Zürichsee sowie von Glatt/Greifensee werden die Zielvorgaben für die Herbizide zu über 90 % eingehalten.

Die für die Beurteilung der Schwermetallkonzentration in den Sedimenten verwendeten Zielvorgaben der deutschen LAWA gelten als Werte für deutlich erhöhte Konzentrationen im Vergleich zur Hintergrundbelastung. In den am dichtesten besiedelten Einzugsgebieten von Furtbach und Glatt/Greifensee werden die Zielvorgaben für Kupfer und Zink deutlich, in den Einzugsgebieten von Jonen sowie Sihl/Limmat/Zürichsee knapp überschritten. Unsere bisherigen Untersuchungen deuten darauf hin, dass mit zunehmendem Siedlungsanteil die Kupfer- und Zinkbelastung der Fliessgewässersedimente zunimmt, wobei das Verhältnis von Kupfer zu Zink erstaunlich konstant ist. Abweichungen vom normalen Kupfer-Zink-Verhältnis weisen dabei häufig auf zusätzliche Belastungsquellen wie Rebberge oder Industrie- und Deponiestandorte hin. Solche punktuellen Quellen dürften auch für die in verschiedenen Einzugsgebieten festgestellten erhöhten Konzentrationen an Blei, Cadmium und Nickel verantwortlich sein.

### **Biologischer Zustand**

Die Kieselalgen, welche als biologische Zeiger für die Wasserqualität verwendet werden, indizierten nur in den Einzugsgebieten von Glatt/Greifensee und Furtbach (Tab. 9) eine ungenügende Wasserqualität. In diesen Einzugsgebieten werden auch die Zielvorgaben für Nitrat deutlich überschritten.

Zu starken Verkrautungen kommt es ebenfalls nur in den Einzugsgebieten von Glatt/Greifensee und Furtbach. Diese Einzugsgebiete weisen einen höheren Anteil an Gewässern auf, welche Wasserpflanzen ideale Wachstumsbedingungen bieten. In den Einzugsgebieten von Sihl/Limmat/Zürichsee sowie von Jonen und Reppisch sind deutlich weniger Bäche mit geringem Gefälle und geringer Beschattung vorhanden, in welchen Verkrautungen normalerweise auftreten.

Der Zustand der Vegetation ist in allen Einzugsgebieten ungenügend. Am schlechtesten schneiden wiederum die Einzugsgebiete Furtbach sowie Glatt/Greifensee ab, wo weniger als 50 % aller Untersuchungsabschnitte einen genügenden Zustand aufweisen. Ein Grund für den unbefriedigenden Zustand der Vegetation in diesen Einzugsgebieten dürfte die Beeinträchtigungen des Lebensraumes sein. Besonders zu erwähnen sind in diesem Zusammen-



hang der ökomorphologisch ungenügende Zustand vieler Gewässer sowie die teilweise starke Kolmation der Gewässersohle.

Makroinvertebraten und Fische gelten als biologische „Gesamtindikatoren“ für Beeinträchtigungen des Gewässerraums, der Wasserführung und der Wasserqualität. Ausser im Einzugsgebiet der Jonen, wo sich die Makroinvertebraten trotz verschiedener festgestellter Belastungen in diesen Bereichen in einem sehr guten Zustand befinden, können in allen anderen Einzugsgebieten die Zielvorgaben nicht erfüllt werden. Insbesondere in den Einzugsgebieten von Furtbach und Glatt/Greifensee befinden sich die Makroinvertebraten und Fische in einem schlechten Zustand. Diese Einzugsgebiete weisen einen deutlich höheren Siedlungsanteil und schlechtere Beurteilungen bezüglich ökomorphologischem Zustand, Abflussverhältnissen und Wasserqualität auf (Tab. 9) als die anderen untersuchten Einzugsgebiete.

### 4.3 Defizite, Handlungsbedarf und Massnahmen

Im Folgenden werden für die Kenngrössen Ökomorphologie, Wasserführung und Wasserqualität in den Einzugsgebieten von Furtbach, Jonen und Rep-pisch der Handlungsbedarf zur Behebung der festgestellten Defizite aufgezeigt und bereits ergriffene oder geplante Massnahmen beschrieben.

#### **Ökomorphologie**

Der ökomorphologische Zustand als Indikator für die Lebensraumqualität ist in vielen Fliessgewässerabschnitten ungenügend. Zusätzlich behindern Durchgängigkeitsstörungen, wie z.B. Abstürze und Verrohrungen, die Wanderung der Fische und Makroinvertebraten. Durch geeignete Unterhaltsmassnahmen und Gewässerrevitalisierungen kann der Lebensraum der Fliessgewässer aufgewertet werden. Die meisten dieser Massnahmen zielen darauf ab, die natürliche Strukturvielfalt im Gewässer und angrenzenden Umland zu erhöhen sowie die natürliche Durchgängigkeit wieder herzustellen. Im Rahmen des Unterhalts können defekte harte Uferverbauungen durch Lebendverbau ersetzt oder Totholz und Wasserpflanzen nicht vollständig von der Bachsohle entfernt werden. Mit Revitalisierungen können Bäche ausgedolt, Aufstiegshindernisse beseitigt oder die Linienführung naturnäher gestaltet werden. Dadurch entstehen wieder vielfältige und vernetzte Lebensräume für Tiere und Pflanzen.

Neben Unterhaltsmassnahmen und Revitalisierungen tragen auch der planerische Schutz der Gewässer und die Schulung der für Unterhalt und Revitalisierung zuständigen Fachleute zur Verbesserung der Lebensraumqualität an den Gewässern bei. Das AWEL hat in Zusammenarbeit mit der Jagd- und Fischereiverwaltung in den letzten drei Jahren sechs Schulungsveranstaltungen für die Gemeinden im Kanton Zürich durchgeführt. Dabei wurde aufgezeigt, wie ein angepasster Unterhalt zur Aufwertung des Lebensraumes Fliessgewässer beitragen kann. Der Sicherstellung des minimalen Raumbedarfes zur Gewährleistung des Hochwasserschutzes und zur Erhaltung der Fliessgewässer als Lebensraum kommt dabei eine herausragende Bedeutung zu. Der Regierungsrat hat in seinen Legislaturzielen 2007-2011 beschlossen, dass der notwendige Raum hauptsächlich mit raumplanerischen Mitteln zu sichern ist. Der Kantonsrat hat die Schlüsselkurve zur Sicherstellung des minimalen Raumbedarfes des Leitbilds Fliessgewässer Schweiz bei der Teilrevision im kantonalen Richtplan verankert, wodurch sie, nach Genehmigung durch den Bund, behördenverbindlich wird.

Seit dem 1. Januar 2006 ist die Förderung der Revitalisierung der Gewässer im Kanton Zürich auf Verfassungsebene verankert. An einer entsprechenden Änderung des Wasserwirtschaftsgesetzes wird zurzeit gearbeitet. Bereits seit über 20 Jahren werden Wasserbauprojekte des AWEL in der Regel naturnah gestaltet. Für die Aufwertung der Fliessgewässer stand im Kanton Zürich seit 1989 ein Rahmenkredit von 18 Mio. Franken zur Verfügung. Damit wurden bisher rund 95 km Bäche und Flüsse geöffnet und wieder belebt. Der Rahmenkredit wurde Ende 2008 ausgeschöpft.

Im Januar 2011 werden Änderungen des Gewässerschutz- und des Wasserbaugesetzes auf Stufe Bund in Kraft treten. Die Änderungen verpflichten die Kantone den Gewässerraum auszuscheiden und in der Richt- und Nutzungsplanung zu berücksichtigen. Zudem müssen die Kantone Revitalisierungspläne erarbeiten, welche sicherstellen, dass die Mittel für Revitalisierungen möglichst hohe Wirkung erzielen. Sowohl Planungen wie auch Revitalisierungen werden künftig vom Bund finanziell unterstützt.

Am Furtbach wurden in den letzten 20 Jahren bereits verschiedene Massnahmen zur Verbesserung des ökomorphologischen Zustandes umgesetzt. Zwischen Regensdorf und Buchs wurde der Furtbach 1993, in Zusammenhang mit dem Ausbau des Rückhaltebeckens Wüeri, revitalisiert. Mit dem Bau des Golfplatzes im Jahr 2000 konnte der Furtbach zwischen Dänikon und Otelfingen aufgewertet werden. Im Massnahmenplan Wasser aus dem Jahr 2007 wurde gefordert, dass die Längsvernetzung des Furtbachs durch Aufweitung und Revitalisierung der noch nicht aufgewerteten Abschnitte mit hoher Priorität umzusetzen ist. Vorgesehen war, im Jahr 2008 mit der Realisierung zu beginnen. In der Folge wurde in Buchs im Jahr 2008 ein weiterer Streckenabschnitt revitalisiert. Im Jahr 2009 konnte, in Zusammenhang mit der Golfplatzenerweiterung, der Streckenabschnitt zwischen Otelfingen und der Mündung des Dorfbachs Otelfingen aufgewertet werden. Somit befinden sich im Streckenabschnitt zwischen der Kantonsgrenze bei Würenlos und Adlikon, wo der Furtbach durch den Kanton Zürich unterhalten wird, nur noch zwei Gewässerabschnitte in ökomorphologisch ungenügendem Zustand: der Abschnitt zwischen der Kantonsgrenze und der Mündung des Dorfbachs Otelfingen sowie der Abschnitt beim Furthof in Buchs. Da diese Gewässerabschnitte durch mögliche Bauvorhaben in näherer Zukunft beeinflusst werden könnten, ist ein Ausbau zurzeit nicht sinnvoll. Handlungsbedarf besteht zurzeit hauptsächlich beim längeren, teilweise noch eingedolten Abschnitt im Bereich von Regensdorf, der die Durchgängigkeit zum Katzenssee erschwert, und auch viele Seitenbäche im Bereich der Siedlungen oder im Landwirtschaftsland sind in einem ökomorphologisch ungenügenden Zustand. Diese Gewässerstrecken befinden sich nicht im kantonalen Unterhalt und müssten daher von den Gemeinden aufgewertet werden.

Im Rahmen des Naturschutz-Gesamtkonzeptes wurde die Reppisch, wie auch die Sihl und die Töss, als kantonale Schwerpunktgebiete festgelegt, in welchen ein durchgängiges und naturnahes Fliessgewässersystem geschaffen werden soll. In diesem Zusammenhang wurden in der Reppisch in den letzten Jahren umfangreiche Aufwertungsmassnahmen durchgeführt. Im Bereich von Stallikon wurde 1998 ein Ökokorridor geschaffen. Ein 10 km langer und bis 60 m breiter Geländestreifen wurde dank einer Landumlegung zu einer einzigen Reppischparzelle vereinigt. Mit dem Ziel, die Natürlichkeit des Gewässers langfristig zu bewahren und durch gezielte Pflege weiter zu fördern, wurden die Landwirte in die ökologische Bewirtschaftung der Ufersäume, Gehölze und den als Pufferzonen dienenden Mager- und Rietwiesen einbezogen. Die künstlich/naturfremden Gewässerabschnitte unterhalb vom Göttschhof wurden 1998, zwischen Aumühli und Gamlikon 2004 resp. 2009 revitalisiert. In Landikon fliesst die Reppisch seit Eröffnung des Uetlibergtunnels im Jahr 2009 in

einem neuen Flussbett, wo sie sich frei bewegen kann. Zudem wurde ein hoher künstlicher Absturz entfernt und damit die Längsvernetzung im Fluss wieder hergestellt. Damit befindet sich der Reppischoberlauf bis auf zwei künstlich/naturfremde Gewässerabschnitte im Bereich der Siedlungen Chloster und Landikon sowie einer eingedolten Strecke kurz unterhalb des Türlersees in einem wenig beeinträchtigten bis natürlich/naturnahen Zustand. Insbesondere der eingedolte Abschnitt, welcher die natürliche Durchgängigkeit zum Türlersee stark einschränkt, sollte in den nächsten Jahren revitalisiert werden. Im Reppischunterlauf unterhalb von Birmensdorf wurde als Ausgleichsmassnahme für die A3/A4 ein kanalisierter Abschnitt revitalisiert und dem Fluss ein bis 40 Meter breiter Gewässerraum zu Verfügung gestellt. Zurzeit wird im Gewerbegebiet Reppischhof vor Dietikon eine alte Wehranlage durch eine für Fische passierbare Sohlrampe ersetzt und verschiedene andere Aufwertungsmassnahmen umgesetzt.

Im Gegensatz zur Reppisch und zum Furtbach, die in den letzten Jahren in den Genuss zahlreicher ökomorphologischer Aufwertungsmassnahmen kamen, haben an der Jonen und ihren Seitenbächen erst vereinzelt Aufwertungsmassnahmen stattgefunden. In Zusammenhang mit dem Bau eines neuen Hochwasserrückhaltebeckens oberhalb von Affoltern am Albis wurde ein natürliches, für Fische durchgängiges Umgehungsgerinne geschaffen. In Rifferswil konnte, in Zusammenhang mit Hochwasserschutzmassnahmen, ebenfalls ein Gewässerabschnitt ökomorphologisch aufgewertet werden. Im gesamten Einzugsgebiet der Jonen besteht jedoch nach wie vor grosser Handlungsbedarf um den ökomorphologischen Zustand und die Längsvernetzung im Gewässersystem zu verbessern. Mit Landumlegungen am Hofibach und einigen Seitenbächen konnte bereits der Raumbedarf gesichert werden. Damit wurde eine günstige Ausgangslage für zukünftige Revitalisierungen geschaffen.

Mit Revitalisierungen kann der ökomorphologische Zustand der Gewässer und damit die Lebensraumqualität der Gewässer nachhaltig verbessert werden. Eine besonders grosse Wirkung wird erzielt, wenn die revitalisierten Abschnitte ökologisch vernetzt sind. Bereits der regionale Richtplan für das Furttal von 1998 beabsichtigt die Förderung der ökologischen Vernetzung entlang des Furtbachs. Im Rahmen der beiden Landschaftsentwicklungskonzepte (LEK) für das untere (1999) und das obere Furttal (2000) wurden eine Bestandsaufnahme und denkbare Aufwertungsmassnahmen für die ökologische Vernetzung erstellt. Die Bedeutung des Furtbachs und der Seitenbäche als Vernetzungskorridore wird beschrieben und festgestellt, dass zwar Ansatzpunkte einer Aufwertung bestehen, aber eine weitere Extensivierung der Ufernutzung und weitere Revitalisierungen erwünscht seien. Die Gemeinden Buchs, Dällikon, und Dänikon gehen noch weiter und sehen in ihrem regionalen Vernetzungsprojekt (2006) vor, die Querverbindung vom Altenberg über den Oberwiesenbach zum Furtbach und über den Bännengraben zum Lägerhang zu fördern.

Auch im Massnahmenplan Wasser aus dem Jahr 2007 werden Massnahmen zur Quervernetzung des Furttals gefordert. Zwei bis vier Vernetzungskorridore entlang von aufgewerteten Seitenbächen bis zum Furtbach sollen die seitlichen Hügelzüge von Lägern und Altenberg für gewässer- und bodengebundene Lebewesen miteinander vernetzen. Die Planung und Umsetzung der Massnahme soll erst in 3. Priorität, frühestens ab dem Jahr 2009 erfolgen. Zudem soll, zur Verbesserung der Lebensraumqualität an den Gewässern, ein Pflegekonzept für den Abschnitt des Furtbachs im kantonalen Unterhalt erstellt werden. Dieses soll in Zukunft als Musterbeispiel für kommunale Pflegekonzepte dienen und insbesondere fischökologischen Aspekten, u.a. einer ausreichenden Beschattung und Wassertiefe auch bei Niederwassersituatio-

nen, genügend Beachtung schenken. Der Kanton soll die Gemeinden bei der Erstellung und Umsetzung der kommunalen Pflegekonzepte unterstützen.

### Wasserführung

Im Furtbach unterhalb von Buchs wurden die Abflussverhältnisse als mässig beurteilt weil die für Trockenwetterabflüsse festgelegte Entnahmeregelung aus dem Jahr 1992 aus ökologischer Sicht ungenügend ist. Die bestehenden Konzessionen für die Wasserentnahme liefen Ende 2008 ab. Sie wurden bis maximal Ende 2013 verlängert. In dieser Zeit soll, wie im Massnahmenplan Wasser mit hoher Priorität gefordert, ein Nutzungsplan für die künftige Wasserentnahme im Furttal erarbeitet werden.

In Hinblick auf eine Verlängerung bestehender Wasserrechte müssen die geltenden Restwasservorschriften überprüft und an die Restwasser-Bestimmungen des GSchG angepasst werden. Diese haben zum Ziel, die Wasserentnahmen so zu begrenzen, dass ganzjährig ein Mindestabfluss erhalten bleibt. Bei der Festlegung der massgebenden Restwassermenge müssen dabei natürliche, d.h. nicht durch Entnahmen und Abwassereinleitungen gestörte Abflussverhältnisse zu Grunde gelegt werden. Eine im Jahr 2006 vom AWEL in Auftrag gegebene Restwasserstudie kommt zum Schluss, dass die minimale Restwassermenge im Furtbach bei Würenlos mindestens 160 l/s betragen muss. Eine Erhöhung der Mindestrestwassermenge aufgrund fischereirechtlicher Aspekte (Art. 31, Abs. 2 GSchG) bleibt vorbehalten. Aus den Seitenbächen wird in Zukunft keine Wasserentnahme mehr möglich sein, da dazu die Restwassermenge mindestens 50 l/s betragen muss (§ 24 Konzessionsverordnung zum Wasserwirtschaftsgesetz). Wasserentnahmen aus dem Oberlauf des Furtbachs, oberhalb der ARA Regensdorf sind aus Gründen des Naturschutzes nicht zulässig. Dieser Abschnitt ist ein wertvoller Lebensraum der Bachmuschel (*Unio crassus*), von denen in der Schweiz nur noch wenige Bestände in Fliessgewässern und Seen zu finden sind.

.....  
Literatur:  
Restwassermenge im Furtbach,  
Kanton Zürich. AWEL. 2009.

Bei der Verwendung des Furtbachwassers zu Bewässerungszwecken sind zudem die lebensmittelrechtlichen und hygienischen Aspekte zu beachten. Basierend auf diesen Grundlagen soll ein Nutzungsplan erarbeitet werden, der als Grundlage für die Neukonzessionierung dient. Der zukünftige Wasserbedarf soll ausgewiesen und alternative Wasserbeschaffungs- und Bewässerungsmöglichkeiten geprüft werden. Das AWEL strebt mit dem Nutzungsplan mittelfristig an, den Eintrag von Nährstoffen und Pestiziden in den Furtbach und das Grundwasser markant zu reduzieren und den spezifischen Wasserbedarf pro Fläche deutlich zu senken.

In der Jonen führt der Betrieb des Kraftwerkes Zwillikon zu sprunghaften Veränderungen der Abflussmengen (Schwall/Sunk) und damit ungenügenden Abflussverhältnissen. Die gesetzlich festgeschriebenen Mindest-Restwassermengen (Art. 31 ff GSchG) werden eingehalten, allerdings wird bei Sunk das Abwasser aus der ARA Zwillikon nur ungenügend verdünnt, was sich negativ auf die Wasserqualität auswirkt.

Das Kraftwerk Zwillikon ist in Besitz einer rechtskräftigen Konzession, die auf Ende 2020 befristet werden soll. Erst im Rahmen einer allfälligen Konzessionsverlängerung kann von den Kraftwerkbetreibern verlangt werden, die negativen Auswirkungen von Schwall/Sunk mit geeigneten Massnahmen zu beheben. Die Änderung des Gewässerschutzgesetzes, welche im Januar 2011 in Kraft tritt, führt im Fall von Zwillikon nicht früher zu einer Behebung der Mängel, verbessert den zukünftigen Schutz der Gewässer vor den negativen Auswirkungen durch Schwall/Sunk aber stark: bisher bestanden keine gesetzlichen Grundlagen zur Reduktion von Schwall-/Sunk-Defiziten. Mit der beschlossenen Änderung des Gewässerschutzgesetzes wird der Inhaber von

Wasserkraftwerken verpflichtet, wesentliche Beeinträchtigungen der einheimischen Tiere und Pflanzen sowie deren Lebensräume durch Schwall und Sunk mittels baulicher Massnahmen innert einer Frist von 20 Jahren nach Inkrafttreten dieser Bestimmung zu beseitigen. Die Kantone sind nach Artikel 83b GSchG verpflichtet, die notwendigen Sanierungsmassnahmen zur Beseitigung von Beeinträchtigungen durch Schwall und Sunk bei bestehenden Anlagen zu planen und die Fristen für deren Umsetzung festzulegen. Die Dringlichkeit der Sanierung richtet sich nach dem Grad der Beeinträchtigungen und dem ökologischen Potential des betroffenen Gewässers. Die Kantone legen die Planung zur Prüfung dem Bund vor und reichen den definitiven Massnahmenplan bis zum 31. Dezember 2014 ein. Darauf folgt eine Umsetzungsfrist von 16 Jahren.

## Wasserqualität

### ***Nährstoffe und organische Belastung***

Die Belastung der Fliessgewässer mit Nährstoffen und organischen Stoffen hat sich in den letzten Jahren deutlich verringert. Um die Wasserqualität weiter zu verbessern, sind Projekte zur Erweiterung und Sanierung von ARAs mit ungenügender Reinigungsleistung umzusetzen. Bei den übrigen ARAs ist der hohe Stand zu halten und dem technischen Fortschritt anzupassen.

Die ARA Rifferswil konnte die Einleitungsbedingungen für Ammonium und Nitrit schon seit einigen Jahren nicht mehr erfüllen. Da sie an ihre Kapazitätsgrenzen stiess und nicht mehr dem heutigen Stand der Technik entsprach, wurde eine Sanierung notwendig. Aufgrund einer Studie zur Evaluation verschiedener Sanierungsvarianten wurde beschlossen, die ARA Rifferswil aufzuheben und das Abwasser in der ARA Zwillikon zu reinigen. Die ARA Rifferswil wurde im Juli 2010 aufgehoben.

Ein besonderes Problem stellen ARAs an Gewässern mit ungenügendem Verdünnungsverhältnis von gereinigtem Abwasser zu Bachwasser dar. In Hinblick auf geplante Erweiterungen ist der Standort dieser ARAs kritisch zu hinterfragen. Dabei ist zu bedenken, dass in kleinen Bächen das gereinigte Abwasser einen grossen Anteil am Gesamtabfluss ausmachen kann und die Aufhebung einer ARA, zumindest während Trockenperioden, zu einem vorübergehenden Trockenfallen des Gewässers führen könnte.

Der Anteil an gereinigtem Abwasser am Gesamtabfluss des Furtbachs beträgt bei Trockenwetterabfluss bis zu 80% und ist damit überdurchschnittlich hoch. Die drei ARAs im Furttal sind technisch und baulich in einem unterschiedlichen Zustand. Infolge des erwarteten starken Wachstums im Furttal und der Alterung der ARAs besteht kurz- bis mittelfristig auf jeder Anlage ein mehr oder weniger ausgeprägter Ausbaubedarf. Das AWEL liess deshalb eine Konzeptstudie erarbeiten, die als Grundlage für die weitere Abwassersanierung im Furttal dienen soll. Die Studie kommt zum Schluss, dass längerfristig ein Anschluss der ARA Buchs und Otelfingen an die ARA Regensdorf anzustreben ist. Dies u.a. weil kleinere ARAs insbesondere gegen Belastungsschüsse weniger stabil sind und in Hinblick auf die Elimination von Mikroverunreinigungen der Betrieb einer grossen Anlage gegenüber mehreren kleineren Anlagen technisch und finanziell zweckmässiger ist. Gleichzeitig wird damit eine möglichst hohe Wassermenge im Furtbach auf der gesamten Fliessstrecke sichergestellt.

.....  
Literatur:  
Abwassersanierung Furttal, Konzeptstudie. AWEL, 2010.

Wie im Furtbach kommt es auch in der Jonen und der Reppisch unterhalb von ARAs - ab einem Abwasseranteil von über 10 % am Gesamtabfluss - zu er-

höhten Nitrat- und Phosphatkonzentrationen, welche die Anforderungen an die Wasserqualität nicht erfüllen. Entlastungen aus der Kanalisation und der Strassenentwässerung führen bei Regenereignissen zu einem zusätzlichen Eintrag von Nitrat, Phosphat und DOC in die Fliessgewässer. Im Rahmen des GEP-Checks ist deshalb zu überprüfen, ob die Rückhaltekapazitäten genügen oder allenfalls erweitert werden müssen.

Im Massnahmenplan Wasser für das Einzugsgebiet des Furtbachs wird gefordert, dass die nach der Umsetzung der generellen Entwässerungspläne verbleibende stoffliche und hydraulische Belastung des Furtbachs bestimmt werden muss und allenfalls Massnahmen zur weiteren Reduktion getroffen werden müssen. Im GEP für die Gemeinde Regensdorf aus dem Jahr 2009 wird der Furtbach in Hinblick auf seine stoffliche Belastbarkeit als Vorfluter mit hoher Empfindlichkeit eingestuft, weil er ein kleines natürliches Einzugsgebiet mit einem hohem Anteil an Zuflüssen aus der Siedlungsentwässerung besitzt. Bei Regenwetter kommt es zwischen Regensdorf-Watt und der Einleitung der ARA Regensdorf häufig zu Entlastungen aus der Mischwasserkanalisation. Zusammen mit der Strassenentwässerung führen diese zu einer negativen Geruchsentwicklung, zur Verschlammung der Gewässersohle mit Feinsedimenten sowie zur Bildung von Eisensulfidflecken und heterotrophem Bewuchs. Sowohl die Entladungsdauer als auch die Häufigkeit liegen deutlich über den vom AWEL akzeptierten Kennwerten. Modellrechnungen zeigen zudem auf, dass durch Entlastungsereignisse mehrere kritische Ammoniumereignisse pro Jahr auftreten und damit die Lebewesen im Furtbach akut gefährden. Im Rahmen des GEPs wird daher festgestellt, dass in Bezug auf die Wasserqualität ein dringender Handlungsbedarf besteht. Massnahmen zur Behebung der Defizite müssen im Rahmen des GEP geplant und umgesetzt werden.

Während die erhöhten DOC-Konzentrationen ab Regensdorf-Watt anthropogenen Ursprungs sind, weist der Furtbach-Oberlauf, als Abfluss aus dem Katzensee, natürlicherweise erhöhte DOC-Konzentrationen auf. Im Einzugsgebiet der Jonen sind die erhöhten DOC-Konzentrationen ebenfalls natürlich und werden durch die Entwässerung mooriger Einzugsgebiete verursacht.

In den untersuchten Einzugsgebieten trägt neben der Siedlungsentwässerung auch die intensive landwirtschaftliche Nutzung zur Nährstoffbelastung der Fliessgewässer bei. Ein wichtiger Einflussfaktor im Furttal ist die weit verbreitete Bewässerung der Gemüsekulturen. Wird Furtbachwasser zur Bewässerung eingesetzt, können ausgeschwemmte Pflanzenschutzmittel im Bachwasser aufkonzentriert werden, insbesondere wenn ein Teil des Bewässerungswassers über die Drainagen in den Furtbach zurückgelangt. Die Drainagen werden nach wie vor meist von Flurgenossenschaften unterhalten und befinden sich je nach Gemeinde und Zeitpunkt seit der letzten Melioration in einem unterschiedlichen Zustand. In Bezug auf den Unterhalt besteht in einzelnen Gemeinden Handlungsbedarf. Ineffiziente Bewässerungsmethoden mit übermässigem Wasserverbrauch fördern die Abschwemmung und Auswaschung von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln in die Gewässer zusätzlich. Mit der Förderung einer standortgerechten landwirtschaftlichen Bodennutzung, einer angepassten Bodenbearbeitung und dem sachgerechten Einsatz von Dünger können Abschwemmung und Erosion aus landwirtschaftlich genutzten Gebieten reduziert werden. Der landwirtschaftlichen Beratung kommt dabei eine Schlüsselstellung zu.

In einzelnen Gewässerabschnitten im Furttal traten erhöhte Nährstoffkonzentrationen auf, deren Ursache nicht geklärt werden können. So kam es im Dorfbach Otelfingen in den Jahren 2008/2009 erstmals seit 1985 wieder zu Nitritkonzentrationen, die als ungenügend beurteilt werden mussten. Da im Jahr

2010 bisher keine erhöhten Konzentrationen mehr auftraten, sind keine weiteren Massnahmen notwendig.

### ***Pestizide und Mikroverunreinigungen***

Die Gewässerschutzverordnung fordert, dass die Pestizidkonzentrationen in Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird, sowie in Fliessgewässern den Wert von 0.1 µg/l je Einzelstoff nicht überschreiten. Dieser Wert wurde festgelegt, um unser Trinkwasser zu schützen. Der einheitliche Wert von 0.1 µg/l ist allerdings nicht geeignet, um die Wirkung der Pestizide auf die Organismen im Wasser zu beurteilen, da er die sehr unterschiedliche Toxizität der Einzelstoffe nicht berücksichtigt. Deshalb wurde in dieser Arbeit das von Chèvre et al. entwickelte Konzept verwendet, das den spezifischen Auswirkungen der einzelnen Pestizide auf die aquatische Umwelt Rechnung trägt. Leider fehlt bisher eine schweizweit gültige Methode zur stoffspezifischen Beurteilung von Pestiziden.

Um die kritischen Mikroverunreinigungen zu eruieren und Massnahmen zu ihrer Reduktion zu erarbeiten, hat das BAFU mit Partnern aus kantonalen Verwaltungen, Forschung und Privatwirtschaft das Projekt „Strategie MicroPoll“ ins Leben gerufen. Im Rahmen dieses Projektes ist eine Arbeitsgruppe daran, eine Liste der relevanten Mikroverunreinigungen, zu denen auch die Pestizide gezählt werden, mit den Qualitätszielen für Fliessgewässer festzulegen. Dabei werden auch die im Rahmen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie erarbeiteten Stofflisten berücksichtigt. Anschliessend soll die Arbeitsgruppe ein Konzept vorlegen das erlaubt, die Mikroverunreinigungen zu beurteilen. Aufgrund der Beurteilung werden dann die Mikroverunreinigungen genannt, deren Eintrag in die Gewässer reduziert oder verhindert werden muss. Zugleich soll die Arbeitsgruppe Vorschläge machen, wie die Ziele erreicht werden können. Weiter wurde mit einem Pilotprojekt auf der ARA Wüeri in Regensdorf in den Jahren 2007/08 während 16 Monaten die Eignung der Ozonung als zusätzliche Reinigungsstufe für die Entfernung von Mikroverunreinigungen getestet. Das AWEL hat sich finanziell und personell an diesen Arbeiten beteiligt. Ein weiteres Pilotprojekt läuft gegenwärtig auf der ARA Lausanne.

Basierend auf den bisherigen Resultaten des Projekts „Strategie MicroPoll“ hat das BAFU einen Vorschlag zur Änderung der Gewässerschutzverordnung erarbeitet. Zwischen Dezember 2009 und April 2010 wurde hierzu eine Anhörung durchgeführt. Vorgesehen sind Massnahmen bei kommunalen ARA zur Verringerung der Mikroverunreinigungen in den Gewässern und damit zum Schutze des Ökosystems und der Trinkwasserressourcen. Die Vorlage sieht vor, die Investitionen von etwa 1,2 Milliarden Franken durch die betroffenen Anlagebetreiber bzw. ihnen angeschlossene Einwohner und Einwohnerinnen zu finanzieren. Der Vorlage wurde breit zugestimmt. Es wurde jedoch gefordert, dass der Ausbau verursachergerecht, mittels einer schweizweiten Abwasserabgabe und/oder einer Abgabe auf problematischen Stoffen zu finanzieren sei. Der Bundesrat hat sich im September 2010 bereit erklärt, verursachergerechte Finanzierungslösungen zu prüfen und die entsprechenden Rechtsgrundlagen zu schaffen. → [www.umwelt-schweiz.ch/MicroPoll](http://www.umwelt-schweiz.ch/MicroPoll)

Je nach Einsatzgebiet der Produkte, die Pestizide enthalten, unterscheidet man zwischen Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten. Der Umgang mit diesen Produkten ist in verschiedenen Gesetzen und Verordnungen geregelt, u.a. in der Pflanzenschutzmittel-Verordnung, in der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung und in der Biozidprodukteverordnung. Ziel dieser Gesetze ist es, Mensch und Umwelt vor gefährlichen Stoffen zu schützen. Zum Schutz des ökologischen Gleichgewichts beispielsweise verbietet die Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung die Verwendung von Pflanzenschutzmit-

teln in besonders sensiblen Umweltbereichen wie Grundwasserschutzzonen oder 3-Meter-Pufferzonen entlang von oberirdischen Gewässern. Ebenfalls verboten ist die Verwendung von Herbiziden auf Strassen, Wegen und Plätzen sowie Dächern und Terrassen.

Um die Pestizideinträge aus Landwirtschaft sowie Haus- und Gartenbereich in die Gewässer zu reduzieren, müssen die gesetzlichen Bestimmungen beachtet werden. In Zusammenarbeit mit anderen Vollzugsbehörden und Umweltschutzorganisationen plant das AWEL dazu verschiedene Projekte. Schulungen sollen die gute Praxis in der Landwirtschaft fördern und Informationskampagnen private Anwender von Pflanzenschutzmitteln über die umweltgerechte Verwendung und Entsorgung dieser Produkte aufklären. So wurde die Stiftung Praktischer Umweltschutz Schweiz Pusch vom AWEL beauftragt, im Furttal eine Kampagne zu planen und durchzuführen, welche die breite Bevölkerung des Furttals für einen sorgfältigen Umgang mit Pflanzenschutzmitteln sensibilisieren soll.

Als Quellen von Pestizidbelastungen kommen nicht nur Pflanzenschutzmittel in Frage, sondern auch Biozidprodukte. Pestizide aus Fassadenanstrichen z.B. werden durch Regen kontinuierlich ausgewaschen und in die Gewässer verfrachtet. Während bei den Pflanzenschutzmitteln die Problematik bekannt ist und fortlaufend Möglichkeiten gesucht werden, den Eintrag von Schadstoffen in Gewässer zu verringern, müssen bei den Biozidprodukten die Massnahmen zum Schutz der aquatischen Umwelt erst noch entwickelt werden. Eine gute Zusammenarbeit von Forschung, Industrie und Behörden soll diesen Prozess beschleunigen.

### **Schwermetalle**

Als Haupteintragswege für die Schwermetalle in die Fliessgewässer gelten Strassenabwassereinleitungen, abfliessendes Regenwasser von Gebäudehüllen über das Trennsystem und gereinigtes Abwasser. Mit verschiedenen Projekten werden zurzeit offene Fragen geklärt und Massnahmen zur Verringerung des Schadstoffeintrages in die Fliessgewässer und Seen erarbeitet.

Im Rahmen des Projektes „Massnahmenplan Strassenentwässerung“ wurde eine Priorisierung der Strassenabschnitte vorgenommen, an welchen Massnahmen zur Verringerung des Schadstoffaustrages oder der zu hohen hydraulischen Belastung eines Gewässers durch die Strassenabwassereinleitung prioritär umzusetzen sind. Derzeit wird die Strategie entwickelt, wie der Handlungsbedarf umzusetzen ist und welche standardisierten Anlagen zur Behandlung des Strassenabwassers an Staatsstrassen zum Einsatz gelangen sollen. Im Rahmen des Projektes „Leistungsbeurteilung von Strassenwasserbehandlungsanlagen“ wurde die Wirksamkeit der Reinigungsleistung einzelner Anlagen miteinander verglichen. Im Projekt „Belastung des Zürichsees durch die Strassenentwässerung“, wurde der Schadstoffeintrag aus der Strassenentwässerung, Regenüberläufen, ARAs und weiteren Quellen in den Zürichsee modelliert. Zudem wurden Massnahmen zur Reduktion der Schadstoffeinträge aus der Strassenentwässerung ansatzweise vorgeschlagen.

Die für die Beurteilung verwendeten Zielvorgaben der deutschen LAWA gelten als Werte für deutlich erhöhte Konzentrationen im Vergleich zur Hintergrundbelastung. Sie geben aber keine direkte Auskunft über die Toxizität für die Gewässerorganismen. Eine schweizweit gültige Methode zur Untersuchung und Beurteilung von Schwermetallen in Fliessgewässersedimenten muss noch festgelegt werden. Mit der zuständigen Stelle beim BAFU wurde diesbezüglich Kontakt aufgenommen. Die Thematik wurde vom BAFU mangels Kapazität zurückgestellt.



Im Einzugsgebiet des Furtbachs wurden im Harberenbach sehr hohe Schwermetallkonzentrationen im Wasser und Sediment festgestellt. Aufgrund zusätzlich durchgeführter Untersuchungen konnte der Verursacher identifiziert werden. Sofortmassnahmen wurden getroffen und der Verursacher zur Sanierung der Abwasserverhältnisse aufgefordert. Nach Abschluss der Sanierungsmassnahmen sollen die Schwermetallkonzentrationen im Wasser und Sediment des Harberenbachs überprüft werden.

Im Furtbach vor Büelkanal und vor Trockenlookanal wurden erhöhte Bleikonzentrationen festgestellt. Als Verursacher werden Industrie- und Deponiestandorte als Belastungsquellen vermutet. Um die Herkunft der Verschmutzung eindeutig zu identifizieren, sollen zusätzliche Messungen oberhalb und unterhalb der potentiellen Belastungsquellen durchgeführt werden. Falls die verdächtigsten belasteten Standorte für die Schwermetallbelastung verantwortlich sind, wird die Sektion Altlasten informiert und das weitere Vorgehen besprochen. Gleich vorgegangen wird für die leicht erhöhten Nickelkonzentrationen in der Reppisch beim Abfluss aus dem Türlensee und bei Stallikon.

Im Rahmen der generellen Entwässerungsplanung wurden in Regensdorf, wo verschiedene problematische Betriebe ansässig sind (Bauschutt- und Erdaufbereitungsanlagen, metallverarbeitende Betriebe), bereits verschiedene Massnahmen zur Reduktion der Schwermetallbelastung getroffen. Im Industriegebiet Wüeri wurde die Trennkanalisation saniert und Meteorwasserleitungen in Speicherkanäle umfunktioniert, die es ermöglichen, stark belastetes Meteorwasser bzw. den „First Flush“ zurückzuhalten und zur Behandlung auf die Kläranlage Regensdorf abzuleiten.

Im Einzugsgebiet des Furtbachs wird das Strassenabwasser heute zumeist in den Furtbach bzw. Katzenssee eingeleitet. Speziell zu beachten sind Fälle, in denen Strassenabwasser in die Drainagen eingeleitet wird, da die stoffliche und hydraulische Belastbarkeit des Furtbachs gering ist und das Bachwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung verwendet wird. Das Strassenabwasser aus der Autobahn-Nordumfahrung soll neu mittels einer Strassenabwasserbehandlungsanlage gereinigt und anschliessend in den Katzenbach eingeleitet werden, der im Einzugsgebiet der Glatt liegt. Die Strassenwassereinleitungen aus der N4 und N20 sowie der Umfahrung Uitikon in die Jonen und Reppisch erfolgen über diverse Behandlungsanlagen, wie Retentionsbodenfilter- oder Sandfilteranlagen.

## 5. ANHANG

### A1: Untersuchte Pestizide in den Einzugsgebieten von Furtbach, Jonen und Reppisch (2008/2009)

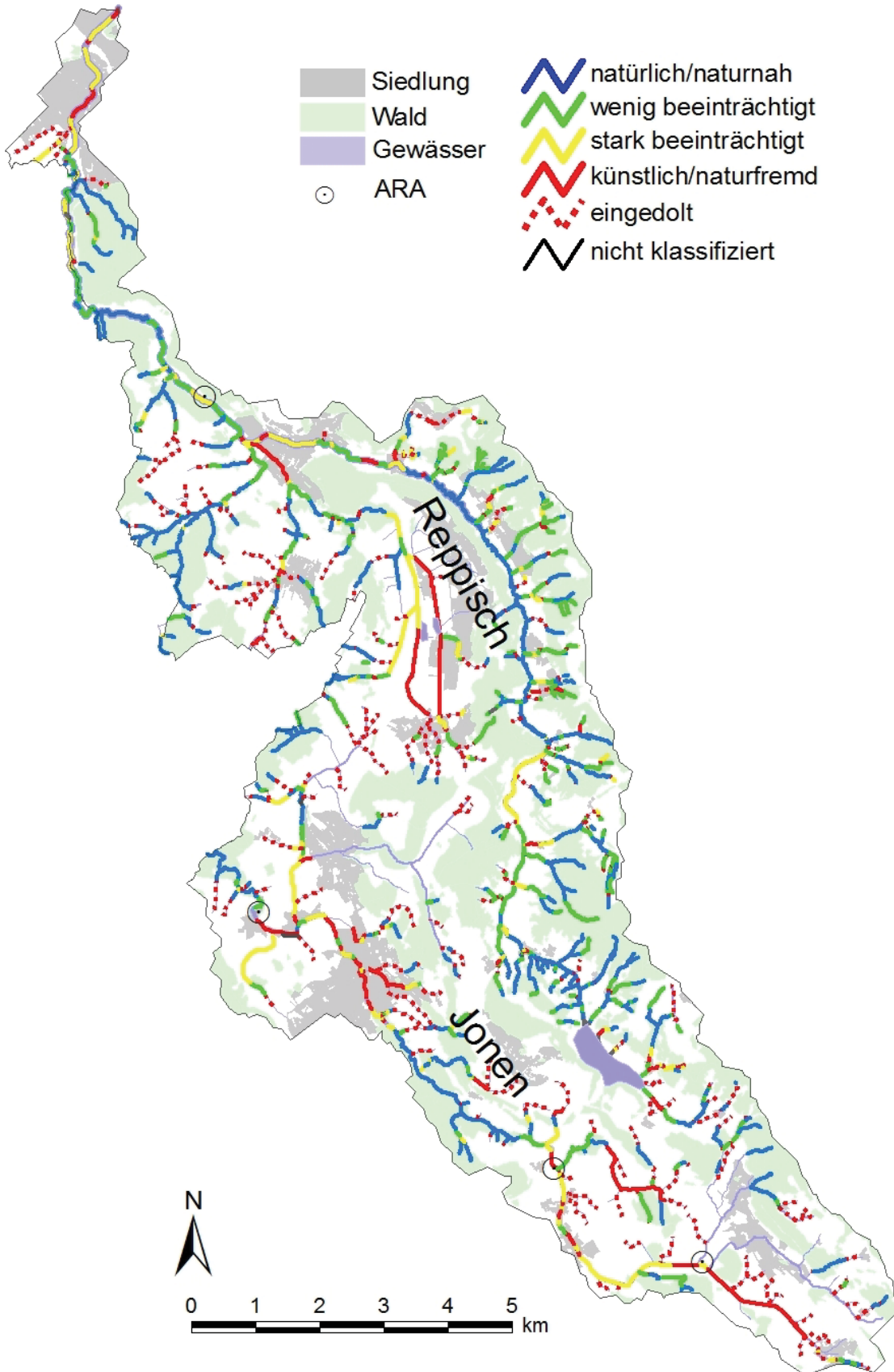
Verbindung	Substanzklasse	Wirkstoffgruppen	Beispiele für den Einsatz	Methode	BG in µg/l
2,4,5-T	Phenoxykarbonsäure	Herbizid	Getreide, Forst, Rasen	LC-MS	0.02
2,4-D	Phenoxykarbonsäure	Herbizid	Getreide, meist in Kombination	LC-MS	0.02
2,4-DB	Phenoxykarbonsäure	Herbizid	Getreide, Sojabohnen	LC-MS	0.02
2,6-Dichlorbenzamid	Amid	Herbizid	Abbauprodukt von Dichlobenil	GC-MS	0.02
Alachlor	Chloracetanilid	Herbizid	Mais	GC-MS	0.01
Atrazin	Triazin	Herbizid	Mais	GC-MS	0.01
Azoxystrobin	Strobilurin	Fungizid	Reben, Getreide	LC-MS/MS	0.01
Bentazon	Saures Herbizid	Herbizid	Getreide, Mais, Kartoffeln	LC-MS	0.02
Carbendazim	Benzimidazol	Fungizid	Biozid, Wizen, Obst, Gemüse	LC-MS/MS	0.01
Chloridazon	Pyridazon	Herbizid	Randen, Zuckerrüben, Futterrüben	LC-MS/MS	0.01
Chlorpyrifos	Organothiophosphat	Insektizid	Obst, Zierpflanzen, Stallspritzmittel	GC-MS	0.05
Chlortoluron	Phenylharnstoff	Herbizid	Wintergetreide	LC-MS/MS	0.02
Cyanazin	Triazin	Herbizid	Mais, Erbsen, Bohnen	LC-MS/MS	0.02
Cypermethrin	Pyrethroid	Insektizid	Raps	GC-MS	0.05
DEET	Diethyltoluamid	Repellent	Gegen Stechmücken	GC-MS	0.01
Desethylatrazin	Triazin	Herbizid	Abbauprodukt von Atrazin	GC-MS	0.01
Desisopropylatrazin	Triazin	Herbizid	Abbauprodukt von Atrazin	GC-MS	0.01
Diazinon	Organothiophosphat	Insektizid	Obst, Gemüse	GC-MS	0.01
Dichlobenil	Nitril	Herbizid	Unkraut, Ungräser	GC-MS	0.01
Dichlorprop	Phenoxykarbonsäure	Herbizid	Getreide	LC-MS	0.02
Dimethachlor	Chloracetanilid	Herbizid	Winterraps	GC-MS	0.01
Dimethenamid	Amid	Herbizid	Mais	GC-MS	0.01
Dimethoat	Organothiophosphat	Insektizid	Gegen Insekten u. Spinnmilben	GC-MS	0.01
Diuron	Phenylharnstoff	Herbizid	Obst, Reben, Spargel, Sträucher	LC-MS/MS	0.02
Ethofumesat	Sulfonat	Herbizid	Zucker- und Futterrüben	GC-MS	0.01
Fenoprop	Phenoxykarbonsäure	Herbizid	Zier- und Sportrasen	LC-MS	0.02
Fenpropimorph	Morpholin	Fungizid	Gelbrost, Braunrost, Mehltau	GC-MS	0.05
Fluroxypyr	Pyridin	Herbizid	Getreide, Mais	LC-MS	0.02
Hexazinon	Triazin	Herbizid	Totalherbizid	LC-MS/MS	0.02
Irgarol 1051	Methylthiotriazin	Antifouling	Anstriche	GC-MS	0.01
Isoproturon	Phenylharnstoff	Herbizid	Getreide	LC-MS/MS	0.02
Linuron	Phenylharnstoff	Herbizid	Mais, Soja, Reben, Obst, Gemüse	LC-MS/MS	0.02
Malathion	Organothiophosphat	Insektizid	Obst, Gemüse, Zierpflanzen	GC-MS	0.01
MCPA	Phenoxykarbonsäure	Herbizid	Getreide, Zier- und Sportrasen	LC-MS	0.02
MCPB	Phenoxykarbonsäure	Herbizid	Wiesen, Weiden und Beeren	LC-MS	0.02
Mecoprop	Phenoxykarbonsäure	Herbizid	Getreide, Rassen, Flachdächer	LC-MS	0.02
Metalaxyl	Acylanilid	Fungizid	Kartoffeln, Hopfen	GC-MS	0.02
Metamitron	Triazin	Herbizid	Zucker- und Futterrüben	GC-MS	0.05
Metazachlor	Chloracetanilid	Herbizid	Raps, Kohl	GC-MS	0.01
Methabenzthiazuron	Harnstoffderivat	Herbizid	Weizen	LC-MS/MS	0.02
Metobromuron	Phenylharnstoff	Herbizid	Feldsalat, Kartoffeln	LC-MS/MS	0.02
Metolachlor	Chloracetanilid	Herbizid	Mais	GC-MS	0.01
Metoxuron	Phenylharnstoff	Herbizid	Wintergetreide	LC-MS/MS	0.02
Monolinuron	Phenylharnstoff	Herbizid	Kartoffeln, Spargeln, Bohnen	LC-MS/MS	0.02
Napropamid	Amid	Herbizid	Raps, Erdbeeren, Tabak	GC-MS	0.02
Oxadixyl	Acylanilid	Fungizid	Reben, Kartoffeln, Tabak	GC-MS	0.05
Penconazol	Triazol	Fungizid	Reben, Kernobst	GC-MS	0.01
Pendimethalin	Dinitroanilin	Herbizid	Mais, Gerste, Soja, Kartoffeln, Erbsen	GC-MS	0.01
Permethrin	Pyrethroid	Insektizid	Mais, Kartoffeln, Raps, Rüben, Insektenspray	GC-MS	0.05
Pirimicarb	Carbamat	Insektizid	Gegen Blattläuse	GC-MS	0.01
Propachlor	Chloracetanilid	Herbizid	Kohl, Raps, Lauch, Fenchel, Radischen	GC-MS	0.01
Propazin	Triazin	Herbizid	Totalherbizid (in Kombination)	GC-MS	0.01
Propiconazol	Triazol	Fungizid	Gelbrost, Braunrost, Mehltau	GC-MS	0.02
Propyzamid	Amid	Herbizid	Obst, Salat, Ziergehölze	GC-MS	0.01
Sebuthylazin	Triazin	Herbizid	Nichtkulturland	LC-MS/MS	0.02
Simazin	Triazin	Herbizid	Kernobst, Gemüse, Beeren, Gehölz, Mais	GC-MS	0.01
Tebutam	Amid	Herbizid	Raps	GC-MS	0.01
Terbuthylazin	Triazin	Herbizid	Mais, Kartoffeln, Erbsen, Getreide	GC-MS	0.01
Terbutryn	Triazin	Herbizid	Wintergetreide, Kartoffeln	GC-MS	0.02
Triclopyr	Pyridin	Herbizid	Nichtkulturland	LC-MS	0.02

GC-MS Gaschromatographie-Massenspektrometrie  
 LC-MS Flüssigchromatographie-Massenspektrometrie  
 LC-MS/MS Flüssigchromatographie-Tandem-Massenspektrometrie  
 BG Bestimmungsgrenze



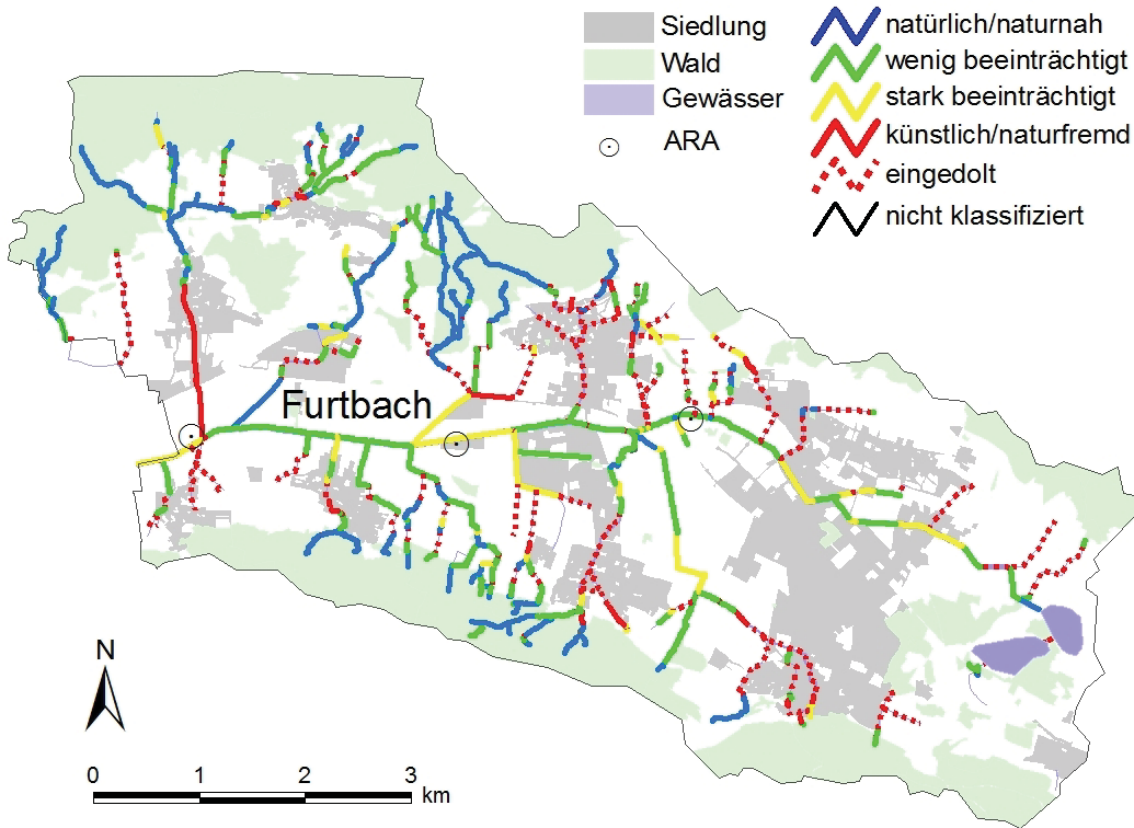
**A3a:** Zustandsklassen der ökomorphologischen Nachführung aus dem Jahr 2010 (provisorische Daten, Einzugsgebiet Jonen Daten unvollständig).

Einzugsgebiete Jonen und Reppisch



**A3b:** Zustandsklassen der ökomorphologischen Nachführung aus dem Jahr 2010 (provisorische Daten).

Einzugsgebiet Furtbach



Anteil der Zustandsklassen für die Einzugsgebiete Furtbach, Jonen und Reppisch in den Jahren 1997/99 im Vergleich zum Jahr 2010.

