

Wasserqualität der Seen, Fließgewässer und des Grundwassers im Kanton Zürich

Statusbericht 2006





Impressum

Herausgeber: AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft

Autoren Seen und Fließgewässer:

Dr. Pius Niederhauser, Projektleiter

Dr. Barbara Känel

Dr. Walo Meier

Autoren Grundwasser:

Dr. Walter Labhart (Dr. Heinrich Jäckli AG, Zürich)

Dr. Kurt Nyffenegger

Christian Balsiger (Kapitel Pflanzenschutzmittel und Komplexbildner)

Grafische Gestaltung: Roland Ryser, Gestalter FH, Zürich

Fotos: Ohne Vermerk - Fotos AWEL

Druck: Schneider Druck AG, Zürich

Auf 100 % Recyclingpapier gedruckt

Bezugsquelle:

AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft

Abteilung Gewässerschutz

Weinbergstrasse 17

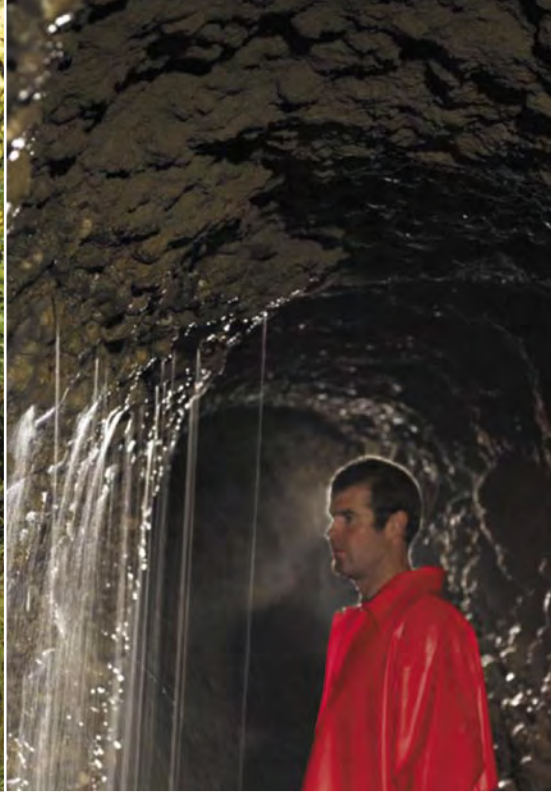
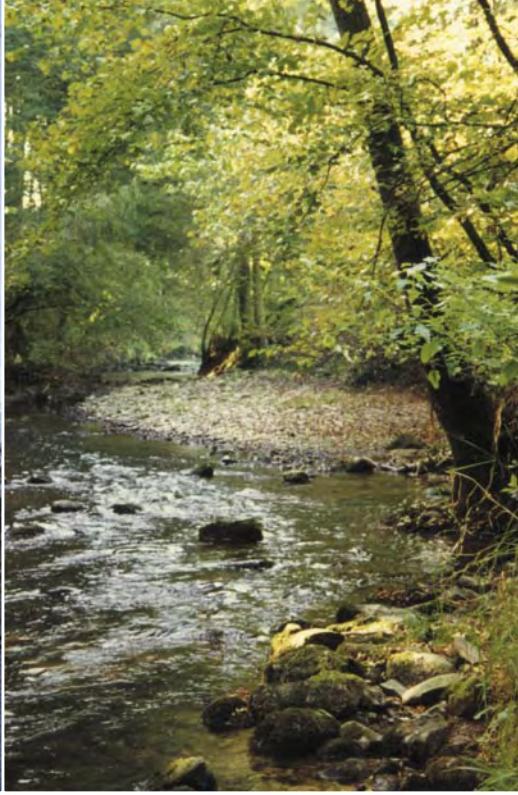
Postfach

8090 Zürich

pdf-File unter www.gewaesserschutz.zh.ch

© 2006, AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Nachdruck mit Angabe der Quelle gestattet

Vorwort	3	Hauptmessstellen		Grundwasser	
		Frachten	44	Bedeutung und Schutz des Grundwassers	90
Zusammenfassung		Töss bei Rämismühle	45	Quantitative Grundwasserüberwachung	
Seen	4	Töss bei Freienstein	46	Messnetz	93
Fliessgewässer	6	Kempt vor Töss	47	Messergebnisse und Bewertung	93
Grundwasser	8	Eulach vor Töss	48	Qualitative Grundwasserüberwachung	
Seen		Glatt Abfluss Greifensee	49	Einleitung	95
Lebensraum See	12	Glatt bei Oberglatt	50	Analytik und Messprogramme	96
Messprogramm und Beurteilung	14	Glatt vor Rhein	51	Grundwassertemperatur	97
		Limmat beim Hönggersteg (Zürich)	52	Bakteriologische Beschaffenheit	98
Grosse Seen		Limmat bei Dietikon	53	Gesamthärte	99
Zürichsee	16	Sihl bei Hütten	54	Chlorid	99
Greifensee	18	Sihl beim Sihlhölzli (Zürich)	55	Nitrat	100
Präffikersee	20	Reppisch bei Dietikon	56	Pestizide	101
Türlersee	22	Furtbach bei Würenlos	57	Schwermetalle	101
Hüttnersee	24	Aa bei Niederuster	58	Komplexbildner	102
		Jona nach ARA Zwillikon	60	Flüchtige halogenierte Kohlen- wasserstoffe (FHKW)	102
Kleinseen		Jona nach Rüti	61	Methyl-tertiär-Butyl-Ether (MTBE)	103
Grosser Husersee	26	Messkampagne in den Einzugsge- bieten von Glatt und Greifensee		Arzneimittel und weitere Mikro- verunreinigungen	104
Mettmenhaslisee	27	Einleitung	64	Glossar	105
Unterer Katzenssee	28	Resultate	66		
Lützelsee	29	Ökomorphologie	66		
Egelsee	30	Äusserer Aspekt	67		
Seeweidsee	31	Kieselalgen	70		
		Moose und Wasserpflanzen	71		
Fliessgewässer		Makroinvertebraten	74		
Einleitung	34	Fische	75		
Messprogramm und Parameter	35	Pestizide	76		
Beurteilungskriterien der chemischen Untersuchungen	37	Schwermetalle	80		
Kantonsübersicht chemische Paramter		Synthese	84		
Ammonium	38	Zusammenfassung nach Stellen	84		
Nitrit	39	Zusammenfassung nach Kenngrössen	86		
Nitrat	40				
Phosphat	41				
DOC	42				



Ein wichtiges Ziel des Gewässerschutzes ist die Versorgung der Bevölkerung mit einwandfreiem Trinkwasser. Ausser aus Grund- und Quellwasser wird dieses im Kanton Zürich auch aus Zürichseewasser gewonnen. Seen und Fließgewässer sind zudem wichtige Lebensräume für Tiere und Pflanzen, dienen als Erholungsräume für den Menschen und erfordern somit einen umfassenden Schutz. Eine einwandfreie Wasserversorgung sowie eine funktionierende Abwasserentsorgung und -behandlung bedingen technisch hochstehende Infrastrukturen. Ihr Wert beträgt im Kanton Zürich über 30 Milliarden Franken. Damit sie auch weiterhin ihre Zwecke zuverlässig erfüllen, sind ein sorgfältiger Betrieb sowie eine kontinuierliche bauliche und technische Erneuerung notwendig. Dazu werden auch künftig erhebliche Finanzmittel bereitzustellen sein. Für die gezielte Steuerung dieser Investitionen sind zuverlässige Informationen über den Zustand der Seen, der Fließgewässer und des Grundwassers erforderlich.

Untersuchungen an repräsentativen Messstellen bilden die Basis der Gewässerüberwachung im Kanton Zürich. Neben der Messung chemischer und physikalischer Kenngrößen verlangt eine ganzheitliche Bewertung der Gewässer auch Kenntnisse über den biologischen Zustand, die Ökonomie und die Abflussverhältnisse. Die langfristigen Messprogramme werden

daher mit speziellen Messkampagnen ergänzt. Ein modernes Gewässermonitoring dient auch der Früherkennung von Risiken und neuen Gefährdungen der Gewässer.

Der vorliegende Statusbericht zeigt neben der zeitlichen Entwicklung der verschiedenen Parameter die aktuelle Situation in unterschiedlichen Bereichen auf und vergleicht diese mit den jeweils massgebenden Anforderungen und Zielvorgaben. Die Bewertung der Resultate und die Quantifizierung der Zielerreichung wurden erstmals für den Kanton Zürich für die Oberflächengewässer und das Grundwasser gemeinsam und soweit möglich nach einem einheitlichen Konzept vorgenommen. Ausgehend von dieser Analyse wird der Handlungsbedarf abgeleitet, was die Setzung von Prioritäten bei der Planung der künftigen Gewässerschutzmassnahmen erlaubt.

Der Bericht belegt, dass die in den letzten Jahrzehnten getroffenen Massnahmen im Gewässerschutz und in der Landwirtschaft Wirkung gezeigt haben. Algenteppiche auf Seen und Schaumberge auf Fließgewässern gehören heute weitgehend der Vergangenheit an. Auch das Grundwasser ist meist von guter Qualität. Der Gewässerschutz stellt damit eine Erfolgsgeschichte dar, die ihresgleichen sucht. Ein grosser Dank gebührt in diesem Zusammenhang den Gemeinden, der Bevölkerung und der

Wirtschaft des Kantons Zürich für das Verständnis und den hohen finanziellen Einsatz sowie den Willen die Wasserqualität und die Gewässer stets zu verbessern.

Bei allen Erfolgen darf aber nicht vergessen werden, dass auch heute noch nicht alle Grundwasservorkommen und Seen als saniert gelten können und viele Fließgewässer keine funktionsfähigen Lebensräume für Tiere und Pflanzen darstellen. Zudem stellt die chemische Analytik und die Beurteilung der Auswirkungen von Mikroverunreinigungen wie hormonaktive Substanzen oder Arzneimittel eine neue und grosse Herausforderung dar. Allfällige Massnahmen zur Reduktion dieser Stoffe im Wasser müssen erst noch entwickelt werden.

Angesichts der zunehmenden Besiedlung unseres Kantons und der nach wie vor intensiven Nutzung der Böden stellt der Schutz der ober- und unterirdischen Gewässer auch in Zukunft eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Das AWEL wird den Auftrag zum nachhaltigen Schutz der Ressource Wasser nur gemeinsam mit den Gemeinden, der Wirtschaft und der Unterstützung der Bevölkerung sowie in enger Zusammenarbeit mit anderen Fachstellen von Bund und Kanton erfolgreich erfüllen können.

Dr. Jürg Suter, Chef AWEL

Entwicklung der Phosphorbelastung

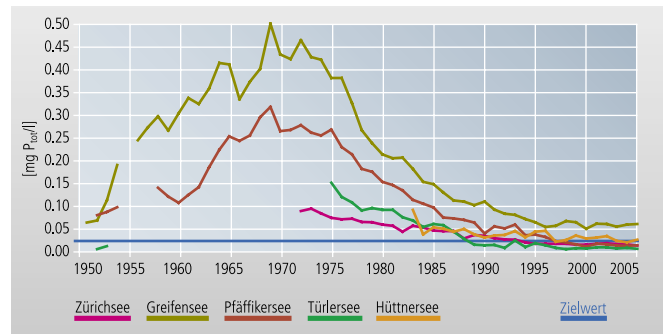
Das Algenwachstum in Seen wird durch Phosphor reguliert. In den vergangenen Jahrzehnten wurden daher erhebliche Anstrengungen unternommen, um den Zustand der Seen durch Reduktion der Phosphorbelastung zu verbessern. Dazu wurde die Siedlungsentwässerung ausgebaut und optimiert sowie die Reinigungsleistung der Abwasserreinigungsanlagen (ARA) kontinuierlich verbessert. Für Haushalte wurden phosphathaltige Waschmittel verboten und die Landwirtschaft wurde verstärkt auf integrierte oder biologische Produktion ausgerichtet. Als Folge dieser Massnahmen sanken die Phosphorkonzentrationen seit Beginn der Siebzigerjahre rasch ab. In den letzten 10 Jahren gingen sie aber nur noch langsam zurück oder stagnierten.

Zustand heute

Zürichsee, Pfäffikersee und Türlensee erfüllen heute das ökologische Ziel in Bezug auf die mittlere Gesamtposphorkonzentration von 0.025 mg P_{tot}/l. Im Hüttnersee und insbesondere im Greifensee stagnieren die Werte aber auf zu hohem Niveau.



Gesamtposphorkonzentration



Handlungsbedarf

Alle Seen

Zum Halten des erreichten Zustandes muss die Infrastruktur in den Bereichen Siedlungsentwässerung und ARA in ihrem Wert erhalten und an technische Fortschritte angepasst werden. Zudem müssen Massnahmen für eine ökologische Orientierung der Landwirtschaft fortgesetzt werden.

Greifensee

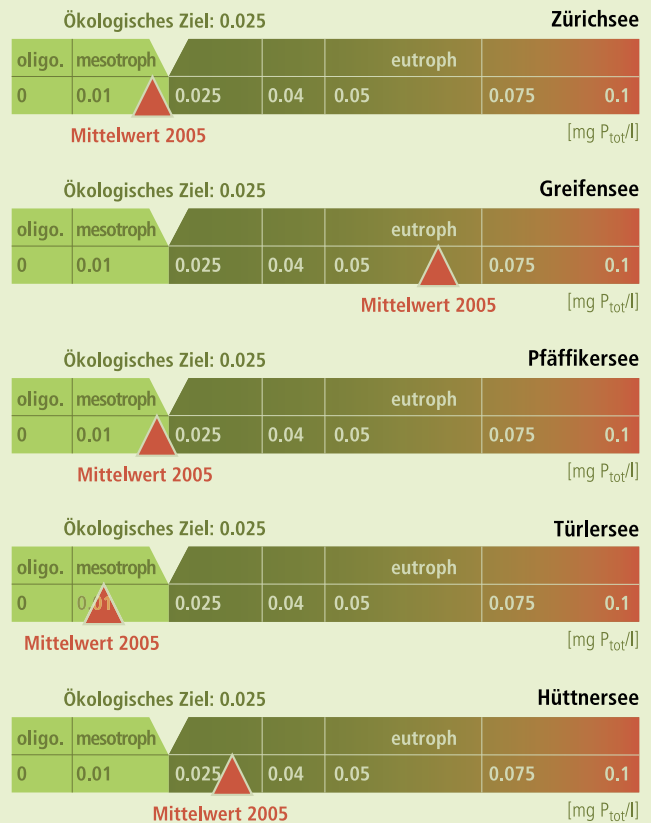
Weitere Massnahmen in der Siedlungsentwässerung und der Landwirtschaft sind zu treffen, um mindestens das Erreichte zu halten. Eine nachhaltige Sanierung im stark besiedelten und landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet ist mit realistischen und finanzierbaren Massnahmen mittelfristig nicht erreichbar.

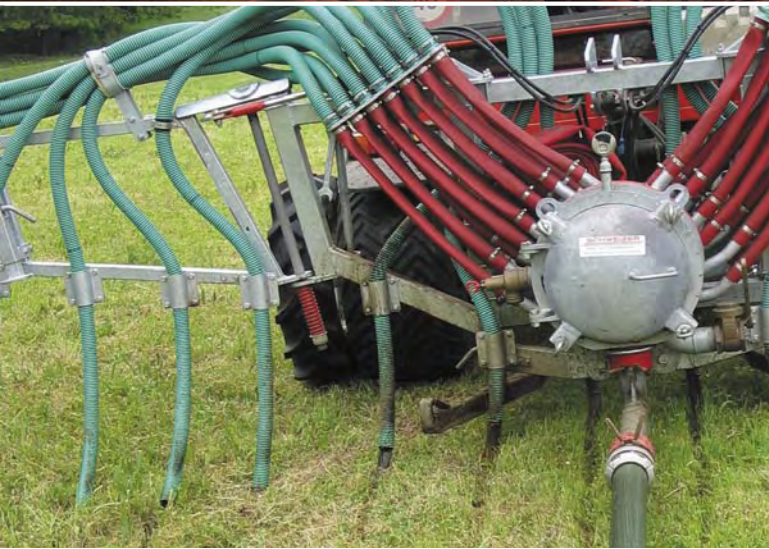
Pfäffikersee und Türlensee

Die Notwendigkeit des künftigen Betriebs der Anlagen zur Zirkulationsunterstützung muss wissenschaftlich abgeklärt werden.

Hüttnersee

Weitere Reduktion der Phosphoreinträge in den See durch besser angepasste landwirtschaftliche Bewirtschaftung und eine Extensivierung der Produktion muss angestrebt werden. Die Belüftungsanlage muss weiter betrieben werden.



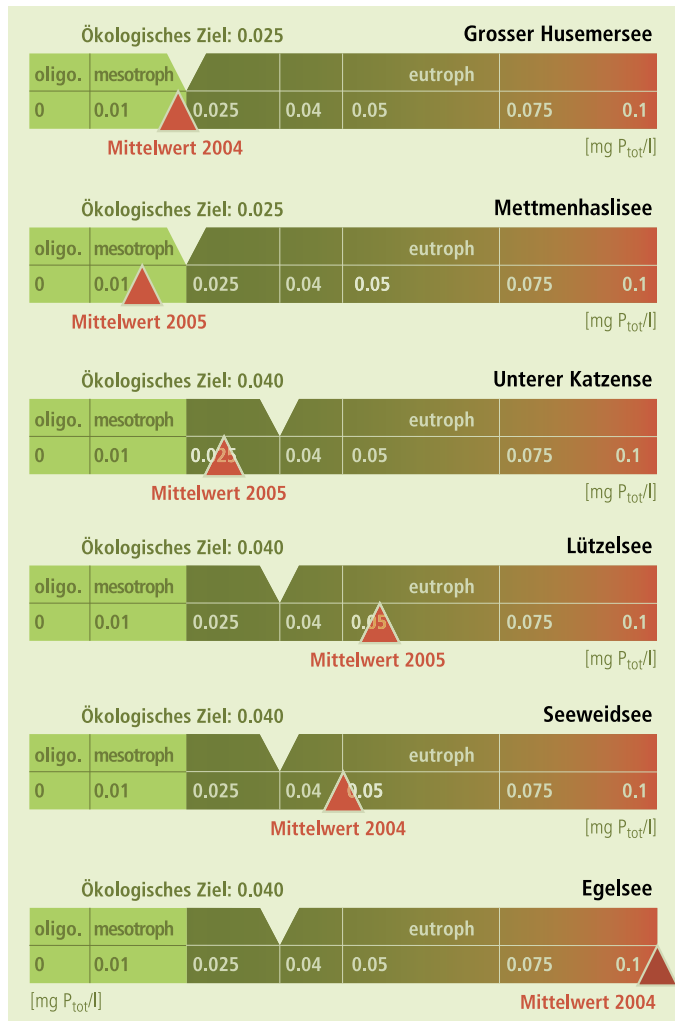


Festlegung des ökologischen Ziels

Verlandungsprozesse bewirken bei einem stehenden Gewässer im Verlauf der Jahrzehnte eine Abnahme von Wassertiefe und Wasserfläche. Durch diesen Prozess entwickeln sich Kleinseen natürlicherweise hin zu einem nährstoffreichen – eutrophen – Zustand. Bei der Festlegung des ökologischen Ziels muss daher bei Kleinseen die Geometrie des Seebeckens und der natürliche Nährstoffeintrag aus dem Einzugsgebiet berücksichtigt werden. Aufgrund dieser Kriterien wurde für den grossen Husemersee und den Mettmehaslisee wie bei den grossen Seen für das ökologische Ziel eine Gesamtposphorkonzentration von 0.025 mg P_{tot}/l definiert. Für den unteren Katzenssee, den Lützelsee, den Seeweidsee und den Egelsee wurde das ökologische Ziel im schwach eutrophen Bereich festgelegt (0.04 mg P_{tot}/l).

Beurteilung der Phosphorbelastung

Die mittleren Gesamtposphorkonzentrationen im grossen Husemersee, im Mettmehaslisee und im unteren Katzenssee lagen unter dem festgelegten Wert für das ökologische Ziel. Im Lützelsee, im Seeweidsee und insbesondere im Egelsee wurden zu hohe Phosphorkonzentrationen gemessen, wodurch diese Seen die Zielvorgabe nicht erfüllen konnten.



Handlungsbedarf

Alle Kleinseen

Zum Halten des erreichten Zustandes müssen die betroffenen Massnahmen in den Bereichen Siedlungsentwässerung und Landwirtschaft fortgesetzt werden.

Zur besseren Beurteilung der Biomasseentwicklung im Jahresverlauf müssen bei den Kleinseen, wie beim Untersuchungsprogramm für die grossen Seen, künftig die Konzentrationen von Chlorophyll im Wasser als Mass für die Algenbiomasse gemessen werden.

Lützelsee, Seeweidsee und Egelsee

Die Nährstoffeinträge in die Seen müssen durch Extensivierung der Landwirtschaft und Erosionsschutz im Einzugsgebiet weiter reduziert werden.

Untersuchungsprogramm

An 125 ausgewählten Fließgewässerstellen werden monatlich Wasserproben entnommen und im Gewässerschutzlabor des AWEL die chemischen und physikalischen Parameter gemessen.

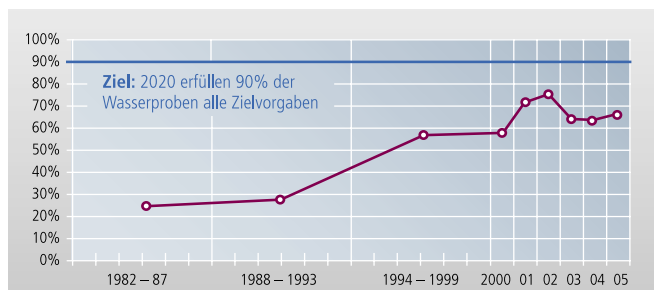
Entwicklung der Wasserqualität

Durch umfangreiche Verbesserungsmaßnahmen in den Bereichen Abwasserreinigungsanlagen (ARA), Siedlungsentwässerung, durch das Phosphatverbot für Waschmittel und die Ökologisierung der Landwirtschaft hat sich die Wasserqualität der Fließgewässer bezüglich der Belastung mit Nährstoffen und organisch abbaubaren Stoffen seit Beginn der Achtzigerjahre massiv verbessert. Die Abflüsse in den Jahren 2003 bis 2005 lagen alle deutlich unter dem langjährigen Mittelwert. Die geringe Wasserführung der Bäche und Flüsse bewirkte eine reduzierte



Zielvorgaben			
Parameter	Symbol	Kriterium	[mg/l]
Ammonium	(NH ₄ -N)	Temp. < 10°C	0.4
		Temp. ≥ 10°C	0.2
Nitrit	(NO ₂ -N)	Cl < 10 mg/l	0.02
		Cl 10–20 mg/l	0.05
		Cl > 20 mg/l	0.1
Nitrat	(NO ₃ -N)		5.6
Phosphat	(PO ₄ -N)	oberhalb Seen	0.04
		unterhalb Seen	0.08
DOC			4.0

Anteil der untersuchten Wasserproben, welche alle Zielvorgaben gleichzeitig erfüllten.



Für die Auswertung der Langzeitentwicklung wurden nur die 76 seit 1982 regelmässig untersuchten Messstellen berücksichtigt.

Handlungsbedarf

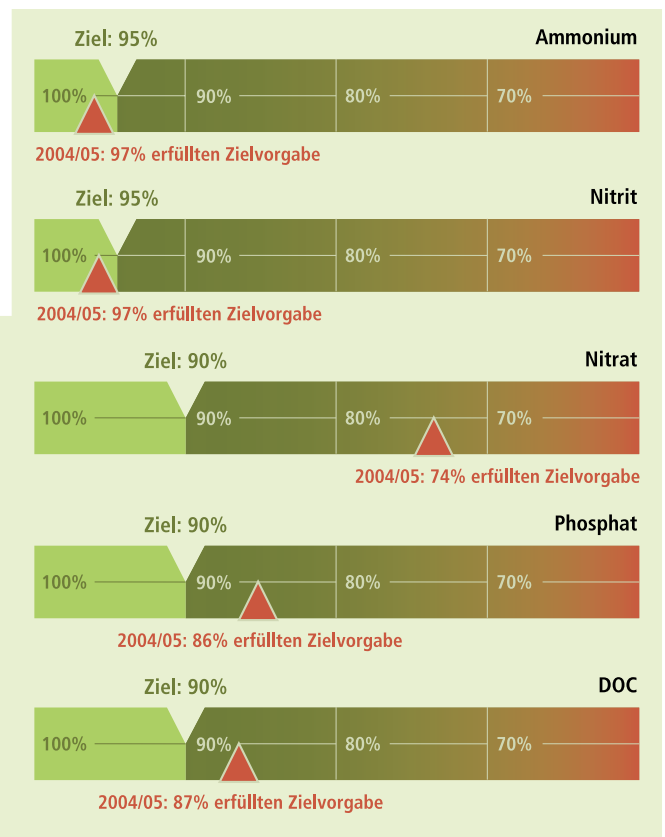
Die Infrastruktur in den Bereichen ARA und Siedlungsentwässerung muss in ihrem Wert erhalten und an technische Fortschritte angepasst werden. Zudem müssen Massnahmen für eine ökologische Orientierung der Landwirtschaft fortgesetzt werden.

Die Projekte zur Erweiterung und Sanierung von ARA mit ungenügender Reinigungsleistung müssen umgesetzt werden. Bei grossen ARA ist in diesem Zusammenhang der Bau oder die Erweiterung von Denitrifikationszonen vorzusehen. Der Standort kleiner ARA mit schlechtem Verdünnungsverhältnis von gereinigtem Abwasser zu Bachwasser ist mittelfristig zu überprüfen. Wo möglich soll ein Anschluss an eine grössere ARA erfolgen.

Verdünnung der gereinigten Abwässer aus den ARA und dadurch eine stärkere Beeinträchtigung der Wasserqualität als in regenreichen Jahren.

Beurteilung der Jahre 2004/05

Ammonium und Nitrit, welche in erhöhten Konzentrationen für die Organismen im Wasser toxisch sind, konnten in 97 % aller Wasserproben die Zielvorgaben erfüllen. Dieses erfreuliche Resultat bringt den hohen Ausbaustandard der ARA zum Ausdruck. Nitrat, Phosphat und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) verfehlten das Ziel.



aber noch kein funktionsfähiger Lebensraum!



Messkampagne in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee

Ganzheitliche Bewertung

Gute biologische Verhältnisse bedingen, dass die Anforderungen an den Gewässerraum, die Wasserführung und die Wasserqualität erfüllt werden. Eine ganzheitliche Bewertung von Fließgewässern erfordert neben der Beurteilung der Wasserqualität auch Kenntnisse über den ökomorphologischen Zustand und die Abflussverhältnisse. 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 ein ökologisch intaktes Fließgewässer handelt. Für die Einzugsgebiete der Glatt und des Greifensees wurde aufgrund von zusätzlichen Untersuchungen in den Jahren 2004 und 2005 erstmals für den Kanton Zürich eine möglichst umfassende Gewässerbewertung durchgeführt.

Handlungsbedarf

Der ökomorphologische Zustand muss durch Massnahmen zur Revitalisierung der Fließgewässer verbessert werden. Der erforderliche Gewässerraum zur Gewährleistung des Hochwasserschutzes und zur Erhaltung der Fließgewässer als Lebensraum muss sichergestellt werden.

Die Abflussverhältnisse mussten an der Aa zwischen Pfäferssee und Greifensee aufgrund der Wasserkraftnutzung als schlecht beurteilt werden. Zur Festlegung der erforderlichen Massnahmen müssen detaillierte Untersuchungen durchgeführt werden.

Eine Methode zur stoffspezifischen Beurteilung von Pestiziden muss schweizweit noch festgelegt werden. Massnahmen zur Reduktion des Pestizideintrags in Gewässer müssen verstärkt werden.

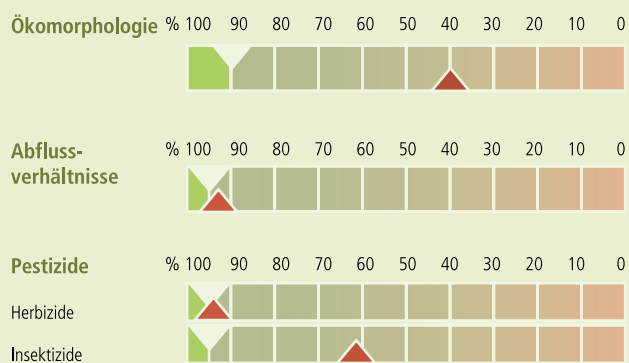
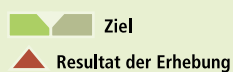
Zur Beurteilung der Schwermetallgehalte in Fließgewässersedimenten ist ebenfalls schweizweit eine Untersuchungs- und Beurteilungsmethodik festzulegen.

Die chemische Analytik zur Erfassung von weiteren Umweltchemikalien muss weiterentwickelt werden.

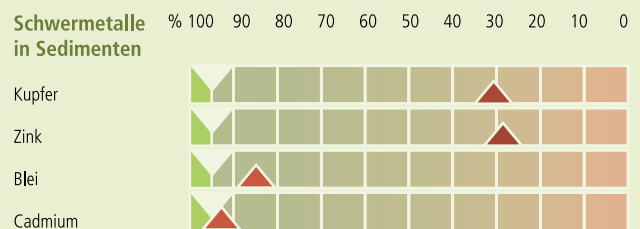
Die wichtigsten Erkenntnisse

Wasser von zunehmend guter Qualität in ökomorphologisch stark beeinträchtigtem Bachbett war in den letzten Jahren das Fazit verschiedener Untersuchungen über Fließgewässer. Die umfassende Messkampagne in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee zeigt aber, dass insbesondere durch Insektizide viele Fließgewässer deutlich stärker belastet werden, als bisher angenommen wurde. Auch bezüglich der Schwermetallbelastung der Bach- und Flusssedimente kann gegenwärtig eine Gefährdung der Wasserorganismen nicht ausgeschlossen werden. Die Summe aller Belastungen bewirkte, dass bei den Fischen, den Makroinvertebraten und bei den Wasserpflanzen die Zielvorgaben klar nicht erfüllt werden konnten. Der Schutz der Fließgewässer als Lebensraum für Tiere und Pflanzen ist in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee daher noch weit vom Zielzustand entfernt.

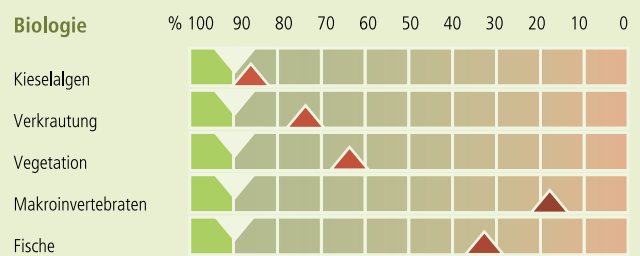
Erfüllung der Zielvorgabe [%]



Schwermetalle in Sedimenten



Biologie



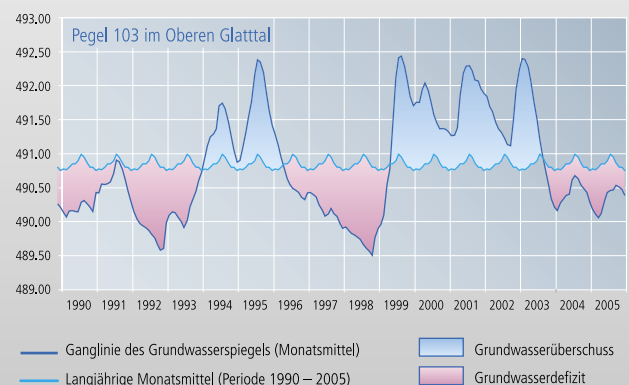
Vorkommen und Bedeutung

Die ergiebigen Grundwasservorkommen des Kantons Zürich sind in den eiszeitlichen Schotterablagerungen der grossen Flusstäler anzutreffen. In diesen Gebieten finden sich für die Trink- und Brauchwasserversorgung wichtige Fassungen mit hoher Entnahmeleistung. Daneben tritt Grundwasser an vielen Stellen in der Form von Quellen zu Tage.

Wasser ist unser wichtigstes Lebensmittel. Mit einem Anteil von etwa 60% und einer «Tagesproduktion» von rund 250 Mio. Liter stellt das Grundwasser (inkl. Quellwasser) die wichtigste Ressource für die Trinkwasserversorgung im Kanton dar. Der restliche Trinkwasserbedarf wird mit Wasser aus dem Zürichsee gedeckt.



Typischer Verlauf von Grundwasserganglinien mit Grundwasserneubildung ausschliesslich durch Niederschlagsversickerung



Gefährdung und Schutz

Die unterirdischen Gewässer werden mit über 1 300 konzidierten Grund- und Quellwasserfassungen intensiv genutzt. Mit einer koordinierten, haushälterischen Bewilligungspraxis soll deren Übernutzung verhindert werden.

Da die grossen Grundwasservorkommen meist unter dicht besiedelten Talsohlen liegen, sind sie vielfältigen Gefahren aus Siedlungen, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft ausgesetzt. Um die Versorgung mit Trinkwasser in einwandfreier Qualität und in ausreichender Menge auch in Zukunft sicherstellen zu können, kommt dem Schutz unseres Grundwassers vor schädlichen Einflüssen eine vorrangige Bedeutung zu.

Langfristige Überwachung

Vorhandene Schadstoffbelastungen und allfällige negative Entwicklungen sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht lassen sich nur dank intensiver Überwachung und laufender Kontrolle erkennen. Aus diesem Grund betreibt das AWEL seit vielen Jahren eine repräsentativ über das ganze Kantonsgebiet sich erstreckende Überwachung des Grundwassers.

Quantitative Beurteilung

Dank der Aufzeichnungen des Grundwasserspiegels an insgesamt 47 Pegelstationen sind die langjährigen Schwankungen des Grundwasserspiegels in allen wichtigen Gebieten des Kantons gut bekannt. Damit kann erkannt werden, wenn sich wegen dauerhafter Übernutzung oder wegen verminderter Neubildung eine Abnahme der Grundwasservorräte und damit verbunden Engpässe in der Wasserversorgung abzeichnen.

Aktuell liegen lediglich in einem Fall Anzeichen für eine Übernutzung vor. Die Speisung des betroffenen Grundwasservorkommens erfolgt in erster Linie durch Versickerung der Niederschläge, im bescheidenen Rahmen auch durch versickerndes Bachwasser und durch Randzuflüsse. Die Untersuchungen des festgestellten langfristigen Grundwasserspiegel-Abfalls sind noch nicht ganz abgeschlossen, doch konnten bis jetzt keine anderen Ursachen für das Absinken des Spiegels als die Wasserentnahme für die Trinkwassernutzung ermittelt werden.



Qualitative Beurteilung

Das zu Trinkzwecken geförderte Grundwasser ist meist von guter Qualität und kann in der Regel ohne jede Aufbereitung an die Bevölkerung abgegeben werden. Allerdings bereiten unerwünschte Wasserinhaltsstoffe wie Nitrat oder Pflanzenschutzmittel nach wie vor Probleme. Auch das Auftreten neuer Stoffe muss mit einer sorgfältigen Qualitätsüberwachung erfasst werden.

Problemstoff Nitrat

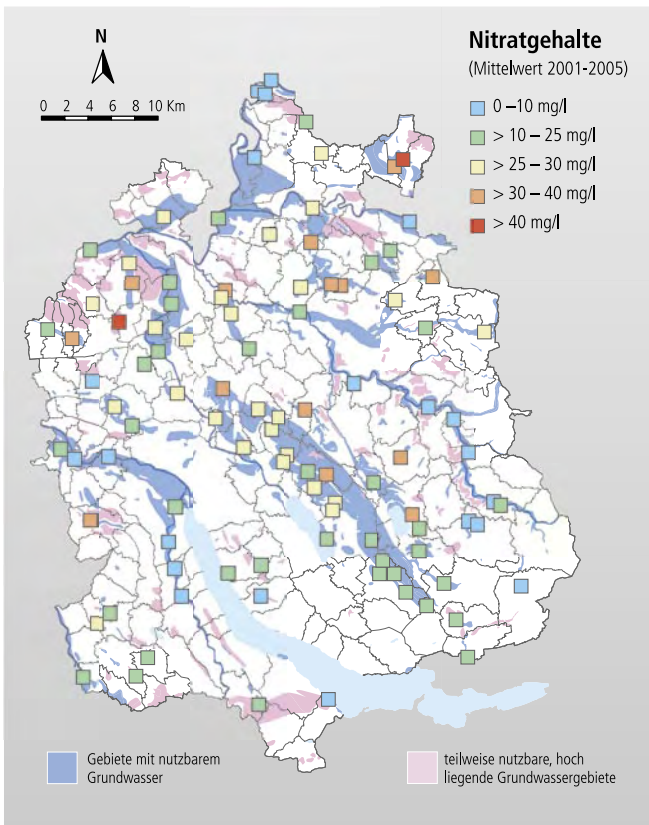
Erhöhte Nitratgehalte im Grundwasser sind in erster Linie auf die Auswaschung landwirtschaftlich intensiv genutzter und gedüngter Ackerböden zurückzuführen. Zwar hat sich die Nitratsituation in den vergangenen Jahren dank verstärktem Trend in Richtung ökologischer Landwirtschaft verbessert. Nach wie vor werden aber in einzelnen Pumpwerken über dem Toleranzwert von 40 mg/l liegende Nitratgehalte gemessen und das Qualitätsziel von 25 mg NO₃/l wird erst in rund 80 % der Grundwasserfassungen erfüllt. In einigen Trinkwasserfassungen ist zudem ab 2004 eine Trendumkehr festzustellen, indem die Nitratwerte eine erneut steigende Tendenz aufweisen, deren Ursache nach bisherigen Erkenntnissen v.a. in den ungünstigen Witterungsverhältnissen zu suchen ist.

Pflanzenschutzmittel (PSM)

Der Einsatz von PSM zum Schutze der Pflanzen vor Krankheiten und Schädlingen ist weit verbreitet. Pro Jahr gelangen in der Schweiz rund 1500 Tonnen PSM in den Verkauf. Diese Stoffe finden sich häufig, allerdings aber meist nur in geringen Konzentrationen, im Grundwasser wieder.

Weitere Schadstoffe

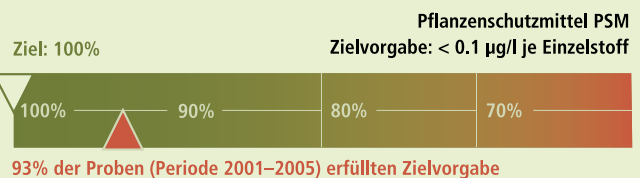
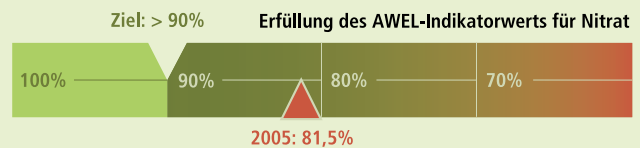
Im Grundwasser sind vereinzelt Rückstände von flüchtigen organischen Kohlenwasserstoff-Verbindungen, seit einiger Zeit auch das Benzinzusatzmittel MTBE sowie Arzneimittel und weitere Mikroverunreinigungen nachweisbar. Diese Stoffe stellen aktuell (noch) kein grösseres Problem dar.



Handlungsbedarf

Abgesehen von den mancherorts noch zu hohen Nitratwerten und dem verbreiteten Auftreten von PSM ist die chemische Beschaffenheit des Grundwassers meist von einwandfreier Qualität.

Bei guter Grundwasserqualität gilt es, diese durch sorgfältigen Schutz zu erhalten. Wo erhöhte Belastungen auftreten, sind gezielte Massnahmen zur Reduktion der Schadstoffe einzuleiten.







Seen

Lebensraum See

Messprogramm und Beurteilung

Grosse Seen

Zürichsee

Greifensee

Pfäffikersee

Türlensee

Hüttnersee

Kleinseen

Grosser Husemersee

Mettmenhaslisee

Unterer Katzensee

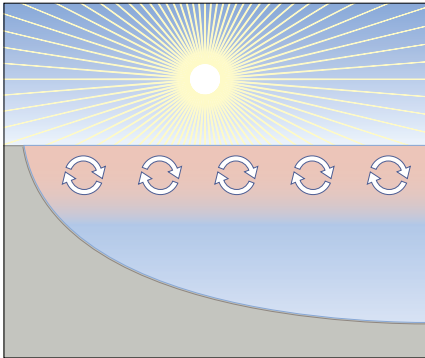
Lützelsee

Egelsee

Seeweidsee

Der oberflächennahe, vom Tageslicht durchflutete und der tiefe, dunkle Teil des freien Wasserkörpers, das Seeufer sowie der Seeboden sind Teillebensräume im See, die von ganz unterschiedlichen Tieren und Pflanzen besiedelt werden. Die Lebensbedingungen in diesen Teillebensräumen und deren Qualität werden von seeinternen und seeexternen Faktoren geprägt. Die Jahreszeiten mit ihren charakteristischen Licht-, Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen spielen dabei eine wichtige Rolle. Die natürlichen Gegebenheiten im Einzugsgebiet sowie dessen vielfältige Nutzung durch den Menschen beeinflussen das Geschehen im See und damit auch seine Eigenschaft als Lebensraum zusätzlich.

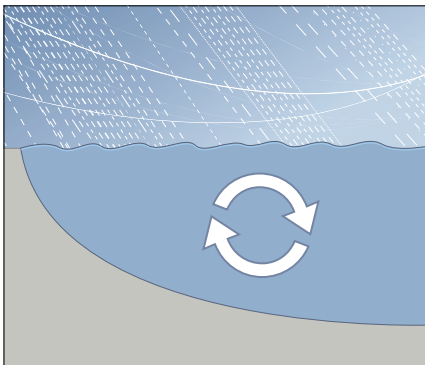
Stagnationsphase



Temperaturschichtung

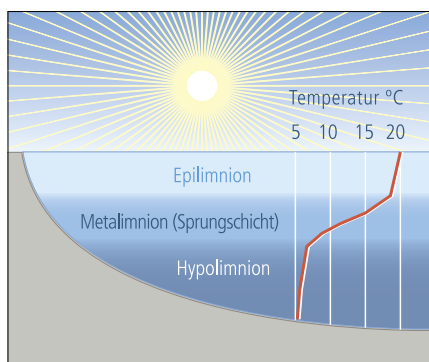
Im Frühling beginnen sich durch die Sonneneinstrahlung die oberen Wasserschichten zu erwärmen, das warme, leichtere Wasser schwimmt dabei auf dem kalten, schwereren Wasser. Durch die intensivere Sonneneinstrahlung im Sommer wird dieser Zustand noch verstärkt. In tieferen Seen bildet sich dadurch eine stabile Temperaturschichtung aus, eine Durchmischung findet nur noch in der oberflächennahen Wasserschicht statt. Dieser Zustand wird als **Stagnationsphase** bezeichnet.

Zirkulationsphase



Während der herbstlichen Abkühlung werden die Temperatur- und Dichteunterschiede zunehmend geringer, so dass die Wassermassen durch Herbststürme angeregt zu zirkulieren beginnen. Das Wasser aus der Tiefe mischt sich mit jenem der Oberfläche. Dieser Zustand wird als **Zirkulationsphase** bezeichnet. In dieser Zeitspanne erfolgt eine intensive Belüftung des Seewassers an der Oberfläche mit Sauerstoff aus der Atmosphäre. Kühlt sich im Winter die Wasseroberfläche weiter ab und bildet sich eine Eisdecke, wird der Austausch unterbrochen. Diese so genannte Winterstagnation ist in unseren Mittelmeerlandern meist von kurzer Dauer.

In wenig tiefen Seen kann sich keine stabile Schichtung ausbilden. Je nach Seefläche, Tiefe und Windexposition reicht bereits eine nächtliche Abkühlung oder ein Gewitter für eine vollständige Durchmischung des Wasserkörpers im Frühling oder Sommer aus.

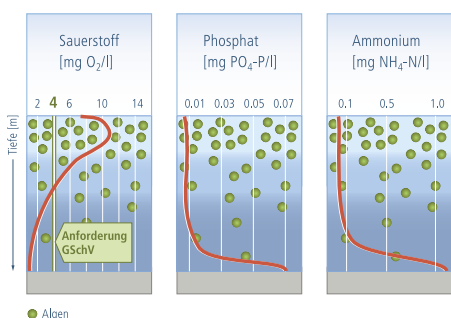


Zonen im See

Das Freiwasser des Lebensraums Sees ist während der Stagnationsphase in drei verschiedene Zonen unterteilt. Die oberflächennahe warme Schicht wird als Epilimnion, die Übergangszone als Sprungschicht oder Metalimnion und das kalte Tiefenwasser als Hypolimnion bezeichnet. Die Sprungschicht ist im Sommer während der Stagnation nur wenige Meter mächtig und durch grosse Temperaturgradienten gekennzeichnet (> 0.5 °C pro Meter Tiefe).

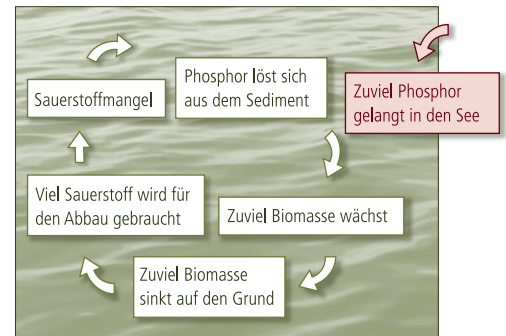
Sauerstoff- und Nährstoffkonzentrationen

Algen nehmen im belichteten Epilimnion CO₂ und Nährstoffe aus dem Wasser auf und bauen mit Hilfe des Sonnenlichtes neue Algenbiomasse auf. Dabei geben sie Sauerstoff ins Wasser ab. Dieser Prozess wird als Photosynthese bezeichnet. Solange der See stabil geschichtet ist, stellt die Sprungschicht eine Barriere für gelöste Stoffe wie Sauerstoff oder Nährstoffe dar. Dies kann zu hohen Sauerstoff- und tiefen Nährstoffkonzentrationen im Epilimnion führen. Gleichzeitig wird der Sauerstoff im Tiefenwasser durch den bakteriellen Abbau von toter absinkender Biomasse aufgebraucht. Im Laufe des Sommers kommt es daher im Hypolimnion von Seen mit grossem Algenwachstum zu sauerstoffarmen oder völlig sauerstofflosen Verhältnissen. Durch den Abbau der Biomasse werden gleichzeitig Nährstoffe freigesetzt, die sich im Tiefenwasser anreichern.



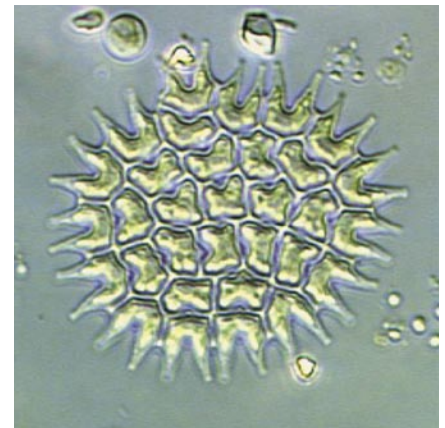
Phosphor bestimmt das Algenwachstum

Für den Aufbau von Algenbiomasse ist Phosphor erforderlich, der im Wasser als gelöstes Phosphat vorliegt. In unseren Seen ist Phosphat der wachstumslimitierende Nährstoff. Gelangt zuviel Phosphat in den See, z.B. über gereinigtes Abwasser oder Düngemittel aus der Landwirtschaft, ermöglicht dies ein starkes Algenwachstum. Ein Teil der absterbenden Biomasse sinkt auf den Seegrund und wird hier durch Mikroorganismen abgebaut. Dieser Abbau verbraucht viel Sauerstoff, so dass in überdüngten Seen in den tieferen Wasserschichten akuter Sauerstoffmangel herrscht. Phosphor löst sich aus dem Seesediment und steht teilweise wieder für die Biomasseproduktion zur Verfügung. Der See «düngt» sich damit selbst.



Algen (Phytoplankton)

Unter Phytoplankton versteht man im Wasser frei schwebende Algen. In dieser vielgestaltigen Gruppe kommen einzellige und mehrzellige fädige Organismen sowie Zellkolonien vor. Einige davon können sich aktiv fortbewegen. Bei steigendem Sonnenstand, beginnender Schichtung des Wasserkörpers und hohen Nährstoffkonzentrationen setzt in produktiven Seen im Frühjahr ein explosionsartiges Wachstum der Algenpopulationen ein (Frühjahrsblüte). Algenfressende Zooplankter beginnen sich aufgrund des guten Nahrungsangebotes ebenfalls stark zu vermehren. Nach wenigen Wochen nimmt die Algenbiomasse durch die intensive Nahrungsaufnahme des Zooplanktons wieder ab. Der See durchläuft das Klarwasserstadium. Wegen fehlender Nahrung sterben nun auch die Zooplankter ab, was erneut ein verstärktes Algenwachstum erlaubt. Dieses Wechselspiel kann sich im Sommer und Herbst noch mehrmals in abgeschwächter Form wiederholen. Sind in dieser Zeit genügend Nährstoffe vorhanden, können einzelne Algenarten innert wenigen Tagen sehr hohe Dichten erreichen. Diese Algenblüten sind bei Badegästen sehr unbeliebt und können auch für Fische ein Problem darstellen, da es Algenarten gibt, die toxische Substanzen ausscheiden können.



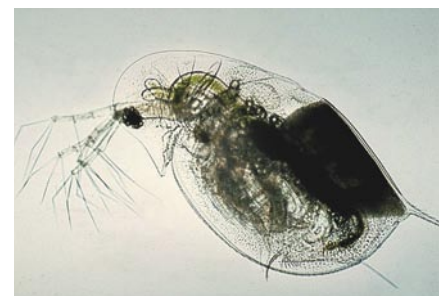
Grünalge *Pediastrum boryanum* ø 46 µm

Zooplankton

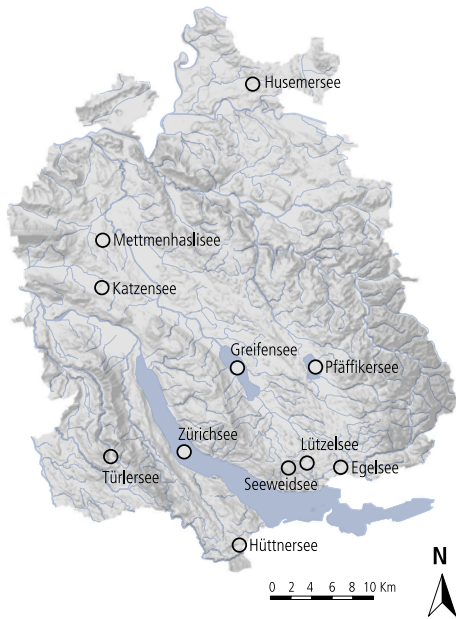
Unter Zooplankton versteht man mikroskopisch kleine Tiere, die im Wasser schweben. Viele Zooplankter machen ausgeprägte vertikale Wanderungen im Tag-Nacht-Rhythmus. Am Tag halten sich die meisten Individuen im Dunkel der Seetiefe auf. Gegen Abend steigen sie in die oberflächennahen Wasserschichten auf, um dort Phytoplankton und Bakterien zu fressen oder andere Zooplankter zu jagen. Die Wanderung erfolgt entweder aktiv durch Ruderfüsse oder passiv, wie zum Beispiel bei der Büschelmückenlarve (*Chaoborus flavicans*), welche durch Kontraktion von Tracheenblasen eine Volumen- und somit Auftriebsänderung erzeugen kann. Das Zooplankton ist ein wichtiger Bestandteil der Nahrungskette im Ökosystem See. Algenfressende Zooplankter reduzieren die Biomasse des Phytoplanktons, während die Zooplankter ihrerseits von verschiedenen Fischarten gefressen werden. Insbesondere als Nahrungsgrundlage vieler Jungfische kommt dem Zooplankton grosse Bedeutung zu.



Hüpferling *Cyclops strenuus* (Grösse ca. 2mm)



Wasserfloh *Daphnia longispina* (Grösse ca. 2mm)



Messprogramm

Die Wasserqualität des Zürich-, Greifen-, Pfäffiker-, Türl- und Hüttnersees wird monatlich erfasst. Zusätzlich wird die Wasserqualität von ausgewählten Kleinseen monatlich untersucht. Seit 1988 wird im Zweijahresrhythmus abwechslungsweise die Wasserqualität des unteren Katzenssees, Lützelsees und Mettmenhaslisees oder des grossen Husemersees, Egelsees und Seeweidsees gemessen. Mit der regelmässigen Untersuchung der Seen wird überprüft, ob die Anforderungen gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) eingehalten werden. Es können Belastungsquellen identifiziert, nachteilige Entwicklungen frühzeitig erkannt und Massnahmen zur Reduktion der Gewässerbelastung veranlasst werden. Zudem dienen die Untersuchungen dazu, den Betrieb der seeinternen Zirkulationsanlagen im Pfäffiker-, Türl- und Hüttnersee zu steuern und zu überwachen.

An der tiefsten Stelle des Sees werden verschiedene physikalische, chemische und biologische Parameter erfasst. Der Sauerstoffgehalt, die Temperatur, der pH-Wert, die Leitfähigkeit und die Trübung werden mit einer Multi-Parameter-Sonde in unterschiedlichen Seetiefen gemessen. Proben für die chemischen Untersuchungen werden mit einer Schöpfflasche aus verschiedenen Tiefenstufen entnommen und gekühlt zur Analyse ins Labor transportiert.

Für die Bestimmung des Phytoplanktons werden jeweils 3 Mischproben aus dem Epilimnion entnommen. Als Mass für die Algenmenge diente bis 2002 das Algenfrischgewicht. Seit 1993 gibt die Chlorophyllkonzentration Auskunft über die Algenmenge im See. Zusätzlich wird die Häufigkeit der verschiedenen Taxa mittels einer fünfstufigen Skala abgeschätzt. Die Probenahme für das Zooplankton erfolgt mit vertikalen Netzzügen vom Grund des Sees bis zur Oberfläche. Als Mass für die Zooplanktonmenge wird das Trockengewicht der Tiere bestimmt.

Parameterliste (* in Kleinseen nicht gemessen)	
Temperatur	Gelöster Phosphor (gerechnet)
Sauerstoff	
Leitfähigkeit	Partikulärer org. Kohlenstoff
pH-Wert	
Trübung *	Chlorid *
Ammonium	Sulfat *
Nitrit	Schwefelwasserstoff*
Nitrat	
Gesamtstickstoff *	Methan *
Phosphat	Chlorophyll *
Gesamtposphor	Zooplankton *
Partikul. Phosphor	Phytoplankton *

Beurteilungsmethoden

Bei der Beurteilung des Gewässerzustandes stehen die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV), Anhang 2 im Vordergrund. Die GSchV stellt jedoch für stehende Gewässer mit Ausnahme der minimalen Sauerstoffkonzentration nur qualitative und keine numerischen Anforderungen. Für eine besser nachvollziehbare Beurteilung des Seezustandes wurden deshalb die qualitativen Anforderungen präzisiert.

Beurteilungskriterien

Als Beurteilungskriterien dienen die Sauerstoffkonzentration, der Gesamtposphorgehalt sowie der Chlorophyll-Gehalt, respektive das Algenfrischgewicht. Die Beurteilung erfolgt durch den Vergleich des Ist-Zustandes mit dem Zustand, in welchem sich das Gewässer unter unbelasteten, naturnahen Bedingungen befinden würde (Referenzzustand).

Referenzzustand

Es ist seit langem bekannt, dass ein Zusammenhang besteht zwischen der biologischen Produktivität eines Sees (**Trophie**) und der Geometrie des Seebeckens sowie dem potenziell natürlichen Nährstoffeintrag aus dem Einzugsgebiet. Alle drei Trophiestufen des international verwendeten Trophiesystems können unter natürlichen oder naturnahen Bedingungen vorkommen: **oligotroph = geringe Produktion, mesotroph = mittlere Produktion, eutroph = hohe Produktion.**

Aufgrund der Geometrie des Seebeckens oder dem potenziell natürlichen Nährstoffeintrag aus dem Einzugsgebiet lässt sich auf den zu erwartenden Trophiezustand eines Gewässers unter Referenzbedingungen schliessen. Der Referenzzustand ist deshalb für jeden See individuell zu ermitteln. Die Bewertung erfolgt je nach zu erwartendem Referenzzustand nach unterschiedlichen Bewertungsschlüsseln.

Gesamtphosphorgehalt

Gemäss Anhang 2 Ziffer 13GSchV darf der Nährstoffgehalt in stehenden Gewässern höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen. Besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten. In unseren Seen ist Phosphat der wachstumslimitierende Nährstoff. Für natürlicherweise oligo- und mesotrophe Seen wurde ein Zielwert von 0.025 mg P/l festgelegt. Bei dieser mittleren jährlichen Phosphorkonzentration kommt es zu keiner übermässigen Algenproduktion.

Natürlicherweise eutrophe Seen sind nährstoffreicher, was eine höhere Algenproduktion im See zulässt. Für natürlicherweise eutrophe Seen haben wir einen Zielwert von 0.040 mg P/l festgelegt.

Algenfrischgewicht und Chlorophyllgehalt

Für die Bestimmung des Algenfrischgewichts werden die Algenarten unter dem Mikroskop gezählt. Jeder Art ist ein spezifisches Volumen und damit Gewicht zugeordnet. Durch Multiplikation mit der gefundenen Anzahl der jeweiligen Art und der anschließenden Summierung der Teilgewichte erhält man das Algenfrischgewicht. Diese sehr aufwändigen Bestimmungen wurden durch Messungen der Chlorophyllkonzentration ersetzt. Vergleichsmessungen mit Plankton aus verschiedenen Seen zeigen, dass die Chlorophyllkonzentration näherungsweise als Mass für die Algenmenge in einem See verwendet werden kann.

Zur Abschätzung der Biomasseproduktion im See wird die mittlere jährliche Chlorophyllkonzentration verwendet. In natürlicherweise oligo- und mesotrophen Seen gilt ein Zielwert von 6 µg Chl a/l. Diese mittlere jährliche Chlorophyllkonzentration entspricht einer mittleren Algenproduktion im See. Natürlicherweise eutrophe Seen weisen eine höhere Algenproduktion auf. Für eutrophe Seen gilt deshalb ein Zielwert von 10 µg Chl a/l.

Sauerstoffgehalt

Gemäss Anhang 2 Ziffer 13GSchV darf der Sauerstoffgehalt in stehenden Gewässern zu keiner Zeit und in keiner Seetiefe weniger als 4 mg O₂/l betragen; er muss zudem ausreichen, dass wenig empfindliche Tiere wie Würmer den Seegrund ganzjährig und in einer möglichst natürlichen Dichte besiedeln können. Besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten.

Seen mit geringem bis mässigem Nährstoffgehalt weisen höchstens eine mittlere Biomasseproduktion auf. Durch den Abbau von abgestorbener Biomasse nimmt die Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser ab. Allerdings sollte die Sauerstoffkonzentration in natürlicherweise oligo- und mesotrophen Seen zu keiner Zeit und in keiner Seetiefe unter die Zielforderung von 4 mg O₂/l sinken.

In natürlicherweise eutrophen Seen sind die Algenproduktion und folglich auch die Sauerstoffzehrung in den tieferen Wasserschichten höher. Ein starker Sauerstoffmangel im Tiefenwasser gegen Ende der Stagnationsphase im Sommer ist daher ein natürliches Phänomen. Tiere und Pflanzen, die in eutrophen Gewässern heimisch sind, passten sich an die dort herrschenden Lebensbedingungen an.

Bewertungsschlüssel Phosphor

Bewertungsschlüssel für natürlicherweise oligo- und mesotrophe Seen

Konzentration	
< 0.010 mg P _{tot} /l	sehr gut
0.010 bis < 0.025 mg P _{tot} /l	gut
0.025 bis < 0.050 mg P _{tot} /l	mässig
0.050 bis < 0.075 mg P _{tot} /l	unbefriedigend
≥ 0.075 mg P _{tot} /l	schlecht

Bewertungsschlüssel für natürlicherweise eutrophe Seen

Konzentration	
< 0.020 mg P _{tot} /l	sehr gut
0.020 bis < 0.040 mg P _{tot} /l	gut
0.040 bis < 0.060 mg P _{tot} /l	mässig
0.060 bis < 0.080 mg P _{tot} /l	unbefriedigend
≥ 0.080 mg P _{tot} /l	schlecht

Bewertungsschlüssel Chlorophyll

Bewertungsschlüssel für natürlicherweise oligo- und mesotrophe Seen

Konzentration	
< 3 µg Chl a/l	sehr gut
3 bis < 6 µg Chl a/l	gut
6 bis < 9 µg Chl a/l	mässig
9 bis < 12 µg Chl a/l	unbefriedigend
≥ 12 µg Chl a/l	schlecht

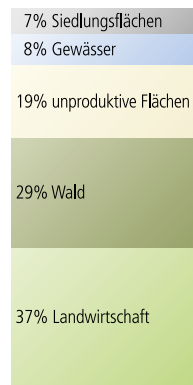
Bewertungsschlüssel für natürlicherweise eutrophe Seen

Konzentration	
< 5 µg Chl a/l	sehr gut
5 bis < 10 µg Chl a/l	gut
10 bis < 15 µg Chl a/l	mässig
15 bis < 20 µg Chl a/l	unbefriedigend
≥ 20 µg Chl a/l	schlecht



Einzugsgebiet

Fläche total 1811 km²



Gesamtes Einzugsgebiet inkl. Obersee
Quelle: Arealstatistik 92/97 GEOSTAT

Wichtige Ereignisse:

- 1886: Erste Massenentwicklungen von Algen (*Tabellaria fenestrata* und *Planktothrix rubescens*)
- Seit 1900: Einführung Schwemmkanalisation und zunehmende Belastung des Sees mit Abwässern
- 1950–1970: Bau der Kläranlagen im Einzugsgebiet und Ausrüstung mit Phosphatfällung (1967–1970)
- Seit 1994: Flockungsfiltration bei grösseren ARA

Höhenlage	406 m ü. M.
Seeoberfläche	65.06 km ²
Maximale Tiefe	136.0 m
Mittlere Tiefe	51.7 m
Seevolumen	3364 Mio m ³
Seeabfluss	Limmat
Q _{mittel}	89 m ³ /s
Q ₃₄₇	38 m ³ /s
Aufenthaltszeit	ca. 440 Tage

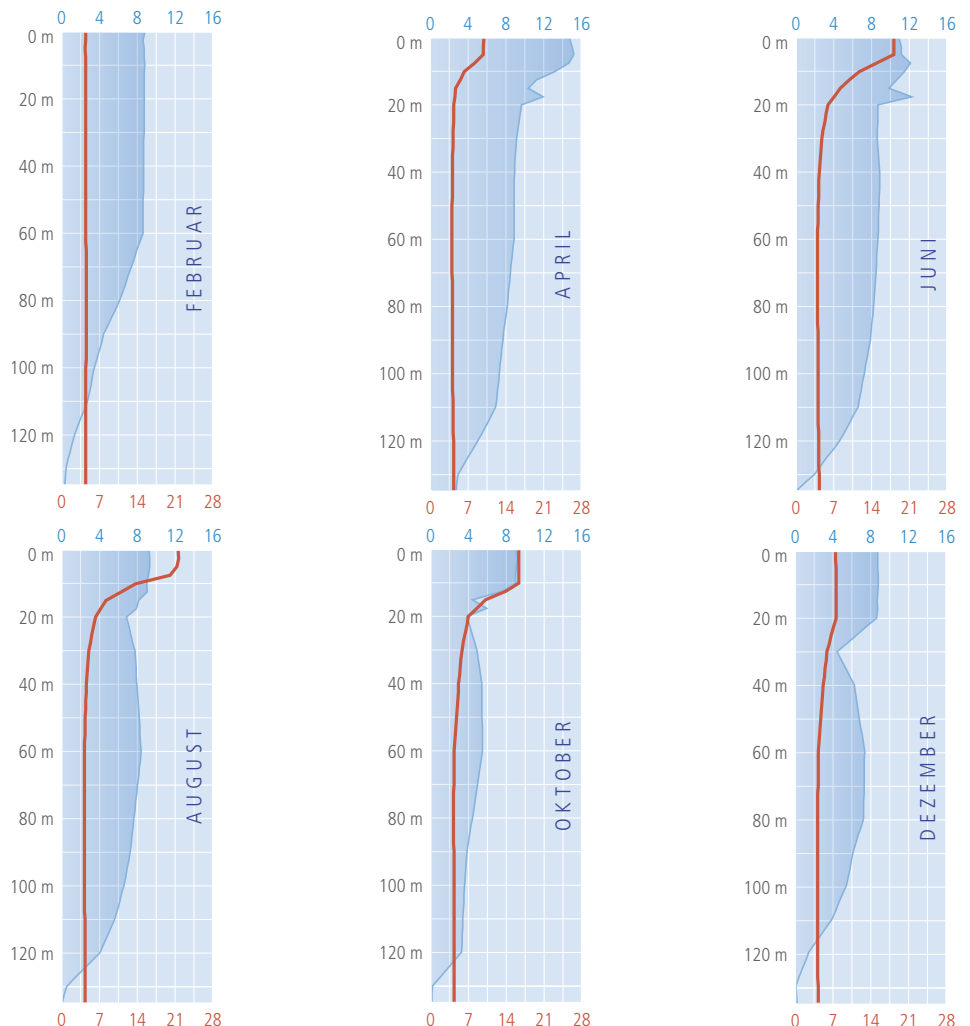
Sauerstoff- und Temperaturprofile

Im Februar 2005 befand sich der Zürichsee noch in der Zirkulationsphase. Dabei wurde sauerstoffreiches Wasser von der Oberfläche in die tiefen Wasserschichten eingemischt. Im April wies der See bis in eine Tiefe von 100 m Sauerstoffkonzentrationen zwischen 7.5 und 15 mg O₂ /l auf. Darunter nahm der Sauerstoffgehalt bis

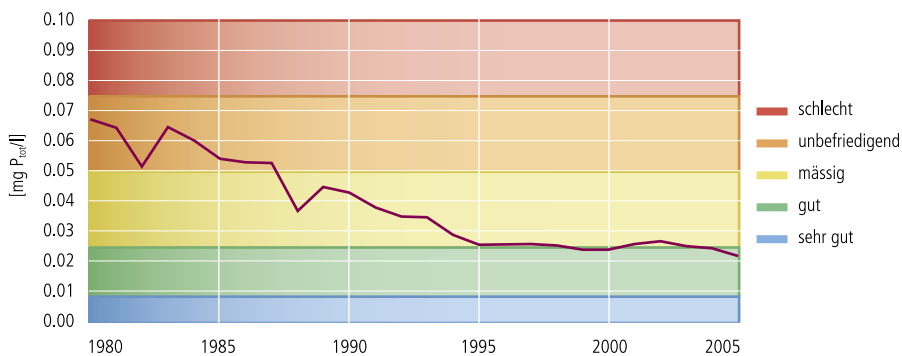
zum Seegrund auf 2.5mg O₂/l ab. Durch die intensive Photosynthese der Algen im Frühling erhöhte sich die Sauerstoffkonzentration im Epilimnion im April deutlich. Ab August führte der Abbau von abgestorbener Algenbiomasse zu einer Zehrung der Sauerstoffvorräte. Das Qualitätsziel von 4 mg O₂/l konnte deshalb unterhalb von 120m nicht immer eingehalten werden.

Zürichsee 2005 (tiefste Stelle)

Sauerstoff (mg O₂ /l)
Temperatur (°C)

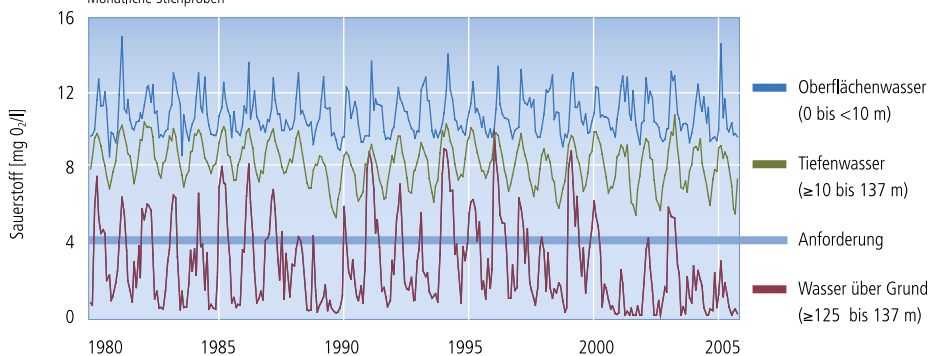


Gesamtphosphor Jahresmittelwerte der Volumen gewichteten Tiefenprofile

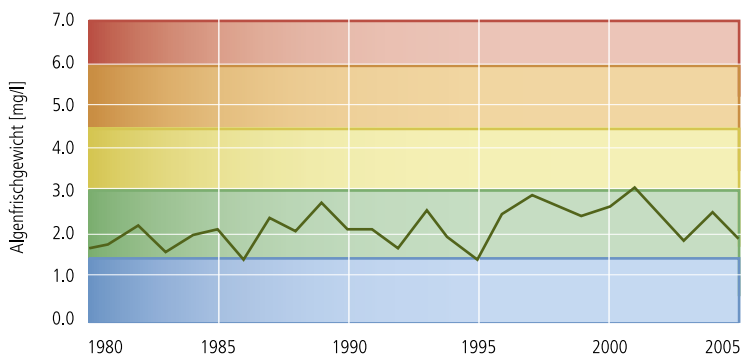


Mittlere Sauerstoffkonzentration im Oberflächen- und Tiefenwasser

Monatliche Stichproben



Algenfrischgewicht (Daten der Wasserversorgung Zürich), Jahresmittelwerte der monatlichen mittleren Algenfrischgewichte aus den Tiefenstufen 0–20 m



Beurteilung des Seezustandes

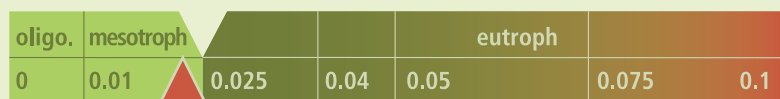
Der Zürichsee wäre unter natürlichen Bedingungen ein oligotropher See mit relativ geringer Produktivität. Aufgrund der heute vorhandenen Phosphorkonzentrationen liegt der Zürichsee im mesotrophen Bereich. Er erfüllt die Zielvorgaben bezüglich Gesamtphosphorgehalt seit 1995. Seither ging die Phosphorkonzentration nicht mehr weiter zurück. Obwohl sich der Gesamtphosphorgehalt zwischen 1980 und 1995 um mehr als die Hälfte verringerte, hat sich die mittlere Algenbiomasse in diesem Zeitraum nicht wesentlich verändert. Dies hat verschiedene Ursachen. Seit 1997 sind die jährlichen Höchstwerte der Algenbiomasse und die Häufigkeit von Massenentwicklungen zurückgegangen. Der Anteil von nährstoffliebenden Grünalgen ist ebenfalls stark gesunken und damit sind die als lästig empfundenen Algenteppiche im Uferbereich ausgeblieben. Gleichzeitig haben aber die Kieselalgen und die Burgunderblutalge (*Planktothrix rubescens*) deutlich zugenommen. Das heutige Algenwachstum kann insgesamt als gut beurteilt werden. Bedingt durch die grosse Seetiefe und die oftmals nur unvollständige Zirkulation kann die Anforderung für Sauerstoff im tiefen Hypolimnion nicht ganzjährig eingehalten werden. Während der sommerlichen Stagnation werden durch den Abbau von organischem Material die Sauerstoffvorräte im Tiefenwasser nach und nach vom Grund her aufgezehrt.

Handlungsbedarf

Eine weitere Senkung der Gesamtphosphorkonzentration ist anzustreben. Im Bereich der ARA ist das Reduktionspotential weitgehend ausgeschöpft. Um den Zustand zu halten, müssen die Anlagen in ihrem Wert erhalten und dem technischen Fortschritt angepasst werden.

Gesamtphosphor Zürichsee

Ökologisches Ziel: 0.025



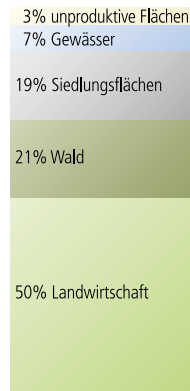
Mittelwert 2005

[mg P_{tot}/l]



Einzugsgebiet

Fläche total 168.7 km²



Quelle: Arealstatistik 92/97 GEOSTAT

Wichtige Ereignisse:

- 1941: Schutzverordnung Greifensee
- 1956–1972: Bau von Abwasserreinigungsanlagen (ARA) im Einzugsgebiet des Greifensees
- 1994: Revision Greifenseeschutzverordnung
- August 1999: grosses Felchensterben aufgrund ungenügender Sauerstoffkonzentration in Kombination mit hohen Wassertemperaturen

Höhenlage	435 m ü. M.
Seeoberfläche	8.45 km ²
Maximale Tiefe	32.3 m
Mittlere Tiefe	17.6 m
Seevolumen	148.5 Mio m ³
Seeabfluss	Glatt
Q _{mittel}	4080 l/s
Q ₃₄₇	1380 l/s
Aufenthaltszeit	ca. 420 Tage

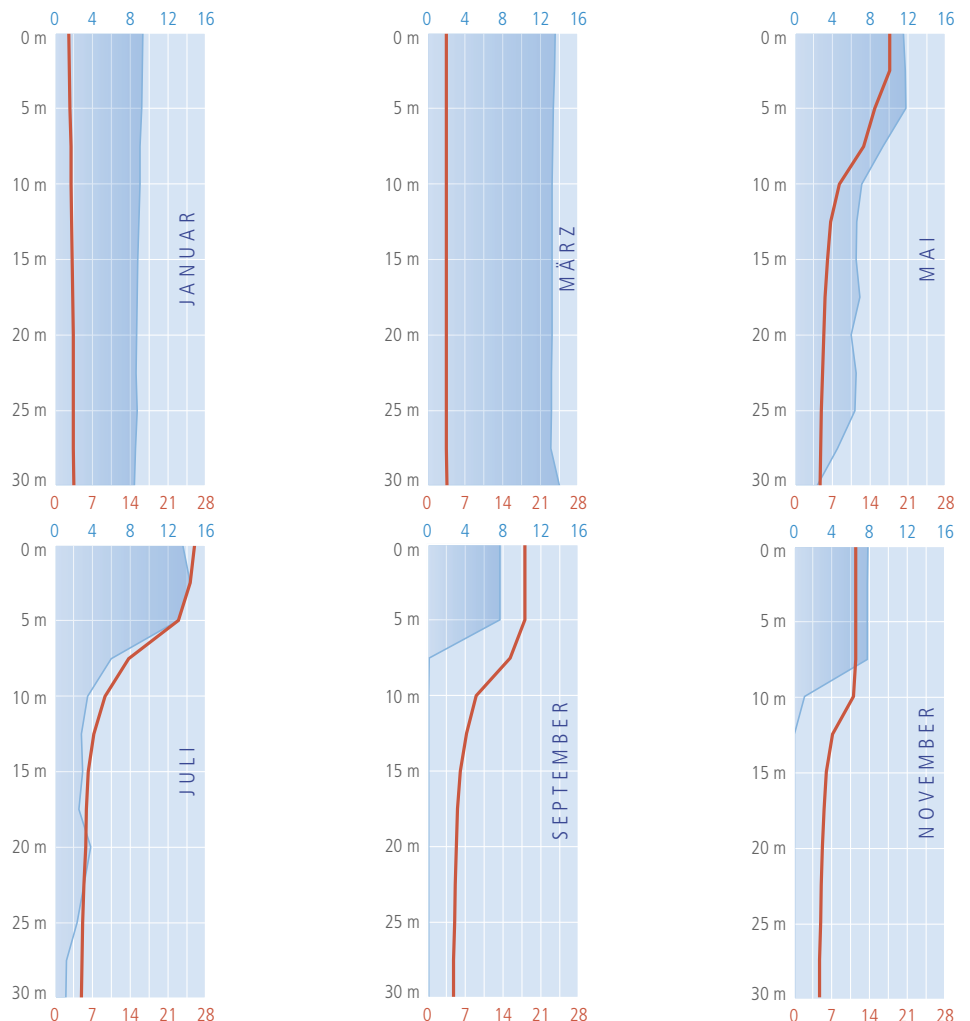
Sauerstoff- und Temperaturprofile

Die Profile vom Januar und März 2005 zeigen die zunehmende Sauerstoffanreicherung des Seewassers von der Oberfläche bis zum Grund während der Zirkulationsphase. Im Frühling treten im Epilimnion des Greifensees regelmässig Massenentwicklungen von Algen auf. Durch den Abbau von toter absinkender Algenbiomasse setzte ab Mai

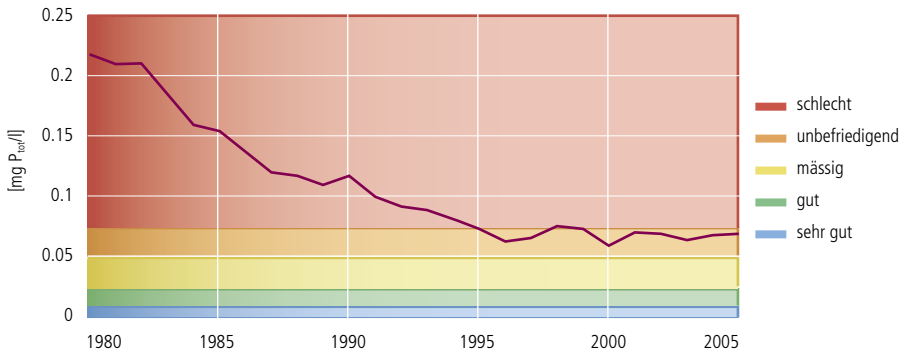
unterhalb einer Tiefe von 5 m eine starke Sauerstoffzehrung ein. Dieser Prozess führte während der Stagnationsphase zu einer weiteren Abnahme der Sauerstoffkonzentration. Im Juli enthielt das Wasser unterhalb von 9 m Tiefe weniger als 4 mg Sauerstoff pro Liter. Im September war unterhalb von 7.5 m Tiefe kein Sauerstoff mehr vorhanden. Mit einsetzender Abkühlung der oberflächennahen Wasserschichten wurde ab

Greifensee 2005 (tiefste Stelle)

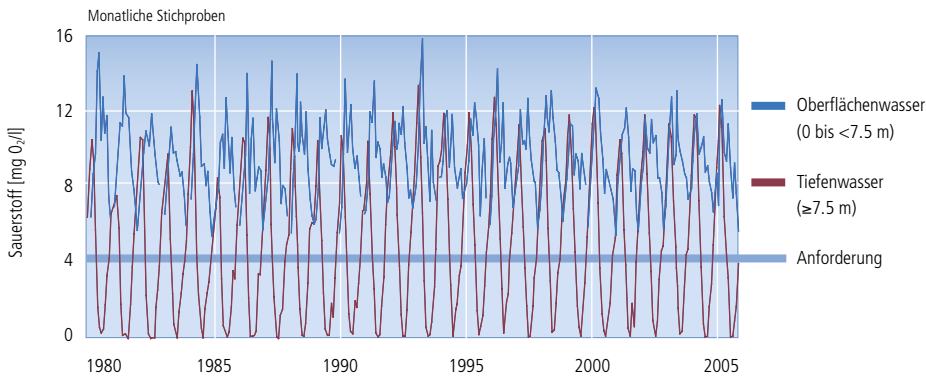
Sauerstoff (mg O₂ / l)
Temperatur (°C)



Gesamtphosphor Jahresmittelwerte der Volumen gewichteten Tiefenprofile

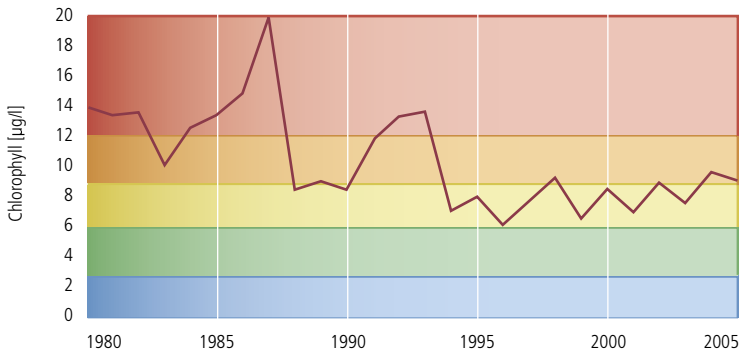


Mittlere Sauerstoffkonzentration im Oberflächen- und Tiefenwasser



Chlorophyllkonzentration

Jahresmittelwerte der monatlichen Mischprobe aus 0–20 m Tiefe



November wiederum sauerstoffhaltiges Wasser in die tieferen Wasserschichten eingemischt.

Beurteilung des Seezustandes

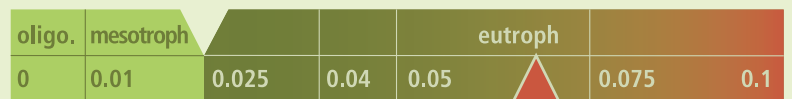
Durch den Ausbau der Siedlungsentwässerung und der ARA sowie Massnahmen in der Landwirtschaft konnte die mittlere Phosphorkonzentration zwischen 1969 und 1996 von 0.5 mg P/l auf rund 0.062 mg P/l reduziert werden. Parallel dazu ging auch die Algenbiomasse stark zurück. In den letzten 10 Jahren konnte jedoch weder beim Phosphor noch beim Chlorophyll, das als Mass für die Algenbiomasse verwendet wird, eine weitere Abnahme registriert werden. Unter natürlichen Verhältnissen wäre der Greifensee ein oligotropher See mit geringer Produktivität. Aufgrund der heutigen Phosphorkonzentrationen liegt der See jedoch noch immer im eutrophen Bereich mit massiv höheren Nährstoffkonzentrationen, als unter natürlichen Bedingungen zu erwarten wäre. Auch die heutige Kieselalgenzusammensetzung mit den dominierenden nährstoffliebenden Arten *Stephanodiscus parvus / minutulus*, *Asterionella formosa* und *Fragilaria crotonensis* weist darauf hin, dass der See zu nährstoffreich ist. Die Bewertungen bezüglich Phosphor und Chlorophyll weisen einen unbefriedigenden Zustand aus. Die Anforderungen für Sauerstoff können nicht ganzjährig eingehalten werden. Während der sommerlichen Stagnationsphase werden durch den biologischen Abbau von organischem Material die Sauerstoffvorräte im Tiefenwasser nach und nach vom Grund her aufgebraucht. Unzureichende Sauerstoffkonzentrationen in den tieferen- und hohe Wassertemperaturen in den oberflächennahen Wasserschichten führen zu einem sehr eingeschränkten Lebensraum für Fische, speziell für Felchen.

Handlungsbedarf

Es sind weitere Massnahmen in der Siedlungsentwässerung und der Landwirtschaft zu treffen, um mindestens das Erreichte zu halten. Eine nachhaltige Sanierung im stark besiedelten und landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet ist mit realistischen und finanzierbaren Massnahmen mittelfristig nicht erreichbar.

Gesamtphosphor Greifensee

Ökologisches Ziel: 0.025



Mittelwert 2005

[mg P_{tot}/l]



Einzugsgebiet

Fläche total 30.9km²



Quelle: Arealstatistik 92/97 GEOSTAT

Wichtige Ereignisse:

- 1948: Erlass Schutzverordnung Pfäffikersee
- 1950: Inbetriebnahme ARA Pfäffikon
- November 1992: Inbetriebnahme der seeinternen Zirkulationsanlage
- 23.9.1999: grosses Felchensterben; die Ursache konnte trotz umfangreichen Untersuchungen nicht ermittelt werden
- 2004: Aufhebung ARA Bäretswil, Anschluss an ARA Wetzikon

Höhenlage	537 m ü. M.
Seeoberfläche	3.03 km ²
Maximale Tiefe	35.0 m
Mittlere Tiefe	18.8 m
Seevolumen	57.1 Mio m ³
Seeabfluss	Aa
Q _{mittel}	860 l/s
Q ₃₄₇	77 l/s
Aufenthaltszeit	ca. 770 Tage

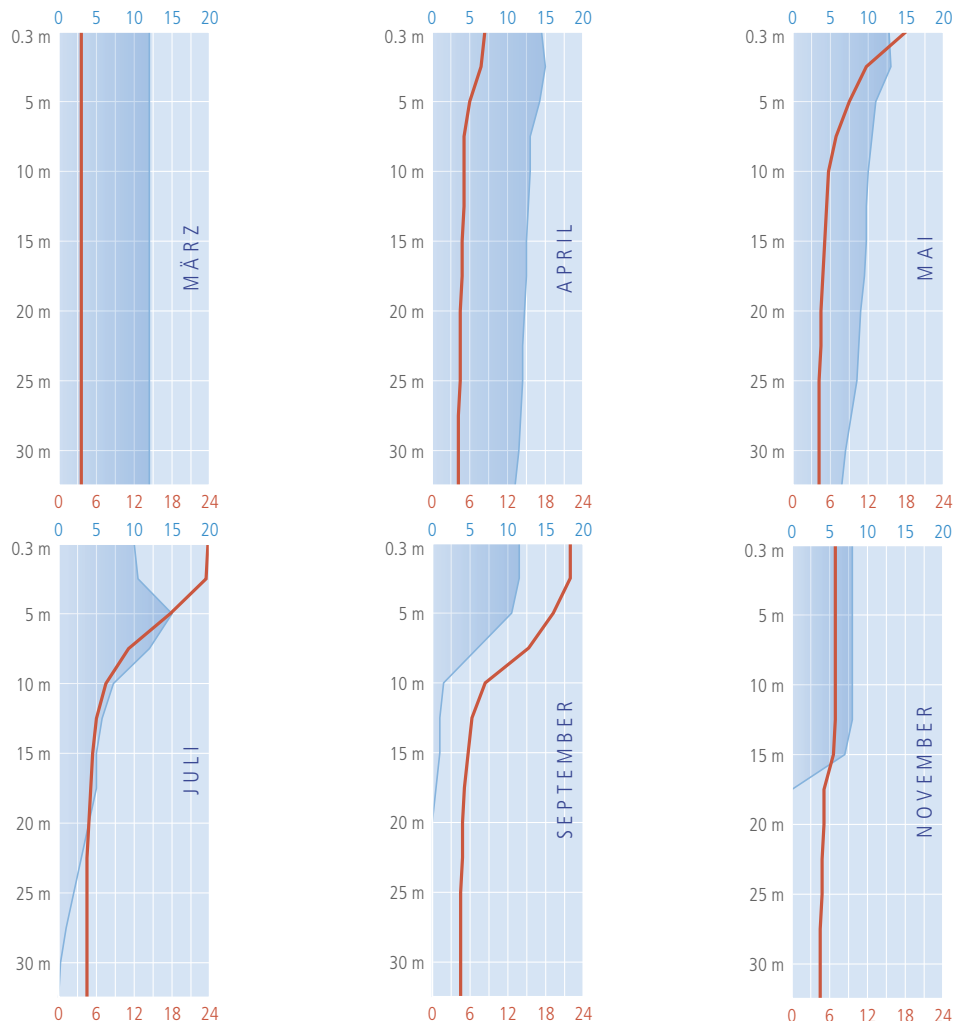
Sauerstoff- und Temperaturprofile

Im März 2005 befand sich der Pfäffikersee noch in der Zirkulationsphase. Die im See installierte Zirkulationsunterstützungsanlage gewährleistet, dass im Frühjahr das Seewasser bis zum Grund mit Sauerstoff gesättigt ist. Durch den Abbau von organischem Material während der Stagnationsphase ab April 2005 wurden die Sauerstoffvorräte im Tiefenwasser nach und

nach vom Grund her aufgezehrt. Das Sauerstoffmaximum in 5 m Tiefe im Juli 2005 ist auf die starke Photosyntheseaktivität der Algen zurückzuführen. Im September war das gesamte Seevolumen unterhalb von 10 m Tiefe praktisch sauerstofffrei. Mit zunehmender Abkühlung der oberflächennahen Wasserschichten wurde gegen Jahresende wiederum sauerstoffhaltiges Wasser in die tieferen Wasserschichten eingemischt.

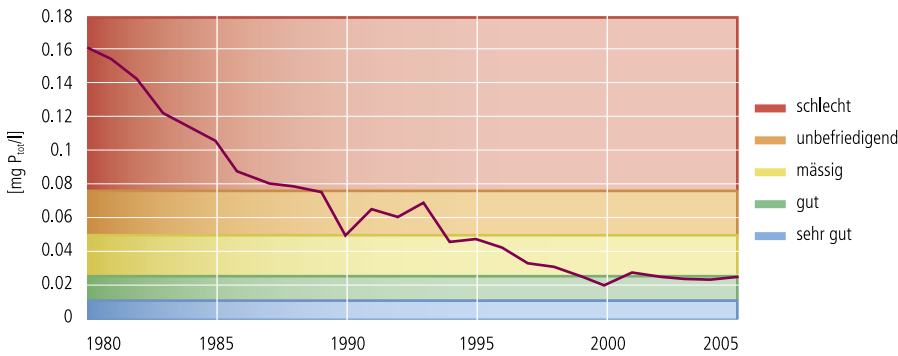
Pfäffikersee 2005 (tiefste Stelle)

Sauerstoff (mg O₂ /l)
Temperatur (°C)



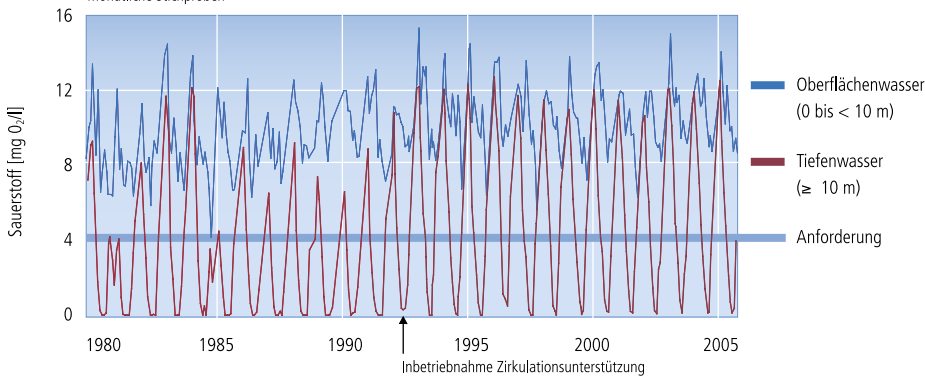
Gesamtposphor

Jahresmittelwerte der Volumen gewichteten Tiefenprofile



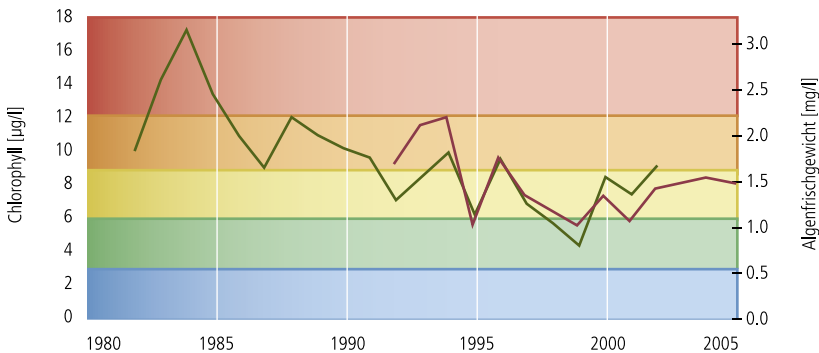
Mittlere Sauerstoffkonzentration im Oberflächen- und Tiefenwasser

Monatliche Stichproben



Chlorophyllkonzentration und Algenfrischgewicht

Jahresmittelwerte der monatlichen Mischprobe aus 0–15 m Tiefe



Beurteilung des Seezustandes

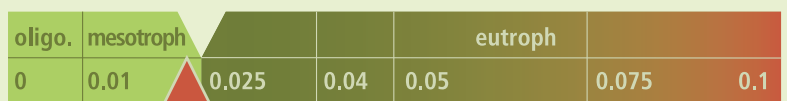
Der Pfäffikersee wäre unter natürlichen Verhältnissen ein oligotropher See mit geringer Produktivität. Aufgrund der heutigen Phosphorkonzentration liegt der See im mesotrophen Bereich, damit ist diese Zielvorgabe gemäss GSchV seit 1999 erreicht. Während in den Siebziger- und Achtzigerjahren die Phosphorkonzentration stark zurückging, nahm sie seit 1990 nur noch langsam ab. Der Rückgang des Phosphorgehaltes führte zu einer Reduktion der Algendichte, die seit 1995 als mässig beurteilt werden kann. Insbesondere Massentwicklungen im Herbst traten seit 1997 nicht mehr auf. Trotz des starken Nährstoffrückgangs dominiert bei den Kieselalgen noch immer die nährstoffliebende Art *Stephanodiscus minutulus/parvus*. Kieselalgen reagieren auf einen Nährstoffrückgang verzögert. Erst wenn die Gesamtposphorkonzentration längerfristig unter 0.020 mg P/l sinkt, ist mit einem Rückgang dieser Art zu rechnen. Die Anforderung für Sauerstoff kann noch nicht eingehalten werden. Neben dem Abbau von absterbenden und daher absinkenden Algen ist vor allem die am Seegrund abgelagerte Biomasse aus früheren Jahren für die starke Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser verantwortlich. Dieser Prozess wird die Sauerstoffverhältnisse im See auch mittelfristig weiter dominieren.

Handlungsbedarf

- Stabilisierung der Phosphorkonzentration unter 0.025 mg P_{tot}/l durch Aufrechterhaltung der getroffenen Massnahmen im Bereich Landwirtschaft und Siedlungsentwässerung.
- Mittelfristig weiterer Betrieb der Zirkulationsunterstützungsanlage: eine nachhaltige Verbesserung der Sauerstoffsituation ist erst zu erwarten, wenn die Biomasseproduktion weiter verringert und die abgelagerte Biomasse am Seegrund stärker abgebaut ist.

Gesamtposphor Pfäffikersee

Ökologisches Ziel: 0.025



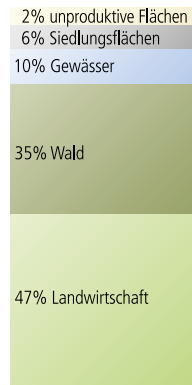
Mittelwert 2005

[mg P_{tot}/l]



Einzugsgebiet

Fläche total 5.2 km²



Quelle: Arealstatistik 92/97 GEOSTAT

Wichtige Ereignisse:

- 1942: Forellensterben durch defekte Jaucheleitungen
- 1944: Schutzverordnung Türlerseer
- zirka 1980-1987: Abwassertechnische Sanierung des Einzugsgebietes: 95 % der häuslichen Abwässer werden in den ARA Birmensdorf und Hausen a. Albis gereinigt
- November 1987: Inbetriebnahme der see-internen Zirkulationsunterstützungsanlage

Höhenlage	643 m ü. M.
Seeoberfläche	0.497 km ²
Maximale Tiefe	22.0 m
Mittlere Tiefe	13.0 m
Seevolumen	6.485 Mio m ³
Seeabfluss	Reppisch
Q _{mittel}	105 l/s
Q ₃₄₇	5.7 l/s
Aufenthaltszeit	ca. 730 Tage

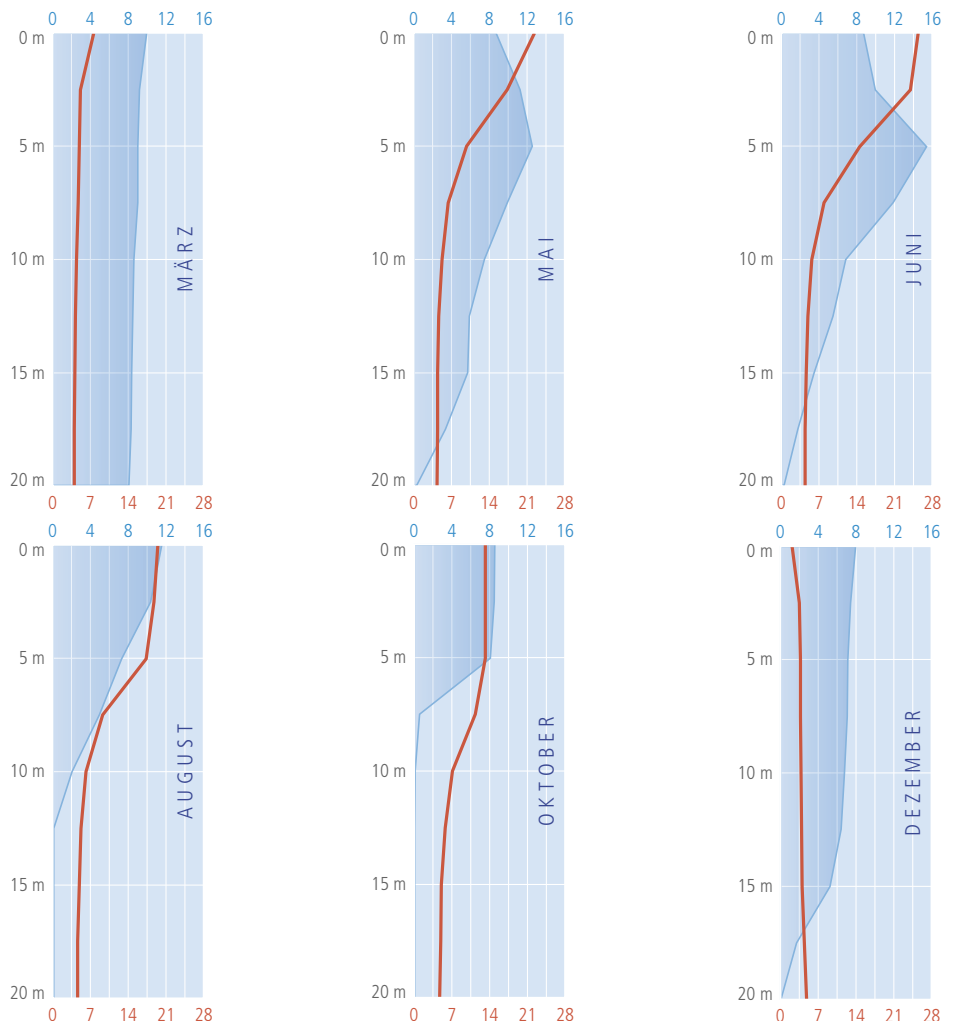
Sauerstoff- und Temperaturprofile

Eine Anlage zur Zirkulationsunterstützung, welche die natürlichen Mischungsprozesse im See verstärkt, trägt dazu bei, dass im Frühling das Wasser weitgehend mit Sauerstoff gesättigt ist. Im März 2005 wies der See Sauerstoffkonzentrationen zwischen 8 und 10 mg O₂ /l auf. Die Produktion von Algenbiomasse ging seit Beginn der Acht-

zigerjahre massiv zurück. Massenentwicklungen von Algen traten kaum mehr auf. Trotz der Verbesserung des Seezustandes konnte das Qualitätsziel von 4 mg O₂ /l in den tieferen Wasserschichten während dem Sommerhalbjahr nicht eingehalten werden. Neben dem Abbau von absterbenden und daher absinkenden Algen ist vor allem die am Seegrund abgelagerte

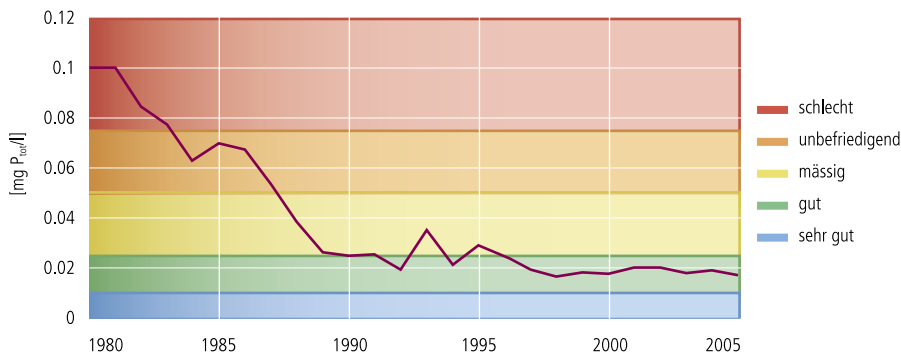
Türlerseer 2005 (tiefste Stelle)

Sauerstoff (mg O₂ /l)
Temperatur (°C)



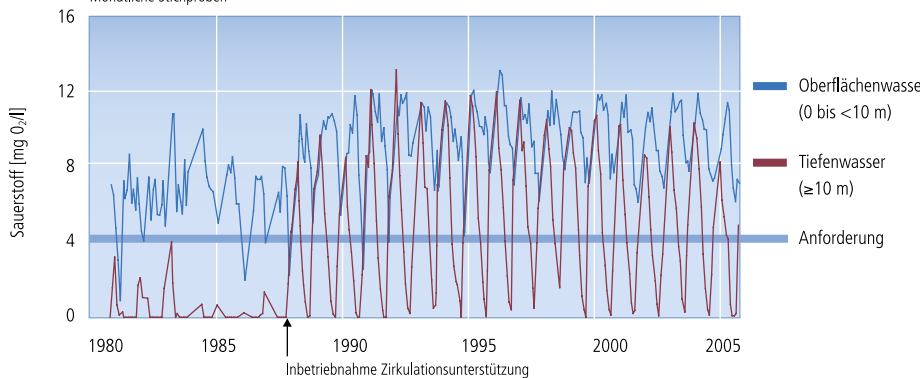
Gesamtphosphor

Jahresmittelwerte der Volumen gewichteten Tiefenprofile



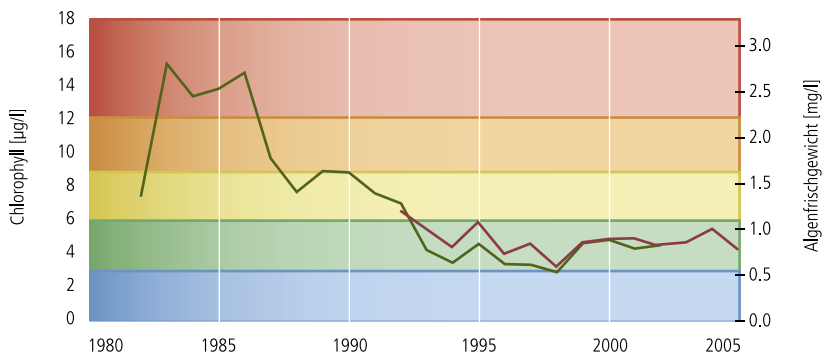
Mittlere Sauerstoffkonzentration im Oberflächen- und Tiefenwasser

Monatliche Stichproben



Chlorophyllkonzentration und Algenfrischgewicht

Jahresmittelwerte der monatlichen Mischprobe aus 0–15 m Tiefe



Biomasse aus früheren Jahren für die starke Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser verantwortlich. Dieser Prozess wird die Sauerstoffverhältnisse im See auch mittelfristig weiter dominieren.

Beurteilung des Seezustandes

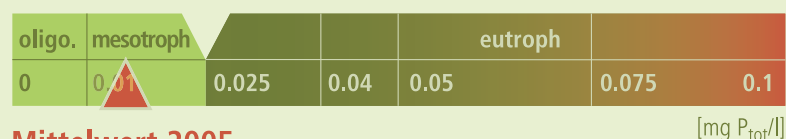
Unter natürlichen Verhältnissen wäre der Türlensee ein oligotropher See mit geringer Produktivität. Aufgrund der heutigen Phosphorkonzentration liegt der See im mesotrophen Bereich. Er erfüllt die Zielvorgaben bezüglich Gesamtphosphorgehalt seit 1989. Der Rückgang des Phosphorgehaltes führte zu einer deutlichen Reduktion der Algendichte, die seit 1992 als gut beurteilt werden kann. Auch die Kieselalgenzusammensetzung im See hat sich in den letzten Jahren verändert. Die Massenentwicklung der nährstoffliebenden Frühlingsart *Stephanodiscus minutulus/parvus* verlor an Bedeutung und *Cyclotella punctata*, eine Art, die wenig bis schwach nährstoffhaltige Gewässer bevorzugt, trat vermehrt auf. Die Anforderung für Sauerstoff kann noch nicht eingehalten werden. Während der sommerlichen Stagnationsphase werden durch den Abbau von organischem Seesediment die Sauerstoffvorräte im Tiefenwasser nach und nach vom Grund her aufgezehrt. Dieser Prozess dominiert das Sauerstoffregime im See.

Handlungsbedarf

- Stabilisierung der Gesamtphosphorkonzentration durch Aufrechterhaltung der Massnahmen in den Bereichen Landwirtschaft und Siedlungsentwässerung.
- Wissenschaftliche Abklärung, ob ein weiterer Betrieb der Zirkulationsunterstützungsanlage notwendig ist.

Gesamtphosphor Türlensee

Ökologisches Ziel: 0.025

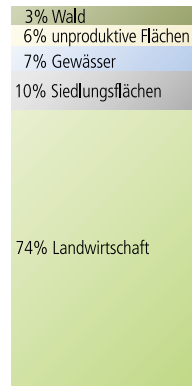


Mittelwert 2005



Einzugsgebiet

Fläche total 2.4 km²



Quelle: Arealstatistik 92/97 GEOSTAT

Wichtige Ereignisse:

- 1972: Ableitung des Schmutzwassers der Gemeinde Hütten zur Abwasserreinigungsanlage Richterswil
- Dezember 1983: Inbetriebnahme der seeinternen kombinierten Zirkulationsunterstützungs- und Belüftungsanlage
- 1991: Sanierungsleitung für Einzelliegenschaften; damit fließen keine ungeklärten Abwässer mehr in den See

Höhenlage	658 m ü. M.
Seeoberfläche	0.165 km ²
Maximale Tiefe	13.3 m
Mittlere Tiefe	6.3 m
Seevolumen	1.045 Mio m ³
Seeabfluss	Mühlebach
Q _{mittel}	ca. 100 l/s
Q ₃₄₇	–
Aufenthaltszeit	ca. 120 Tage

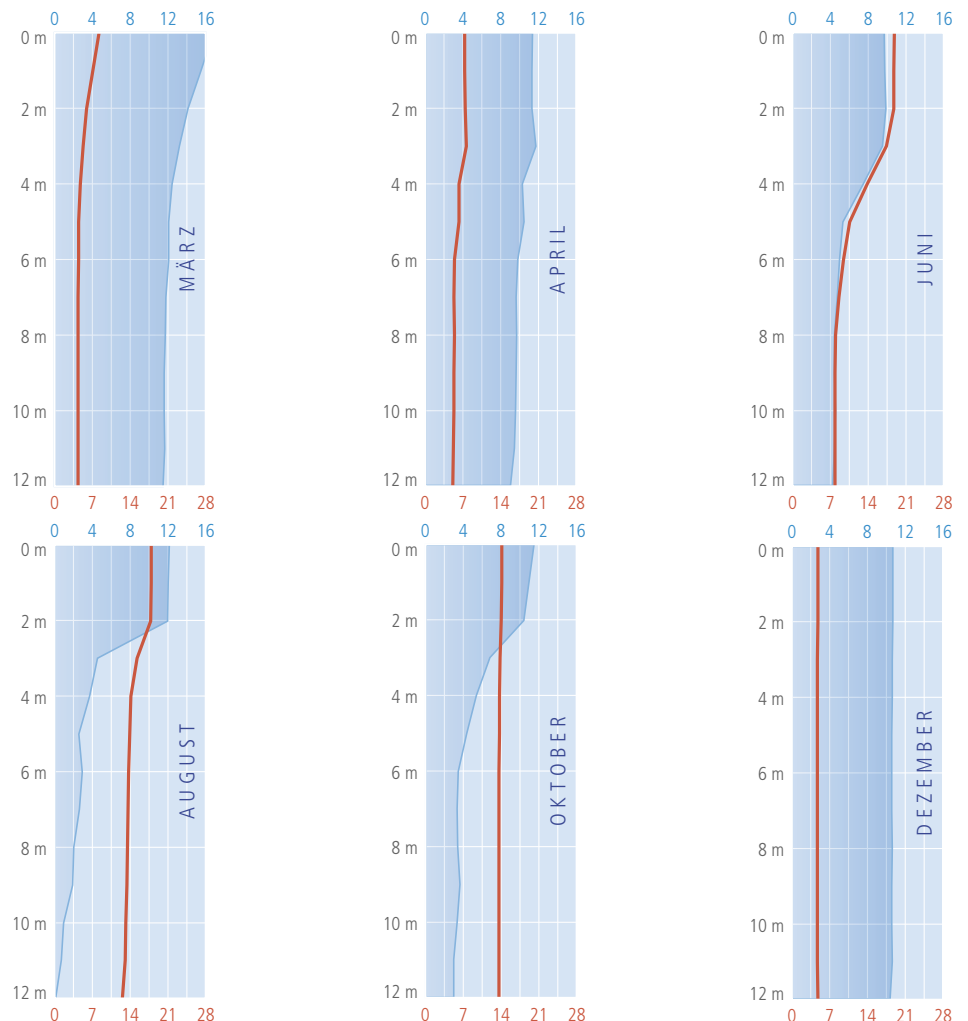
Sauerstoff- und Temperaturprofile

Im Hüttnersee ist eine kombinierte Belüftungs- und Zirkulationsunterstützungsanlage in Betrieb. Diese gewährleistet sauerstoffgesättigtes Wasser am Ende der Zirkulationsphase im Frühjahr bis zum Sommer. Im März 2005 betrug die Sauerstoffkonzentration am Seegrund knapp

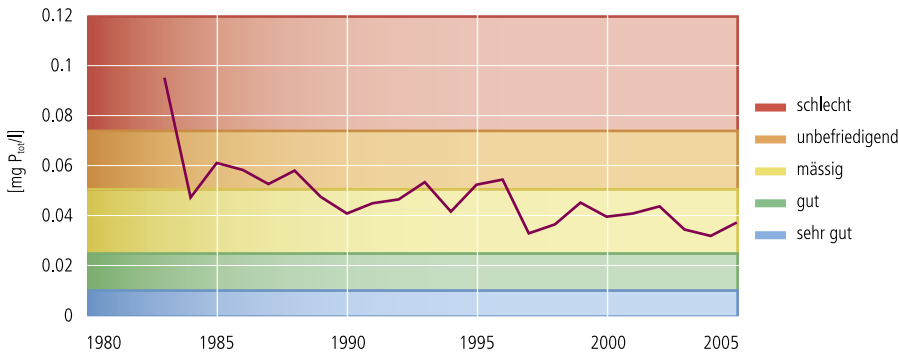
12 mg O₂ /l. Im Epilimnion kam es aufgrund der starken Photosynthese der Algen zu Sauerstoffkonzentrationen um 16 mg O₂ /l. Im Verlauf der Stagnationsphase bewirkte der Abbau absterbender und daher absinkender Algen in den tieferen Wasserschichten eine deutliche Sauerstoffzehrung. Bedingt durch einen Defekt an der Belüftungsanlage wurde das Quali-

Hüttnersee 2005 (tiefste Stelle)

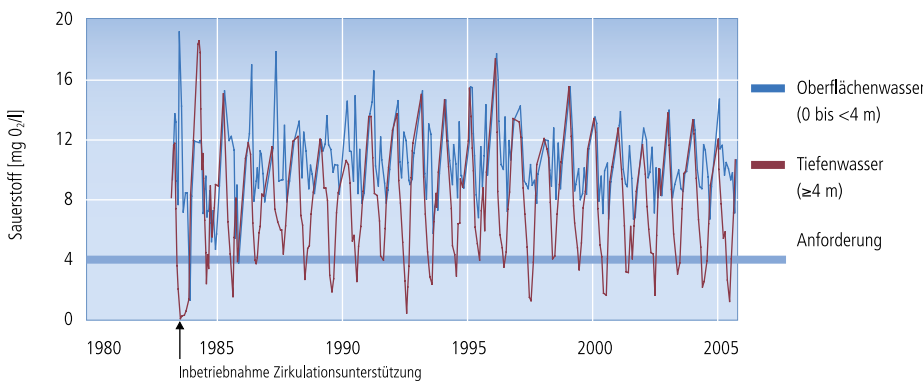
Sauerstoff (mg O₂ /l)
Temperatur (°C)



Gesamtphosphor Jahresmittelwerte der Volumen gewichteten Tiefenprofile

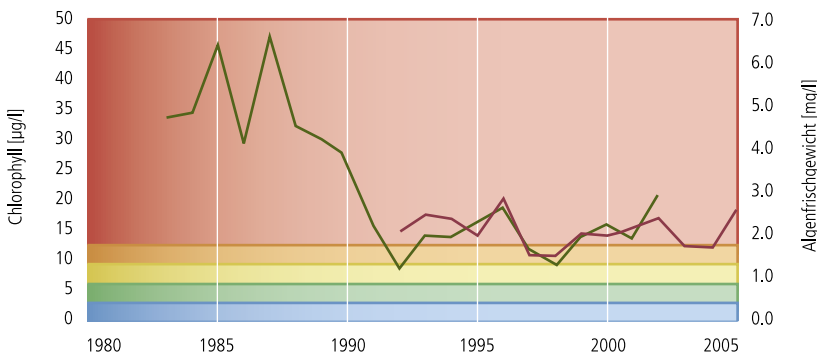


Mittlere **Sauerstoffkonzentration** im Oberflächen- und Tiefenwasser
Monatliche Stichproben



Chlorophyllkonzentration und **Algenfrischgewicht**

Jahresmittelwerte der monatlichen Mischprobe aus 0–10 m Tiefe



tätsziel von 4 mg O₂/l im August nicht eingehalten. Dieses Sauerstoffdefizit konnte bis im Oktober nahezu wieder behoben werden. Die Belüftungsanlage führt zu einer Erwärmung des Tiefenwassers während der Sommermonate. Im Hüttnersee setzt daher die Zirkulationsphase oftmals bereits im Oktober ein.

Beurteilung des Seezustandes

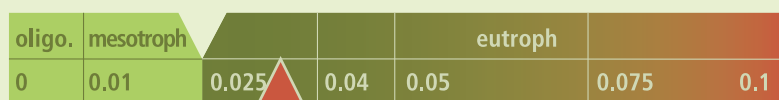
Einzelmessungen Ende der Sechziger- und Mitte der Siebzigerjahre zeigen, dass der See damals bezüglich Gesamtphosphorgehalt als schlecht beurteilt werden musste. Seither ging die Phosphorbelastung stark zurück. Der Hüttnersee wäre unter natürlichen Verhältnissen ein oligotropher bis mesotropher See mit mässiger Produktivität. Aufgrund der heutigen Phosphorkonzentration liegt der See im eutrophen Bereich mit höheren Nährstoffkonzentrationen, als unter natürlichen Bedingungen zu erwarten wäre. Die anfängliche Reduktion des Phosphorgehaltes dürfte auf die 1983 in Betrieb genommene kombinierte Belüftungs- und Zirkulationsunterstützungsanlage zurückzuführen sein. Seit 9 Jahren hat die Gesamtphosphorkonzentration nicht mehr weiter abgenommen und liegt mit Werten um 0.035 mg P/l, deutlich über der Zielvorgabe. Seit 1992 dient die Chlorophyllkonzentration als Mass für die Algenbiomasse im See. Mit mittleren Chlorophyllkonzentrationen von über 12 µg/l muss der Zustand bezüglich Algenbiomasse als schlecht beurteilt werden. Unansehnliche Algenansammlungen an der Seeoberfläche traten auch in den letzten Jahren wiederholt auf. Während der sommerlichen Stagnationsphase führt der biologische Abbau von absterbenden und absinkenden Algen zu einer massiven Sauerstoffzehrung in den tieferen Wasserschichten. Diese wird normalerweise durch die Belüftungsanlage weitgehend kompensiert. Im Jahr 2005 aber wurde die starke Sauerstoffzehrung aufgrund des Anlagendefektes sichtbar.

Handlungsbedarf

- Eine weitere Senkung der Phosphoreinträge in den See sollte durch besser angepasste Bewirtschaftungsverfahren und durch eine Extensivierung der Produktion angestrebt werden.
- Aufgrund der topographischen Situation und der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet kann mittelfristig mit keiner Verbesserung des Seezustandes gerechnet werden. Die bestehende kombinierte Belüftungs- und Zirkulationsunterstützungsanlage muss deshalb weiter betrieben werden.

Gesamtphosphor Hüttnersee

Ökologisches Ziel: 0.025



Mittelwert 2005

[mg P_{tot}/l]



Einzugsgebiet

Fläche total 143.6 ha



Quelle: Arealstatistik 92/97 GEOSTAT

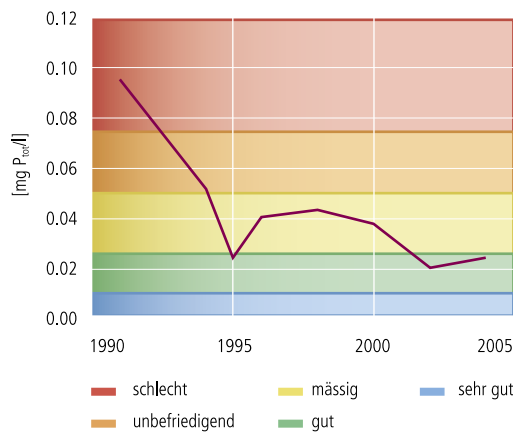
Beurteilung des Seezustandes

Unter natürlichen Verhältnissen wäre der Husemersee ein mesotropher See mit mittlerer Biomasseproduktion. Aufgrund der heutigen Phosphorkonzentrationen kann der See als mesotropher See eingestuft werden. Die Gesamtphosphorbelastung ist seit Beginn der 90-er Jahre deutlich zurückgegangen und kann heute als gut beurteilt werden. Die Stickstoffbelastung dagegen ist relativ hoch. Die niederen Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenwasser sind nicht allein auf eine zu hohe Biomasseproduktion in den höheren Wasserschichten zurückzuführen. Der Husemersee weist in Bezug auf die Seeoberfläche eine relativ grosse Wassertiefe auf und liegt windgeschützt in einer Geländemulde. Deshalb kommt es nur selten zu einer vollständigen Zirkulation der Wassermassen und damit zu einem ausreichenden Sauerstoffeintrag ins Tiefenwasser. Tiere und Pflanzen, die diesen Lebensraum besiedeln, sind an die dort herrschenden Bedingungen angepasst.

Höhenlage	409 m ü. M.
Entstehung	Toteissee
Maximale Tiefe	14.3 m
Mittlere Tiefe	6.2 m
Seeoberfläche	8.0 ha
Seevolumen	499 000 m ³
Seeabfluss	Seegraben
Messstelle	695 150 / 275 350

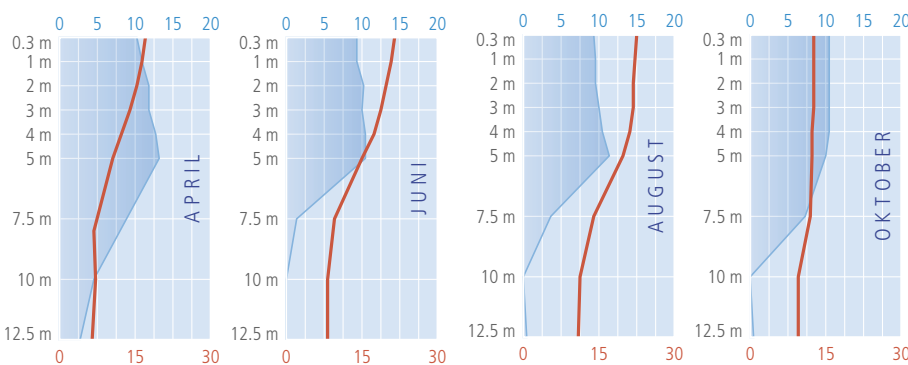
Gesamtphosphor

Jahresmittelwerte der Volumen gewichteten Tiefenprofile



Tiefenprofile 2004

Sauerstoff (mg O₂ / l) Temperatur (°C)



Heutige Bedeutung

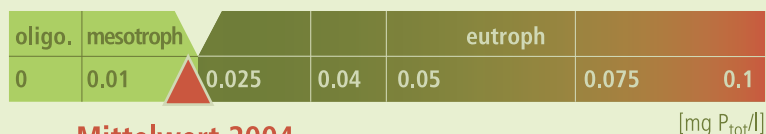
Das Husemerseegebiet ist ein Lebens- und Landschaftsraum mit grossem biologischem und landschaftlichem Wert und beherbergt seltene, gefährdete und geschützte Tier- und Pflanzenarten. Es ist als kantonales Naturschutzgebiet mittels Verordnung geschützt. 1994 wurden die Riedgebiete ins Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung aufgenommen. Das Naturschutzgebiet ist aber auch ein beliebter Naherholungsraum. Zirka ein Drittel des Sees darf als Badegewässer genutzt werden. Der See und die Weiher sind als Fischgewässer verpachtet.

Handlungsbedarf

- Stabilisierung der Phosphorkonzentration und Reduktion des Stickstoffeintrages durch die Landwirtschaft und Siedlungsentwässerung.
- Messung der Chlorophyll-Konzentration zur besseren Beurteilung der Biomasseentwicklung im Jahresverlauf.

Gesamtphosphor Grosser Husemersee

Ökologisches Ziel: 0.025



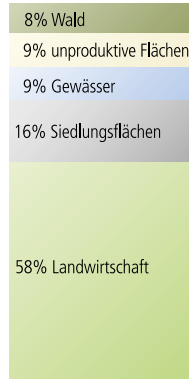
Mittelwert 2004

[mg P_{tot}/l]



Einzugsgebiet

Fläche total 43.1 ha

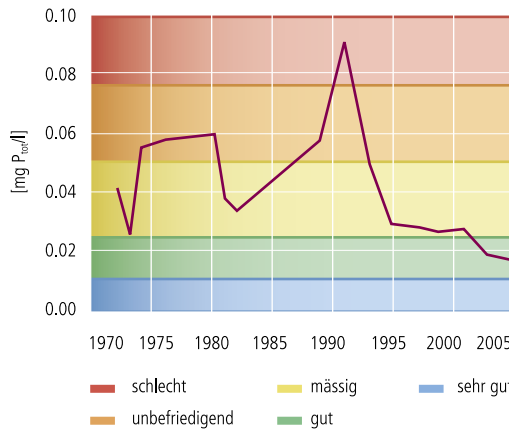


Quelle: Arealstatistik 92/97 GEOSTAT

Höhenlage	418 m ü. M.
Entstehung	Toteisse
Maximale Tiefe	12.4 m
Mittlere Tiefe	6.5 m
Seeoberfläche	2.5 ha
Seevolumen	162 000 m ³
Aufenthaltszeit	180 Tage
Seebfluss	Seegraben
Q _{mittel}	9.5 l/s
Messstelle	679 400 / 258 700

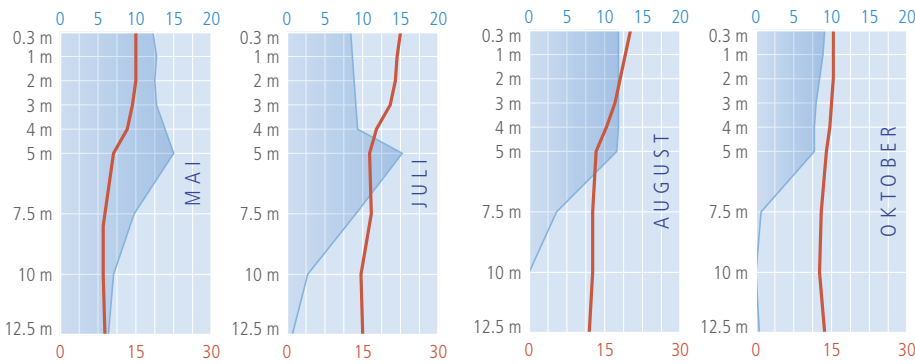
Gesamtphosphor

Jahresmittelwerte der Volumen gewichteten Tiefenprofile



Tiefenprofile 2005

Sauerstoff (mg O₂/l) Temperatur (°C)



Beurteilung des Seezustandes

Der Mettmehaslisee wäre unter natürlichen Verhältnissen ein mesotropher See mit mittlerer Biomasseproduktion. Aufgrund der heutigen Phosphorkonzentration befindet sich der Mettmehaslisee im mesotrophen Bereich. Die Gesamtphosphorbelastung ist seit Beginn der 90-er Jahre zurückgegangen und kann heute als gut beurteilt werden. Auch die Stickstoffbelastung ist seither stark gesunken. Trotz Sauerstoffmangel im Tiefenwasser ist die Phosphorrücklösung aus dem Sediment gering. Die ungenügende Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers führte allerdings zu einer starken Anreicherung von Ammonium über dem Seegrund. Der Sauerstoffmangel im Tiefenwasser ist nicht nur die Folge der Sauerstoffzehrung durch den Abbau von abgestorbener Biomasse, sondern auch auf die ungenügende Durchmischung des Sees im Winter zurückzuführen. Der Mettmehaslisee weist in Bezug auf die Seeoberfläche eine relativ grosse Wassertiefe auf. Im Winter werden daher die Wassermassen oftmals nicht vollständig gemischt, so dass bereits zu Beginn der Stagnationsphase ein Sauerstoffdefizit in den untersten Wasserschichten entstehen kann. Tiere und Pflanzen, die solche Gewässer besiedeln, sind an diese Bedingungen im See angepasst.

Heutige Bedeutung

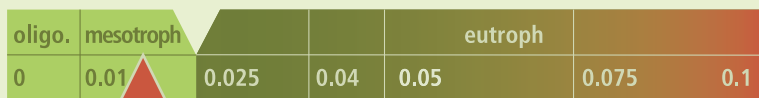
Das Mettmehasliseegebiet ist als kantonales Naturschutzgebiet mittels Verordnung geschützt. Im Verlandungsbereich des Mettmehaslisees befindet sich ein kleines aber wertvolles Hochmoor, welches verschiedene seltene und geschützte Tiere und Pflanzen beherbergt. Die Flachmoore im Mettmehasliseegebiet werden in traditioneller Weise als Streuwiesen genutzt, was für die Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt und für den Aspekt der Landschaft wichtig ist. 1991 und 1994 wurden verschiedene Objekte in die Bundesinventare der Flachmoore sowie Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung aufgenommen. Das weitgehend naturnahe Gebiet ist aber auch ein beliebtes Naherholungsgebiet. Der See dient als Badegewässer und wird von Fischern genutzt.

Handlungsbedarf

- Stabilisierung der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen im See.
- Messung der Chlorophyll-Konzentration zur besseren Beurteilung der Biomasseentwicklung im Jahresverlauf.

Ökologisches Ziel: 0.025

Gesamtphosphor Mettmehaslisee



Mittelwert 2005

[mg P_{tot}/l]



Einzugsgebiet

Fläche total 168.5 ha



(unterer und oberer Katzensee)
Quelle: Arealstatistik 92/97 GEOSTAT

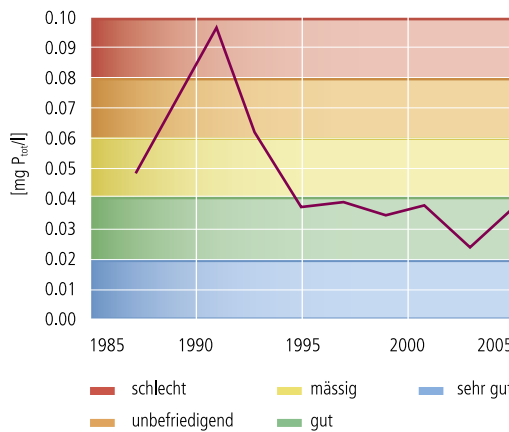
Beurteilung des Seezustandes

Der Katzensee wäre unter natürlichen Verhältnissen ein eutropher See mit relativ hoher Biomasseproduktion. Aufgrund der heute vorhandenen Phosphorkonzentrationen liegt der Katzensee im eutrophen Bereich. Die Gesamtphosphorbelastung ist seit Beginn der 90-er Jahre deutlich zurückgegangen und kann heute als gut beurteilt werden. In den See fließt Meteorwasser von der Wehntalerstrasse, welches die Wasserqualität im See nicht massgeblich beeinflusst. Durch den Abbau von Biomasse kommt es während der Stagnationsphase in Sedimentnähe zu tiefen Sauerstoffkonzentrationen. Dies ist ein normales Phänomen in natürlicherweise stark produktiven Seen. Tiere und Pflanzen, die in solchen Gewässern heimisch sind, sind an diese Bedingungen im See angepasst.

Höhenlage	439 m ü. M.
Entstehung	Toteissee
Maximale Tiefe	7.7 m
Mittlere Tiefe	4.4 m
Seeoberfläche	19.2 ha
Seevolumen	842 000 m ³
Aufenthaltszeit	50 Tage
Seeabfluss	Furtbach
Messstelle	679 300 / 253 900

Gesamtposphor

Jahresmittelwerte der Volumen gewichteten Tiefenprofile

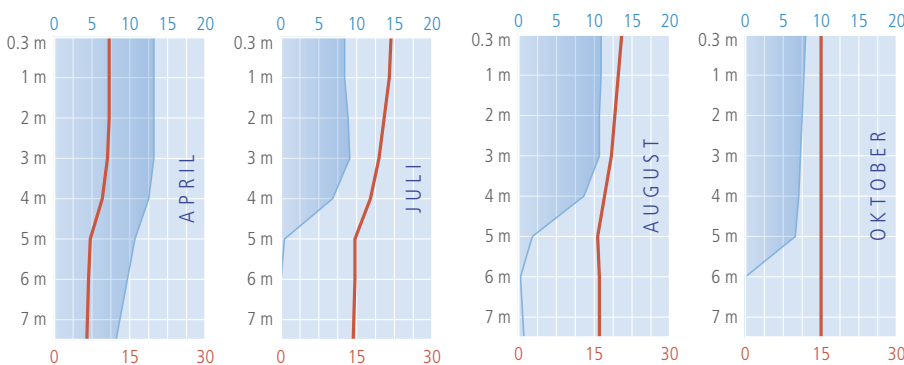


Heutige Bedeutung

Das Katzenseegebiet ist ein Lebens- und Landschaftsraum mit grossem biologischem und landschaftlichem Wert. Es ist als kantonales Naturschutzgebiet mittels Verordnung geschützt und wurde 1977 ins Inventar der Landschaften von nationaler Bedeutung aufgenommen. 1991 und 1994 wurden zudem verschiedene Objekte in die Bundesinventare der Flachmoore, sowie der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung aufgenommen. Als weitgehend naturnaher Bereich am dicht besiedelten Stadtrand von Zürich dient das Katzenseegebiet als Naherholungsraum, wobei in den Seen gefischt und im unteren Katzensee gebadet werden darf.

Tiefenprofile 2005

Sauerstoff (mg O₂/l) Temperatur (°C)

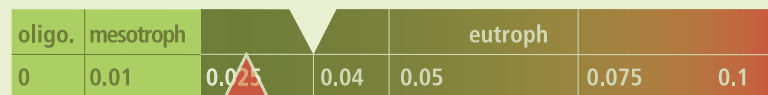


Handlungsbedarf

- Stabilisierung der Phosphorkonzentration durch Weiterführen der getroffenen Massnahmen im Bereich Siedlungsentwässerung und Landwirtschaft.
- Messung der Chlorophyll-Konzentration zur besseren Beurteilung der Biomasseentwicklung im Jahresverlauf.

Gesamtposphor Unterer Katzensee

Ökologisches Ziel: 0.040



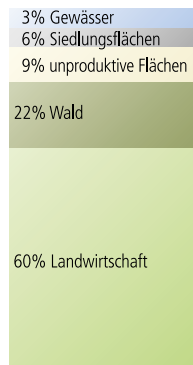
Mittelwert 2005

[mg P_{tot}/l]



Einzugsgebiet

Fläche total 570.9 ha



Quelle: Arealstatistik 92/97 GEOSTAT

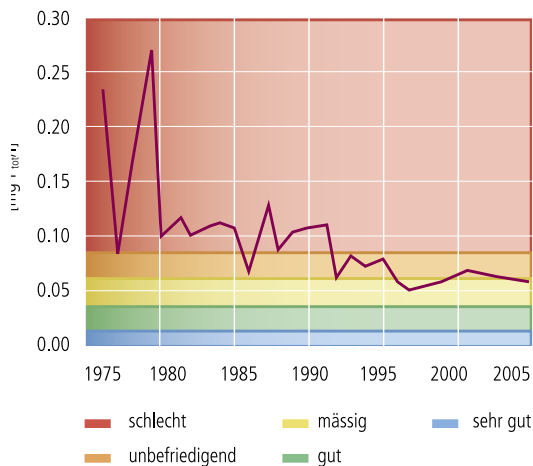
Beurteilung des Seezustandes

Der Lützelsee wäre unter natürlichen Verhältnissen ein eutropher See mit relativ hoher Biomasseproduktion. Aufgrund der heute vorhandenen Phosphorkonzentrationen liegt der Lützelsee im eutrophen Bereich. Allerdings sind die heutigen Nährstoffkonzentrationen im See höher, als unter natürlichen Bedingungen zu erwarten wäre. Die mittlere Gesamtphosphorkonzentration ist seit Mitte der 70-er Jahre stark zurückgegangen und kann als mässig beurteilt werden. Die seit 1982 in Betrieb stehende Tiefenwasserableitung hat dabei nur zu einer schwachen Abnahme der Gesamtphosphorkonzentration geführt. Die Gesamtphosphorkonzentration über dem Sediment ist seither allerdings deutlich gesunken. Mit dem externen Phosphor-eintrag in den See steht jedoch noch mehr als genügend Nährstoff für eine starke Algenproduktion zur Verfügung. Durch den Abbau von toter Biomasse kommt es in Sedimentnähe zu einer starken Sauerstoffzehrung, welche die Nachlieferung von Sauerstoff durch das nachsinkende Oberflächenwasser übertrifft.

Höhenlage	500 m ü. M.
Entstehung	Toteissee
Maximale Tiefe	6.1 m
Mittlere Tiefe	4.2 m
Seeoberfläche	12.8 ha
Seevolumen	534 000 m ³
Aufenthaltszeit	50 Tage
Seeabfluss	Tobelbach
Q _{mittel}	112.5 l/s
Messstelle	700 875 / 235 150

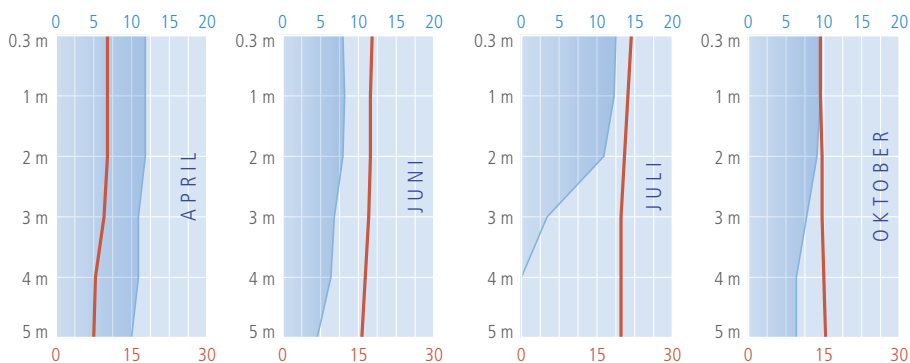
Gesamtphosphor

Jahresmittelwerte der Volumen gewichteten Tiefenprofile



Tiefenprofile 2005

Sauerstoff (mg O₂/l) Temperatur (°C)



Heutige Bedeutung

Das Lützelseegebiet zählt mit seinen Mooren und Kleinseen zu einer der schönsten Landschaften im Kanton und beherbergt seltene, gefährdete und geschützte Tier- und Pflanzenarten.

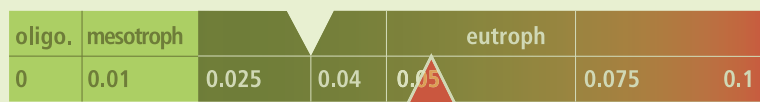
Das Gebiet ist als kantonales Schutzgebiet mittels Verordnung geschützt. Die Moore werden in traditioneller Weise von Landwirten als Streuwiesen genutzt, was für die Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt und für den Aspekt der Landschaft wichtig ist. Die meisten Riedwiesen sind seit 1994 als nationale Schutzobjekte im Inventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung aufgeführt. Das Lützelseegebiet dient als Naherholungsraum und die Seen werden als Bade- und Fischereigewässer genutzt.

Handlungsbedarf

- Reduktion der Phosphorkonzentration durch Extensivierung der Landwirtschaft sowie Erosionsschutzmassnahmen im Einzugsgebiet.
- Messung der Chlorophyll-Konzentration zur besseren Beurteilung der Biomasseentwicklung im Jahresverlauf.

Gesamtphosphor Lützelsee

Ökologisches Ziel: 0.040



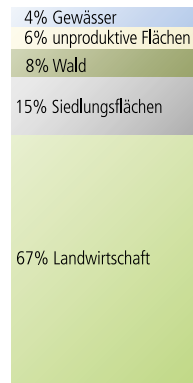
Mittelwert 2005

[mg P_{tot}/l]



Einzugsgebiet

Fläche total 130.5 ha



Quelle: Arealstatistik 92/97 GEOSTAT

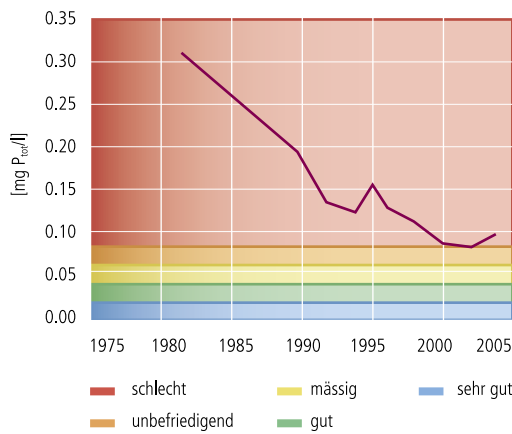
Beurteilung des Seezustandes

Unter natürlichen Verhältnissen wäre der Egelsee ein eutropher See mit relativ hoher Produktivität. Aufgrund der heutigen Phosphorkonzentrationen liegt der Egelsee jedoch im hoch eutrophen Bereich mit massiv höheren Nährstoffkonzentrationen, als unter natürlichen Bedingungen zu erwarten wäre. Die Gesamtphosphorbelastung ist seit Beginn der 80-er Jahre deutlich zurückgegangen, muss aber noch immer als schlecht beurteilt werden. In den See fließt heute Meteorwasser von der Wolfhauserstrasse. Häusliche Abwässer werden nicht mehr in den See geleitet. Hauptsächlich Dünger- und Bodenabschwemmungen aus dem landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet sowie die atmosphärische Deposition sind für die hohe Nährstoffbelastung verantwortlich. Die geringen Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenwasser führten zudem zu einer starken Anreicherung von Ammonium im Tiefenwasser, welches mit einsetzender Herbstzirkulation auch in höhere Wasserschichten transportiert wurde. Die Rücklösung von Phosphor aus dem Seesediment bewirkte in Sedimentnähe einen zusätzlichen Anstieg der bereits sehr hohen Gesamtphosphorkonzentration.

Höhenlage	494 m ü. M.
Entstehung	Toteissee
Maximale Tiefe	6.0 m
Mittlere Tiefe	3.6 m
Seeoberfläche	4.3 ha
Seevolumen	153 000 m ³
Aufenthaltszeit	180 Tage
Seeabfluss	Rüegguserbach
Q _{mittel}	10 l/s
Messstelle	704 375 / 234 950

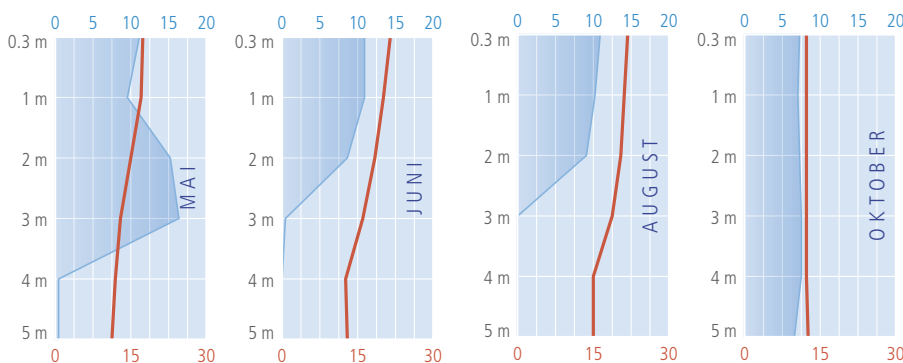
Gesamtphosphor

Jahresmittelwerte der Volumen gewichteten Tiefenprofile



Tiefenprofile 2004

Sauerstoff (mg O₂ /l) Temperatur (°C)

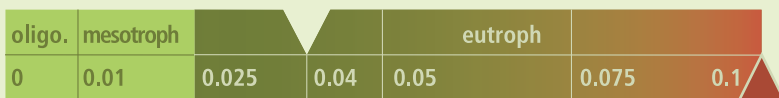


Handlungsbedarf

- Reduktion der Phosphor- und Stickstoffeinträge durch Erosionsschutz im Einzugsgebiet sowie Extensivierung der Landwirtschaft.
- Messung der Chlorophyll-Konzentration zur besseren Beurteilung der Biomasseentwicklung im Jahresverlauf.

Ökologisches Ziel: 0.040

Gesamtphosphor Egelsee



[mg P_{tot}/l]

Mittelwert 2004

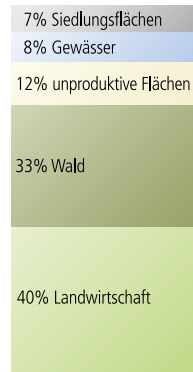
Heutige Bedeutung

Das Gebiet rund um den Egelsee ist mit seinen Mooren, Hügeln und Mulden ein Lebens- und Landschaftsraum mit grossem biologischem und landschaftlichem Wert und beherbergt verschiedene seltene, gefährdete und geschützte Pflanzen und Tiere. Das Egelseegebiet ist als kantonales Naturschutzgebiet mittels Verordnung geschützt. 1991 und 1994 wurden verschiedene Objekte in die Bundesinventare der Flachmoore, sowie der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung aufgenommen. In Zusammenhang mit der dafür notwendigen Landumlegung konnten Nährstoffpufferzonen geschaffen werden. Als reichgekammerte Kulturlandschaft mit Hecken, Obstbäumen und schönen alten Bauernhäusern ist das Gebiet rund um den Egelsee ein beliebtes Naherholungsgebiet und der See als Badegewässer ein beliebtes Ausflugsziel.



Einzugsgebiet

Fläche total 25.8 ha



Quelle: Arealstatistik 92/97 GEOSTAT

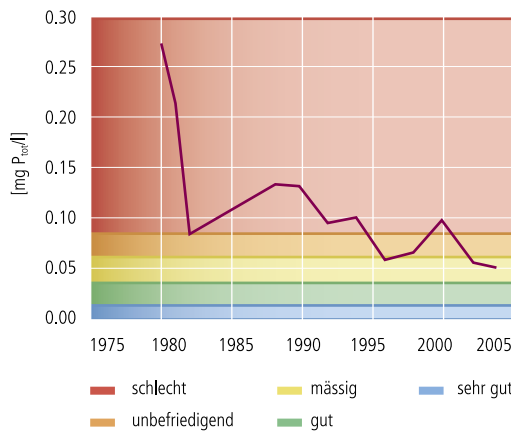
Beurteilung des Seezustandes

Der Seeweidsee wäre unter natürlichen Verhältnissen ein eutropher See mit relativ hoher Biomasseproduktion. Aufgrund der heute vorhandenen Phosphorkonzentrationen liegt der Seeweidsee im eutrophen Bereich. Die mittlere Gesamtphosphorbelastung ist seit Beginn der 80-er Jahre deutlich zurückgegangen und kann als mässig beurteilt werden. Der See wird hauptsächlich durch Quellwasser aus dem Gebiet Lochrain zwischen Hombrichtikon und Stäfa gespeisen. Dessen stark schwankender Gesamtphosphor- und Stickstoffgehalt bestimmt die Wasserqualität im See massgeblich. Da heute keine häuslichen Abwässer mehr in den See gelangen, sind hauptsächlich Dünger- und Bodenabschwemmungen sowie die atmosphärische Deposition für die hohe Nährstoffbelastung verantwortlich. Durch den Abbau von Algenbiomasse kommt es im Verlauf des Sommers zur starken Sauerstoffzehrung in Sedimentnähe, was zur vermehrten Rücklösung von Phosphor aus dem Seesediment führt.

Höhenlage	550 m ü. M.
Entstehung	Toteissee
Maximale Tiefe	5.3 m
Mittlere Tiefe	3.3 m
Seeoberfläche	1.2 ha
Seevolumen	39 200 m ³
Aufenthaltszeit	100 Tage
Seabfluss	Wisspeterbach
Q _{mittel}	5 l/s
Messstelle	698 950 / 234 825

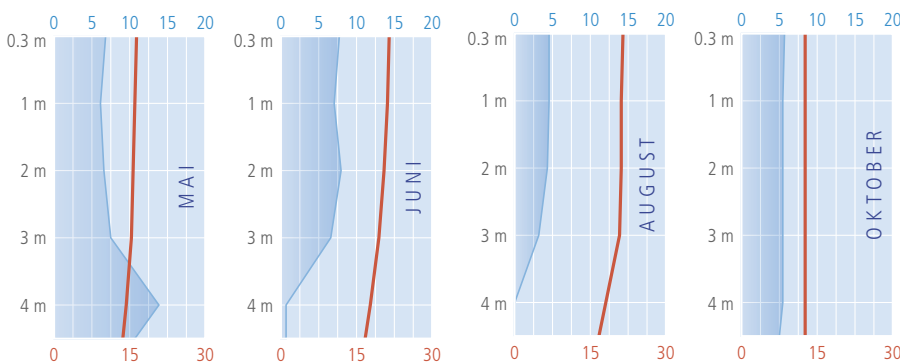
Gesamtphosphor

Jahresmittelwerte der Volumen gewichteten Tiefenprofile



Tiefenprofile 2004

Sauerstoff (mg O₂/l) Temperatur (°C)



Heutige Bedeutung

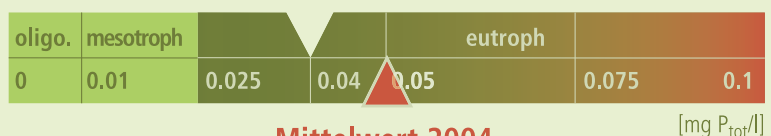
Das Gebiet rund um den Seeweidsee ist mit seinen Mooren, Hügeln und Mulden ein Lebens- und Landschaftsraum mit grossem biologischem und landschaftlichem Wert und beherbergt verschiedene seltene, gefährdete und geschützte Pflanzen und Tiere. Es ist deshalb als kantonales Schutzgebiet mittels Verordnung geschützt. 1991 und 1994 wurden verschiedene Objekte in die Bundesinventare der Flachmoore, sowie der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung aufgenommen. Die Moore werden in traditioneller Weise von privaten Besitzern als Streuwiesen genutzt, was für die Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt und für den Aspekt der Landschaft wichtig ist.

Handlungsbedarf

- Reduktion der Phosphor- und Stickstoffeinträge durch Erosionsschutz im Einzugsgebiet sowie Extensivierung der Landwirtschaft.
- Messung der Chlorophyll-Konzentration zur besseren Beurteilung der Biomasseentwicklung im Jahresverlauf.

Gesamtphosphor Seeweidsee

Ökologisches Ziel: 0.040



Mittelwert 2004

[mg P_{tot}/l]





Fließgewässer

Einleitung

Messprogramm und Parameter

Beurteilungskriterien der chemischen
Untersuchungen

Kantonsübersicht chemische Parameter

Ammonium

Nitrit

Nitrat

Phosphat

DOC

Hauptmessstellen

Messkampagne in den
Einzugsgebieten von Glatt
und Greifensee

Wasserqualität

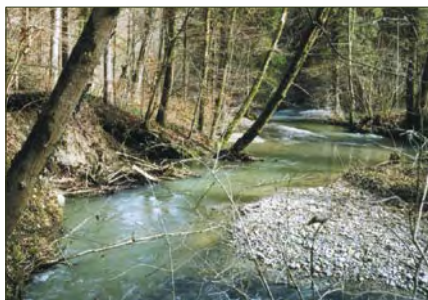
Die industrielle Revolution, das starke Bevölkerungswachstum und der Bau der Schwemmkanalisation haben Ende des 19. Jahrhunderts zu ersten ernsthaften Problemen mit der Wasserqualität in Fließgewässern geführt. Die wirtschaftliche Entwicklung nach dem Zweiten Weltkrieg, die Intensivierung der Landwirtschaft, die Massenproduktion synthetisch hergestellter Chemikalien sowie die unkontrollierte Ablagerung von Abfällen aller Art führten im Verlauf des 20. Jahrhunderts weit verbreitet zu Fischsterben, Schlammablagerungen, Gestank und stark schäumenden Bächen, wodurch die Auswirkungen der Gewässerbelastung unübersehbar wurden. Mit umfangreichen Sanierungsmassnahmen in den Bereichen Siedlungsentwässerung, Abwasserreinigung (ARA) und Abfallbewirtschaftung wurde ab den Fünfzigerjahren des 20. Jahrhunderts eine Erfolgsgeschichte gestartet. Der hohe Ausbaustandard der Siedlungsentwässerung und der ARA, das seit 1986 geltende Phosphatverbot für Waschmittel, die Düngeberatung und die Ökologisierung der Landwirtschaft haben eine massive Verbesserung der Wasserqualität bewirkt. Eine erhebliche Restbelastung ist aber im dicht besiedelten und landwirtschaftlich intensiv genutzten Kanton Zürich unvermeidbar.

Mikroverunreinigungen

Eine stark verbesserte chemische Analytik erlaubte in den letzten Jahren vermehrt, synthetisch hergestellte Problemstoffe auch in sehr tiefen Konzentrationen im Wasser zu messen. Während bei den Pestiziden gegenwärtig die Beurteilung der Toxizität für die aquatischen Organismen die grosse Herausforderung darstellt, muss bei anderen Stoffgruppen, wie zum Beispiel den Rückständen von Medikamenten im Wasser, die entsprechende Analytik im AWEL erst aufgebaut werden.

Gewässer als Lebensraum

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 Wasserbau nahm Abschied vom streng geometrischen Verbau der Gewässer und sucht seither mit Erfolg den Ausgleich zwischen Schutzinteressen und ökologischen Ansprüchen. Erforderlich ist aber auch die Durchsetzung der Restwasservorschriften bei Gewässerabschnitten, die zur Stromproduktion genutzt werden.



Ganzheitliche Bewertung

Im ersten Teil dieses Kapitels wird anhand der wichtigsten chemischen Parameter die Wasserqualität der Flüsse und Bäche beurteilt. Für die Hauptmessstellen wird zudem die Entwicklung der Frachten und der Wasserqualität seit Beginn der Neunzigerjahre des 20. Jahrhunderts aufgezeigt.

Eine ganzheitliche Bewertung von Fließgewässern erfordert neben der Beurteilung der Wasserqualität auch Kenntnisse über die Ökomorphologie und die Abflussverhältnisse. 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 ein ökologisch intaktes Fließgewässer handelt. Für die Einzugsgebiete der Glatt und des Greifensees wurde aufgrund von zusätzlichen Untersuchungen in den Jahren 2004 und 2005 erstmals für den Kanton Zürich eine möglichst umfassende Gewässerbewertung durchgeführt. Die Resultate werden im zweiten Teil dieses Kapitels dargestellt.

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 Chemie-Stichproben aus den Gewässern geschöpft und physikalische Messungen durchgeführt. Die Wasserproben werden im Gewässerschutzlabor des AWEL analysiert. Diese Messungen ermöglichen die Beurteilung der langfristigen



Entwicklung der Wasserqualität und die Erstellung geographischer Übersichten über die aktuellen Belastungen.

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.

Messungen in den Einzugsgebieten Glatt und Greifensee (EZG)

Für eine ganzheitliche Gewässerbeurteilung wurden in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee in der Periode 2004/05 zusätzliche Untersuchungen an insgesamt 44 Messstellen durchgeführt. Davon wurden 27 bereits im Rahmen des Messprogramms Fliessgewässer untersucht. Neben den «traditionellen» chemischen und physikalischen Parametern wurden auch Pestizide analysiert und die Makroinvertebraten, die Kieselalgen, die höheren Wasserpflanzen sowie die Gewässersedimente beprobt. An ausgewählten Stellen wurden durch die Fischerei- und Jagdverwaltung zudem die Fischpopulation untersucht.





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

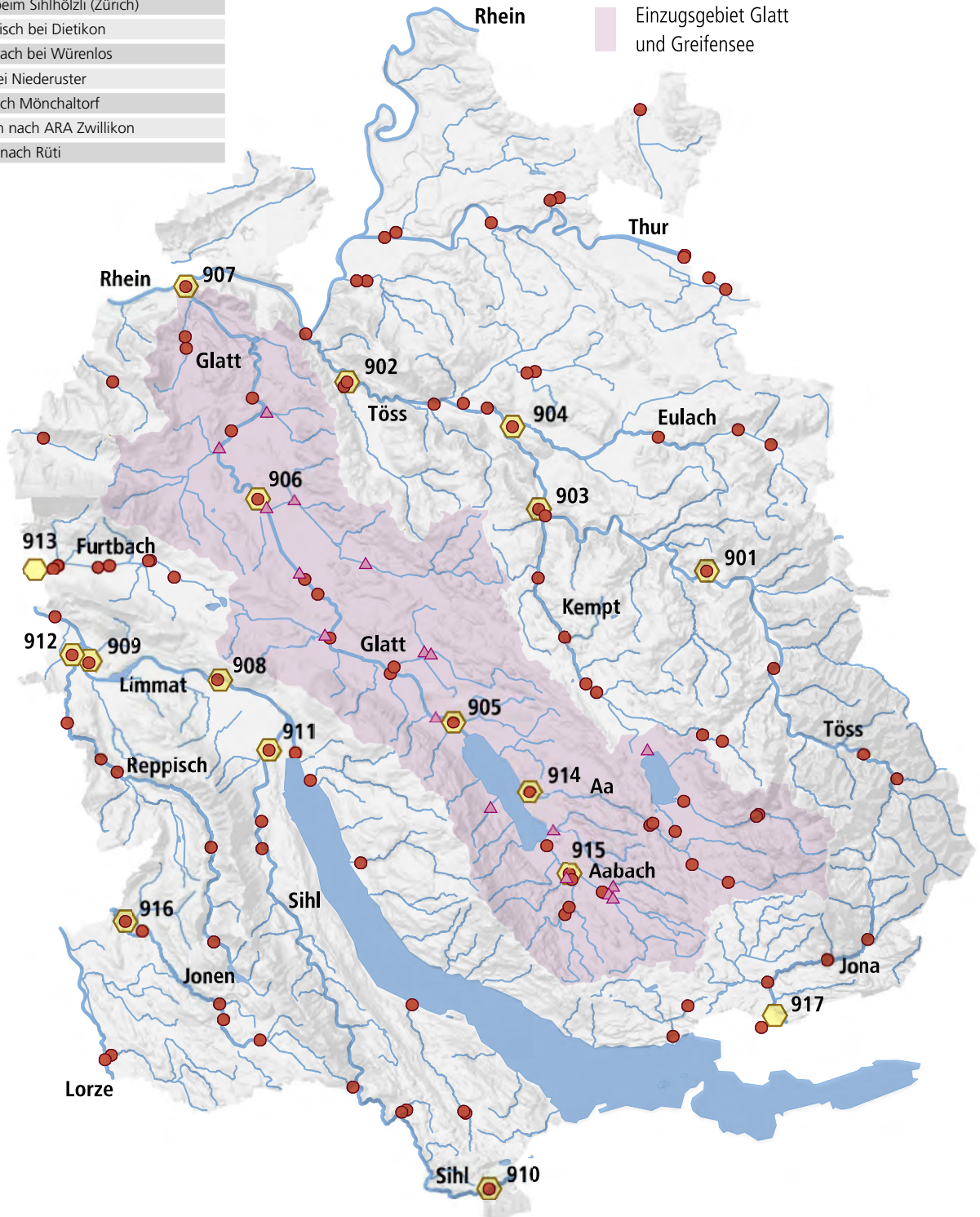
K kontinuierliche Registrierung	T Tagesmischprobe
S wöchentliche Stichprobe	W Wochenmischprobe
M monatliche Stichprobe	J 1 Stichprobe
M* monatliche Stichprobe von März bis Oktober	E₅ Erhebung im Sommer
E_{FH} Erhebung im Frühling und Herbst	

Verzeichnis der Hauptmessstellen

901	Töss bei Rämismühle
902	Töss bei Freienstein
903	Kempt vor Töss
904	Eulach vor Töss
905	Glatt Abfluss Greifensee
906	Glatt bei Oberglatt
907	Glatt vor Rhein
908	Limmat beim Hönggersteg (Zürich)
909	Limmat bei Dietikon
910	Sihl bei Hütten
911	Sihl beim Sihlhölzli (Zürich)
912	Reppisch bei Dietikon
913	Furtbach bei Würenlos
914	Aa bei Niederuster
915	Aabach Mönchaltorf
916	Jonen nach ARA Zwillikon
917	Jona nach Rüti

Messstellentyp

-  Hauptmessstellen (HM)
-  Routineprogramm (FG)
-  Einzugsgebiet (EZG)
-  Einzugsgebiet Glatt und Greifensee



Modul-Stufen-Konzept

Im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) in Zusammenarbeit mit der EAWAG und kantonalen Fachstellen ein Modul Chemie erarbeitet (Chemie Stufe F und S; Entwurf 2004). Diese Empfehlung diente als Grundlage für die Auswertung der vorliegenden Untersuchungsdaten.

www.modul-stufen-konzept.ch/seiten-d/chemie.htm

Perzentil

Das 90-Perzentil ist jener Wert, den 90 % aller Messdaten aus einer Stichprobe unterschreiten; 10 % der Messwerte liegen darüber (z.B. Ausreisser). Analog werden andere Perzentile definiert (z. B. 80-Perzentil).

Schätzwerte

In der Gewässerschutzverordnung (GSchV) werden in Anhang 2 numerische Anforderungen für Ammonium, Nitrat, BSB₅ und DOC aufgeführt, die ständig einzuhalten sind. Ausgenommen sind seltene Hochwasserspitzen oder seltene Niedrigwassersituationen. Um diese Ausnahmesituationen zu berücksichtigen, hat sich in der Praxis die Verwendung von Perzentil-Werten bewährt (siehe Kasten). Bei der Auswertung der monatlichen Stichproben wurde das 80-Perzentil verwendet. Für die Beurteilung der Wasserqualität an den Hauptmessstellen, wo je nach Kenngröße ein Messwert pro Tag oder pro Woche vorliegt und somit die Stichproben deutlich grösser sind, wurde mit 90-Perzentilen gearbeitet.

Kriterien für die Zustandsklassen

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 mit 0.04 mg PO₄-P/l strengen Zielvorgabe wegen der grossen Bedeutung von Phosphor in Seen gerechtfertigt. Da Phosphat die Wasserqualität von Fließgewässern kaum negativ beeinflusst, wurde bei den übrigen Stellen 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.

Kriterien für die Ermittlung der Zustandsklassen aufgrund der berechneten Perzentile einer Stichprobe.								
Parameter	Symbol	Einheit	Kriterium	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	schlecht
Ammonium	NH ₄	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 ₂	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 ₃	mg N/l		< 1.5	1.5 bis < 5.6	5.6 bis < 8.4	8.4 bis < 11.2	≥ 11.2
Phosphat	PO ₄	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
Gesamtphosphor	P _{tot}	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 ₅	mg O ₂ /l		< 2.0	2.0 bis < 4.0	4.0 bis < 6.0	6.0 bis < 8.0	≥ 8.0
Zielvorgabe				erfüllt		nicht erfüllt		

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.

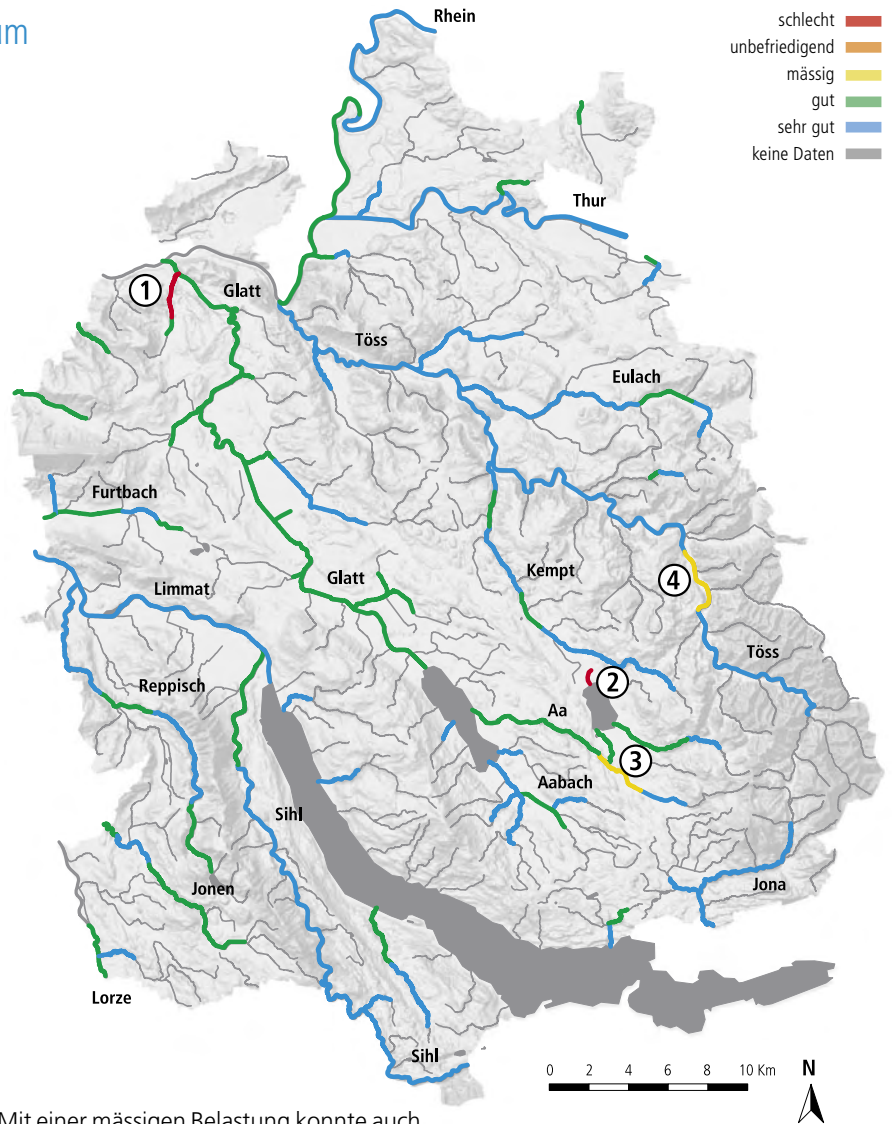
Ammonium ist in grossen Mengen in Gülle und in kommunalem Abwasser vorhanden. Zudem wird Ammonium als Kunstdünger in der Landwirtschaft verwendet. Der AWEL-Pikettdienst und das Gewässerschutzlabor müssen in Zusammenarbeit mit der Fischerei- und Jagdverwaltung jedes Jahr mehrere Fälle von Fischsterben mit Ursache Gülleeintrag bearbeiten. Mit monatlichen Stichproben, wie sie im vorliegenden Messprogramm verwendet wurden, sind kurzfristige Spitzenbelastungen durch unsachgemässen Gülleaustrag nur zufällig erfassbar. Zuverlässig können aber länger andauernde Belastungen nachgewiesen werden, wie sie unterhalb von überlasteten ARA auftreten können.

Beurteilung

Insgesamt 97 % der in den Jahren 2004/05 untersuchten Wasserproben erfüllten die Zielvorgaben für Ammonium. In den meisten Fließgewässern konnten daher die Qualitätsanforderungen für Ammonium eingehalten werden.

Einen schlechten Zustand bezüglich der Ammoniumbelastung wies der Dorfbach Windlach unterhalb der ARA Stadel (1) auf. Ausbaurbeiten bedingten die Ausserbetriebnahme von Anlageteilen und provisorische Betriebsphasen, welche die hohen Ammoniumkonzentrationen bewirkten. Seit Mitte 2005 konnten die Zielvorgaben auch unterhalb der ARA eingehalten werden.

Ebenfalls eine hohe Ammoniumbelastung wurde im Seezufluss bei Pfäffikon nach der Einleitung des gereinigten Abwassers der ARA Pfäffikon (2) festgestellt. Im Zusammenhang mit einem künftigen Anschluss von Hittnau an die ARA Pfäffikon und dem dafür erforderlichen Ausbau der ARA wird eine Direkteinleitung in den Pfäffikersee zu prüfen sein.



Zielvorgabe bei Temperaturen > 10 °C = 0.2 mg NH₄-N/l
 Zielvorgabe bei Temperaturen < 10 °C = 0.4 mg NH₄-N/l

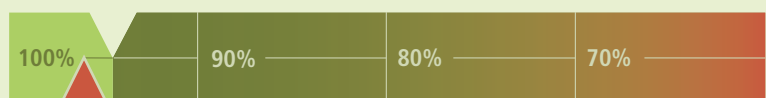
Mit einer mässigen Belastung konnte auch der Wildbach nach der ARA Hinwil (3) und die Töss unterhalb der ARA Bauma (4) die Zielvorgabe für Ammonium nicht erfüllen. In Hinwil sind in Hinblick auf das erwartete Wachstum in der Gemeinde bereits Studien zur Sanierung und Erweiterung der ARA eingeleitet worden. Auch in Bauma sind wegen ungenügender Nitrifikation Massnahmen auf der ARA zu prüfen.

Handlungsbedarf

- Umsetzung der Projekte zur Erweiterung und Sanierung von ARA mit ungenügender Reinigungsleistung.
- Halten des hohen Standes bei den übrigen ARA.

Anteil der untersuchten Wasserproben, welche die Zielvorgabe erfüllten.

Ziel: 95%



2004/05: 97% erfüllten Zielvorgabe

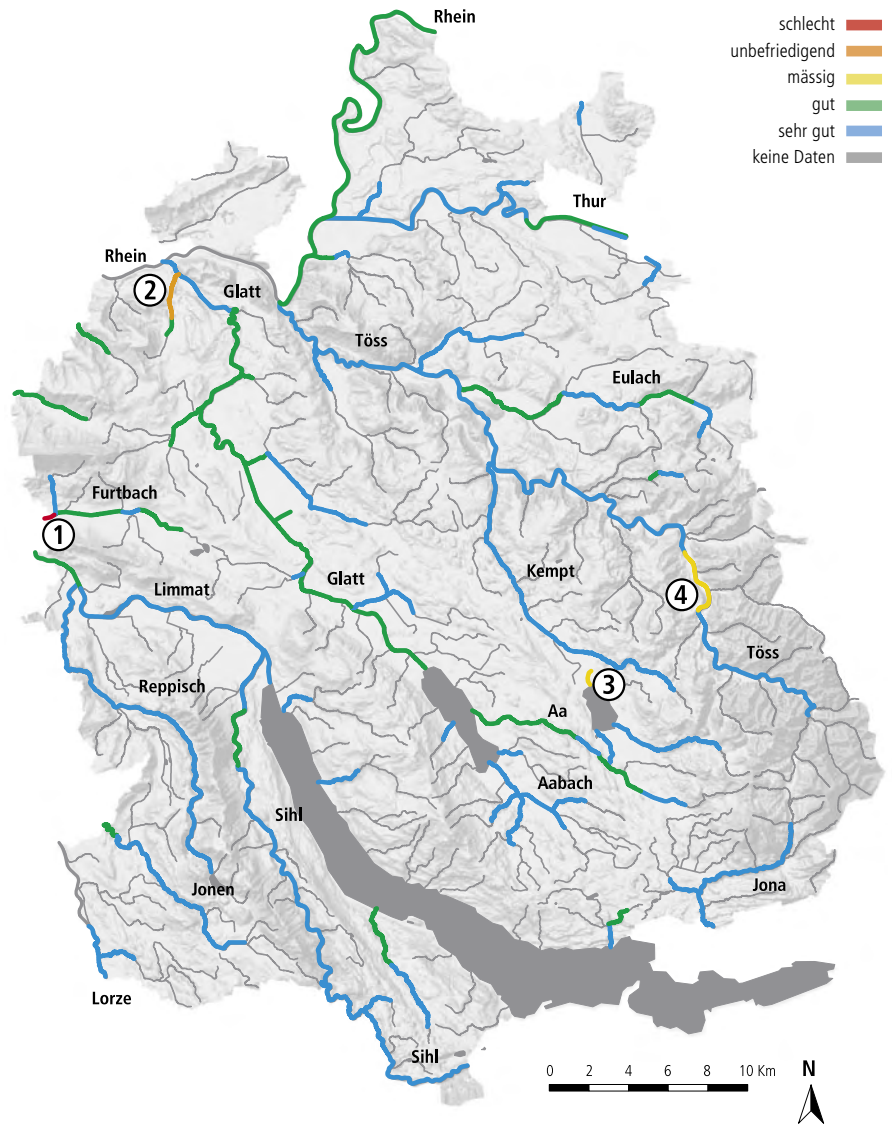
Problem und Verursacher

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 NO₂-N/l. Erhöhte Nitritkonzentrationen werden oft unterhalb von ungenügend nitrifizierenden ARA oder bei ARA-Betriebsstörungen beobachtet.

Beurteilung

Die meisten Fließgewässer im Kanton Zürich weisen heute bezüglich der Nitritbelastung einen sehr guten oder guten Zustand auf. Insgesamt 97 % der in den Jahren 2004/05 untersuchten Wasserproben erfüllten die Zielvorgaben für Nitrit. Einen schlechten Zustand wies der Furtbach unterhalb der ARA Otelfingen auf (1). Ausbauarbeiten bedingten 2004 die Ausserbetriebnahme von Anlageteilen und provisorische Betriebsphasen. Nach Abschluss der Arbeiten konnten 2005 die Zielvorgaben für Nitrit immer eingehalten werden. Auch am Dorfbach Windlach (2) verursachten Ausbauarbeiten im Jahr 2004 an der ARA Stadel und die nachfolgende Phase der Inbetriebnahme der neuen Anlageteile hohe Nitritkonzentrationen im Bach. Auch hier waren die gemessenen Werte im Jahr 2005 in Ordnung. Eine mässige Nitritbelastung wurde im Seezufluss bei Pfäffikon nach der Einleitung des gereinigten Wassers der ARA Pfäffikon (3) festgestellt. Im Zusammenhang mit einem künftigen Anschluss von Hittnau an die ARA Pfäffikon und dem dafür erforderlichen Ausbau der ARA wird eine Direkteinleitung in den Pfäffikersee zu prüfen sein.



Auch die Töss unterhalb der ARA Bauma (4) konnte die Zielvorgabe für Nitrit nicht erfüllen. Die ungenügende Nitrifikation der ARA und die gleichzeitig hohen Ammoniumwerte erfordern die Überprüfung der Notwendigkeit weiterer Massnahmen in der ARA.

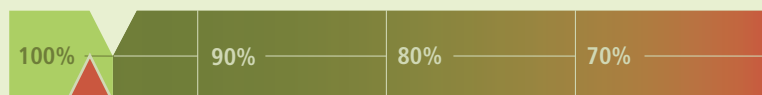
Zielvorgaben für Chloridkonz. < 10 mg/l = 0.02 mg NO₂-N/l
 für Chloridkonz. 10-20 mg/l = 0.05 mg NO₂-N/l
 für Chloridkonz. > 20 mg/l = 0.10 mg NO₂-N/l

Handlungsbedarf

- Umsetzung der Projekte zur Erweiterung und Sanierung von ARA mit ungenügender Reinigungsleistung.
- Halten des hohen Standes bei den übrigen ARA.

Ziel: 95%

Anteil der untersuchten Wasserproben, welche die Zielvorgabe erfüllten.



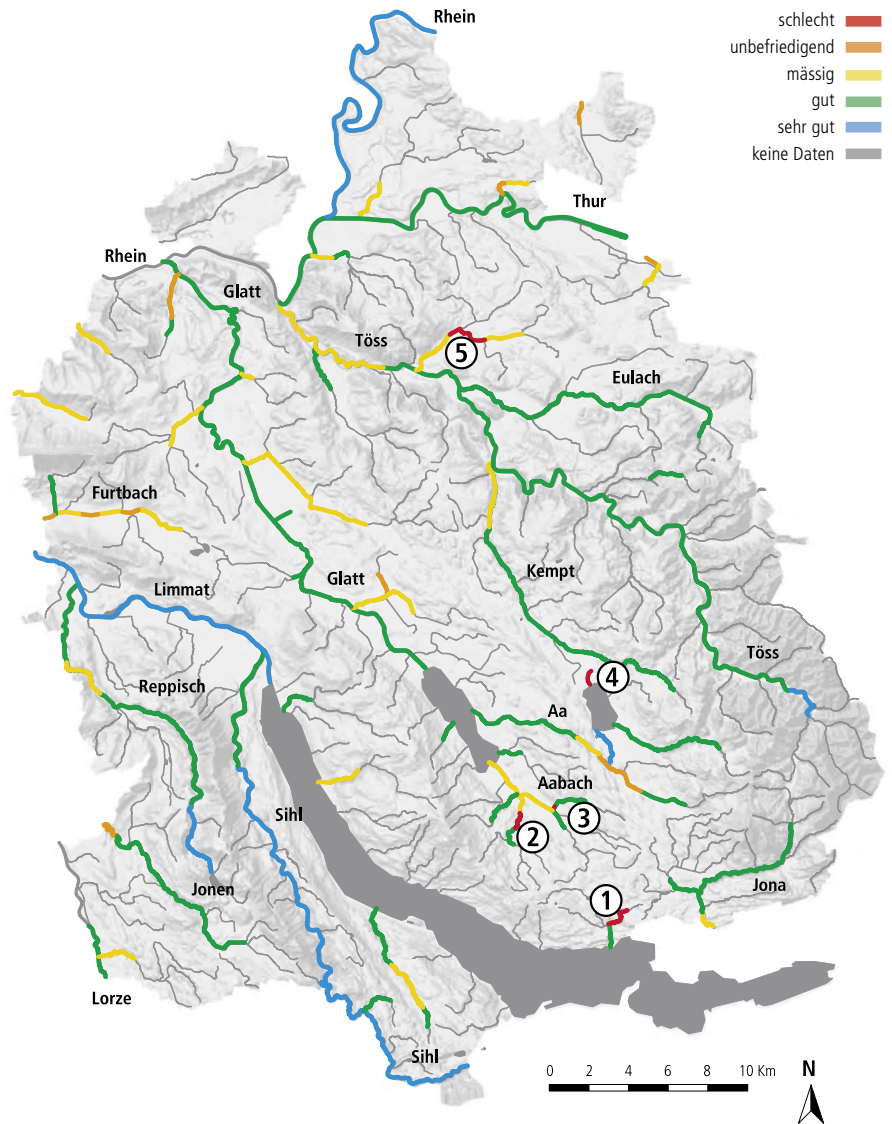
2004/05: 97% erfüllten Zielvorgabe

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 haben. 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, wie Pestizide oder Medikamentenrückstände, 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. Ebenfalls tiefe Werte finden sich in Fließgewässern mit einem hohen Anteil bewaldeter Flächen im Einzugsgebiet, wie zum Beispiel in den Oberläufen der Sihl und der Töss. Insgesamt erfüllten nur 74 % aller Proben in den Untersuchungsjahren 2004/05 die Zielvorgabe für Nitrat. Dieser unbefriedigende Wert ist das Resultat der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung in Kombination mit einem hohen Abwasseranteil bedingt durch die dichte Besiedlung des Kantons Zürichs.



Zielvorgabe = 5.6 mg NO₃-N/l (entspricht 25 mg NO₃/l)

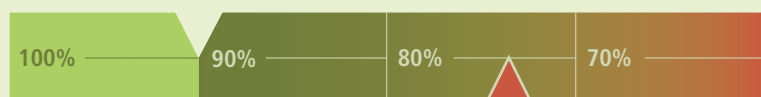
Die höchsten Nitratkonzentrationen wurden an kleinen Fließgewässern unterhalb von ARA gemessen: Klausbach nach der ARA Bubikon-Wolfhausen (1), Lieburgerbach nach der ARA Egg-Oetwil (2), Gosauerbach nach der ARA Gossau (3), Seezufluss bei Pfäffikon nach Einleitung der ARA Pfäffikon (4), Chrebsbach nach der ARA Seuzach (5).

Handlungsbedarf

- Bau oder Erweiterung von Denitrifikationszonen bei der Sanierung grosser ARA.
- Standort kleiner ARA mit schlechtem Verdünnungsverhältnis von gereinigtem Abwasser zu Bachwasser ist mittelfristig zu überprüfen. Wo möglich Anschluss an grössere ARA.
- Standortgerechte landwirtschaftliche Bodennutzung fördern durch entsprechende Landwirtschaftspolitik.

Ziel: 90%

Anteil der untersuchten Wasserproben, welche die Zielvorgabe erfüllten.



2004/05: 74% erfüllten Zielvorgabe

Problem und Verursacher

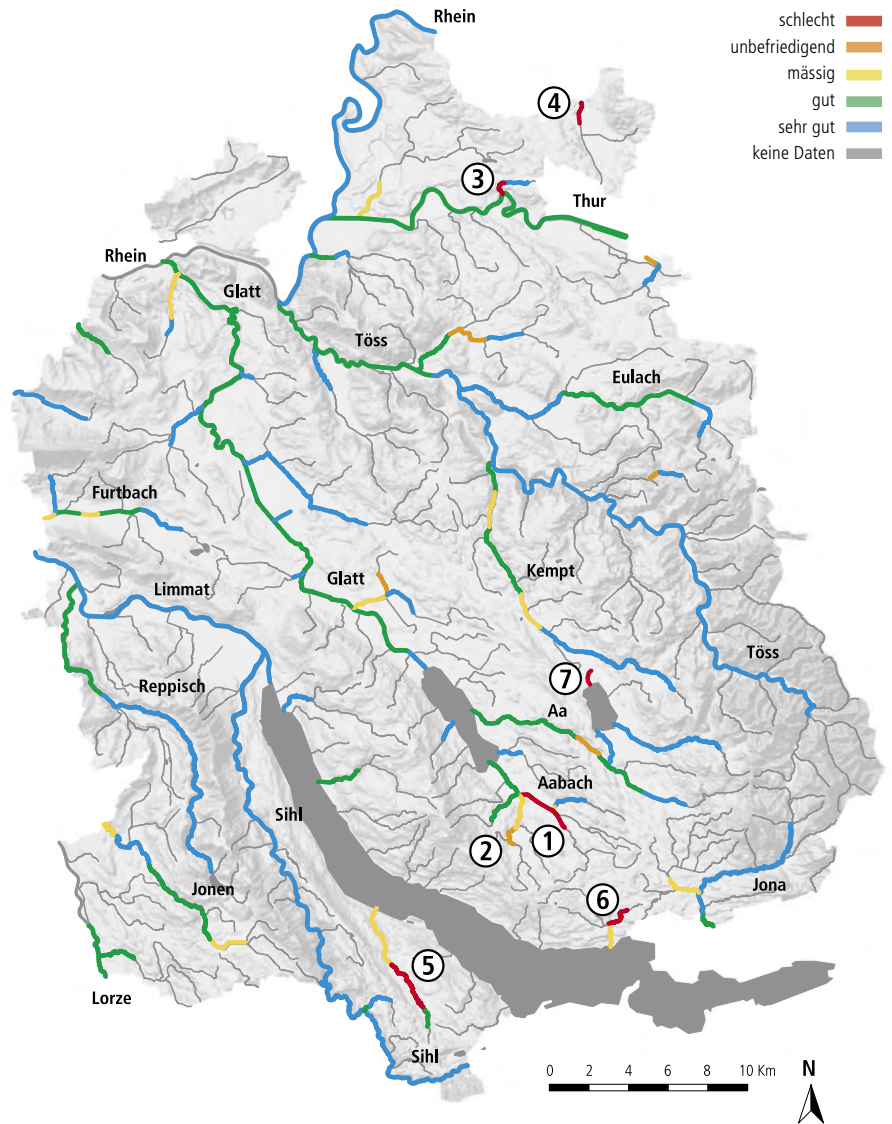
Während in Seen die Produktion von Biomasse massgeblich durch Phosphat limitiert wird, reichen in Fließgewässern die geringen natürlichen Konzentrationen für ein gutes Wachstum der Pflanzen, da durch das strömende Wasser dieser Nährstoff stets nachgeliefert wird. In natürlichen, vom Menschen nicht belasteten Fließgewässern liegen die Phosphatkonzentrationen unter 0.02 mg PO₄-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 Starkregen aus der Kanalisation tragen zur weiteren Phosphorbelastung bei. Im Kanton Zürich gibt es nur noch wenige ARA ohne Phosphatfällung. Diese befinden sich nicht im Einzugsgebiet von Seen. Für die übrigen Anlagen gilt als Einleitungsbedingung 0.8 mg P_{tot}/l im Ablauf oder ein verschärfter Wert von 0.2 mg P_{tot}/l bei grösseren ARA im Einzugsgebiet von Seen. Wegen der grossen Bedeutung von Phosphat als Nährstoff in Seen wurde auch die Zielvorgabe für Fließgewässer im Einzugsgebiet von Seen tiefer angesetzt als bei den übrigen Gewässern.

Beurteilung

Die Mehrheit der Fließgewässer weist bezüglich der Phosphatbelastung einen sehr guten oder guten Zustand auf. Insgesamt erfüllten 86 % aller Proben in den Jahren 2004/05 die Zielvorgabe. Am Aabach konnte aufgrund der Untersuchungen ein Fehlanschluss ausfindig gemacht und saniert werden (1). Bei Oetwil am See wurde ebenfalls eine stark mit Phosphat belastete Einleitung gefunden, welche gemäss dem Kataster der belasteten Standorte eine prioritär untersuchungsbedürftige belastete Fläche entwässert (2).

Die höchsten Phosphatwerte wurden am Lattenbach unterhalb der ARA Ossingen (3) und im Furtbach nach der ARA Stammertal (4) gemessen. Beides sind kleine Anlagen ohne Phosphatfällung. Im Einzugsgebiet des Zürichsees wurden unterhalb der ARA Schönenberg (5) hohe Phosphatwerte



gemessen. Diese Anlage verfügt über eine Phosphatfällung, muss aber nicht die verschärften Einleitungsbedingungen erfüllen, da es sich um eine kleine Anlage handelt. Es wäre ökologisch unbegründet bei diesen drei kleinen Anlagen eine Verschärfung der Einleitungsbedingung durchzusetzen. Wegen schlechter Verdünnung des gereinigten Abwassers mit Bachwasser wurden

Zielvorgabe im Einzugsgebiet von Seen = 0.04 mg PO₄-P/l
übrige Gewässer = 0.08 mg PO₄-P/l

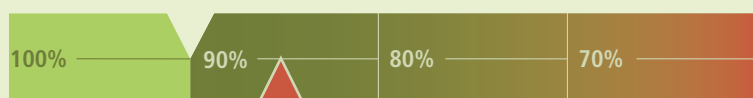
unterhalb der ARA Bubikon-Wolfhausen (6) und auch beim Seezufluss in Pfäffikon nach Einleitung des Abwassers aus der ARA Pfäffikon (7) hohe Werte gemessen, obwohl beide ARA die verschärften Einleitungsbedingungen erfüllten.

Handlungsbedarf

- Halten des hohen Standes bei den ARA.
- Sanierung der Entwässerung des untersuchungsbedürftigen belasteten Standorts bei Oetwil am See.

Ziel: 90%

Anteil der untersuchten Wasserproben, welche die Zielvorgabe erfüllen.



2004/05: 86% erfüllten Zielvorgabe

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 87 % der in den Jahren 2004/05 untersuchten Wasserproben erfüllten die Zielvorgaben für DOC. Der höchste DOC-Wert wurde im Januar 2005 mit 231 mg C/l im Altbach beim Flughafen Zürich vor der Mündung in die Glatt gemessen (1). Bei kalter Witterung führt dieser kleine Bach kaum Wasser. Durch den Einsatz von Enteisungsmitteln auf dem Flughafenareal treten sehr hohe DOC-Werte im Bach auf. Der Eintrag von Enteisungsmitteln in die Gewässer aus dem Flughafenareal konnte in den letzten Jahren bereits deutlich reduziert werden. Die Situation soll im Zusammenhang mit der Bearbeitung und Umsetzung der generellen Entwässerungsplanung (GEP) weiter optimiert werden. Im Seezufluss bei Pfäffikon werden die erhöhten DOC-Konzentrationen durch die Einleitung des gereinigten Abwassers aus der ARA Pfäffikon verursacht (2). Es wurden gleichzeitig auch hohe Ammonium- und Nitritwerte gemessen. Im Zusammenhang mit einem künftigen Anschluss von Hittnau an die ARA Pfäffikon und dem dafür erforderlichen Ausbau der ARA wird



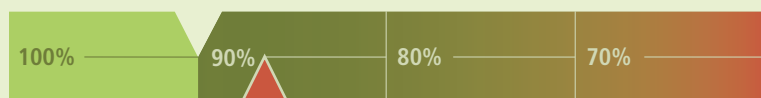
eine Direkteinleitung in den Pfäffikersee zu prüfen sein. An der Jonen (3) sind hingegen die erhöhten DOC-Werte auf die Einmündung des Schwarzenbachs zurückzuführen, welcher das Gebiet um das Seleger Moor entwässert und dadurch natürlicherweise hohe Konzentrationen an Huminstoffen führt.

Handlungsbedarf

- Einsatz von Enteisungsmitteln und die Abwasserbehandlung am Flughafen Zürich weiter optimieren.
- Umsetzung der Projekte zur Erweiterung und Sanierung von ARA mit ungenügender Reinigungsleistung und halten des hohen Standes bei den übrigen ARA.
- Mittelfristig Ersatz der Kenngrösse DOC durch aussagekräftigere Indikatoren zur Erfassung und Identifikation von organischen Problemstoffen (Mikroverunreinigungen).

Anteil der untersuchten Wasserproben, welche die Zielvorgabe erfüllten.

Ziel: 90%



2004/05: 87% erfüllten Zielvorgabe



Hauptmessstellen

Stickstoff- und Phosphorfrachten

Töss bei Rämismühle

Töss bei Freienstein

Kempt vor Töss

Eulach vor Töss

Glatt Abfluss Greifensee

Glatt bei Oberglatt

Glatt vor Rhein

Limmat beim Höngersteg (Zürich)

Limmat bei Dietikon

Sihl bei Hütten

Sihl beim Sihlhölzli (Zürich)

Reppisch bei Dietikon

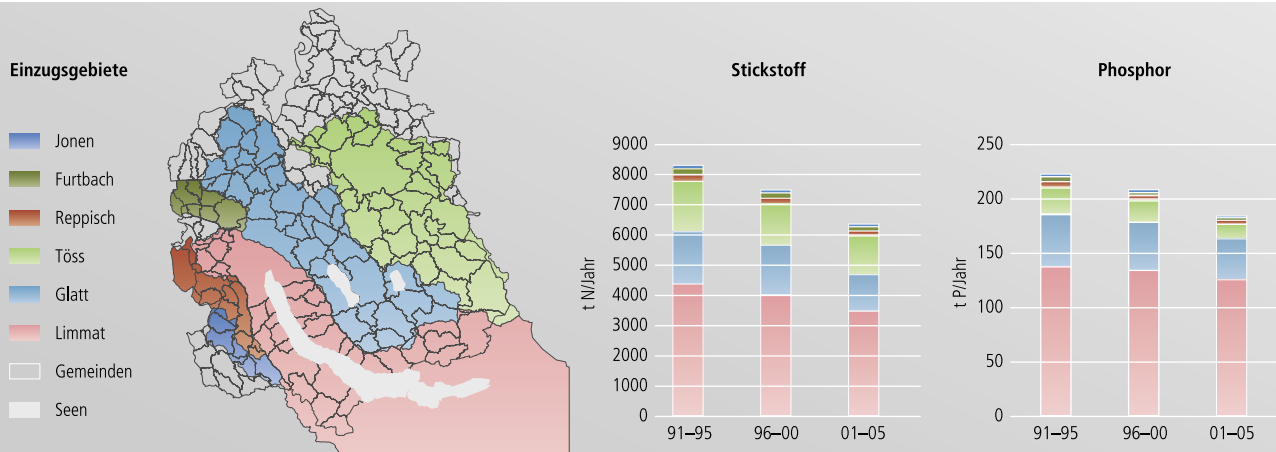
Furtbach bei Würenlos

Aa bei Niederuster

Aabach Mönchaltorf

Jonen nach ARA Zwillikon

Jona nach Rüti



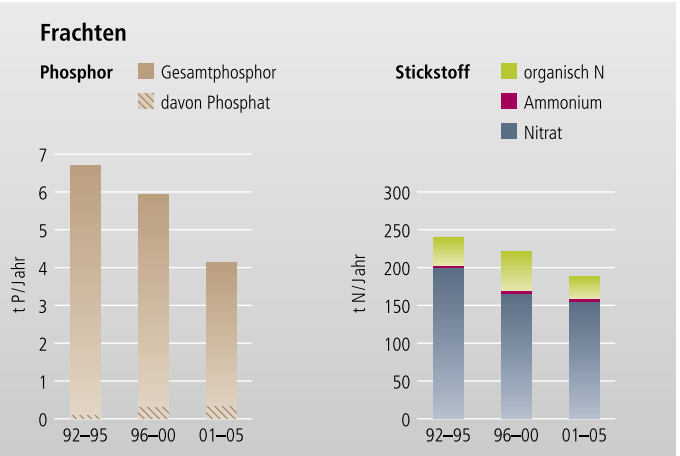
Bei den Hauptmessstellen werden durch die Fachgruppe Hydrometrie des AWEL die Abflüsse gemessen. Aus diesen Daten können zusammen mit den Resultaten des chemischen Untersuchungsprogramms die Frachten für Stickstoff und Phosphor ermittelt werden. Frachten repräsentieren die Summe der Belastungen im Einzugsgebiet. Der zeitliche Verlauf dieser Kenngrößen zeigt die Wirkung aller Massnahmen in den Bereichen Abwasserreinigung, Siedlungsentwässerung und Landwirtschaft auf.

Die Frachten der einzelnen Untersuchungsjahre werden stark durch die Witterung beeinflusst. In niederschlagsreichen Jahren mit hohen Abflüssen werden infolge verstärkter Abschwemmungen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen, Entlastungen aus der Kanalisation sowie verminderter Reinigungsleistung der ARA deutlich höhere Frachten ermittelt als in trockenen Jahren. Um die langfristige Entwicklung der Frachten aufzuzeigen, wurden die Daten in Perioden zu fünf Jahren zusammengefasst, wodurch sich trockene und nasse Jahre weitgehend ausgleichen.

Im Rahmen internationaler Abkommen zum Schutz der Nordsee hat sich die Schweiz verpflichtet, die Stickstoffbelastung im Rhein bei Basel zwischen 1995 und 2005 um 2600 t N/Jahr zu reduzieren. Gemäss der Planung der Kantone im Einzugsgebiet des Rheins soll dabei der Anteil des Kantons Zürich 364 t N/Jahr betragen. Dieser Beitrag wurde durch die Aufhebung der ARA Zürich an der Glatt im Jahre 2001 geleistet. Das Abwasser wird seither über einen Stollen in die ARA Zürich Werdhölzli abgeleitet. Damit dieses Abwasser nicht im selben Umfang die Limmat zusätzlich belastet, wie die Glatt entlastet wurde, musste die Denitrifikation in der ARA Werdhölzli erweitert werden.

Eine erhebliche Anzahl weiterer ARA wurden in den letzten Jahren im Rahmen von Sanierungen mit einer Teildenitrifikation ausgestattet. Neben der Stickstoffreduktion im Ablauf bringt dieser Ausbaustandard einen verringerten Energieverbrauch und häufig eine erhöhte Prozessstabilität bei der Abwasserreinigung. Durch den Bau von Filtrationsanlagen konnten bei mehreren Kläranlagen die Phosphorfrachten im Ablauf massgeblich reduziert werden.

Der Kanton Zürich zählte 1991 1 166 000 Einwohner. Bis Ende 2005 wuchs die Bevölkerung um 8 % (1 264 000 Einwohner). Die Summe der Stickstofffrachten der wichtigsten Einzugsgebiete im Kanton Zürich konnte trotz Wachstum der Bevölkerung im gleichen Zeitraum gesenkt werden. Für die letzte Auswertungsperiode (2001 bis 2005) betrug die Reduktion im Vergleich zur ersten Periode (1991 bis 1995) insgesamt 1947 t N/Jahr (-23 %). Beim Phosphor betrug die entsprechende Verminderung 38 t P/Jahr (-17 %). Neben der verbesserten Abwasserreinigung haben zu diesem Erfolg auch die Ökologisierung der Landwirtschaft und weitere Anstrengungen in der Siedlungsentwässerung beigetragen. Zu beachten ist, dass im Einzugsgebiet der Limmat auch Gebiete der Kantone Schwyz, Glarus und St. Gallen enthalten sind.



Hauptmessstelle 901

Koordinaten	703 700 / 255 703
Höhenlage	519m ü. M.
Abfluss	
Q_{mittel}	3.31 m ³ /s
Q_{347}	0.40 m ³ /s
Einzugsgebiet	130 km ²
Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss:	0.7 %

Die obere Hauptmessstelle des AWEL an der Töss befindet sich bei Zell-Rämismühle. Aufgrund der chemischen Untersuchungen kann die Töss bei Rämismühle insgesamt als gering belasteter Fluss bezeichnet werden. Seit Beginn der Messungen im Jahre 1992 erfüllen alle gemessenen chemischen Parameter ausser Ammonium die Zielvorgaben. Die Phosphatkonzentration und der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB₅) wurden stets als sehr gut bewertet. Die insgesamt geringe Belastung ist auf die niedrige Besiedlungsdichte im Einzugsgebiet sowie den hohen Waldanteil zurückzuführen. Mit den ARA Bauma und Fischenthal befinden sich nur zwei grössere ARA im Einzugsgebiet, der Abwasseranteil am Gesamtabfluss ist deshalb unter normalen Abflussbedingungen klein. In Monaten mit geringem Abfluss, z.B. im trockenen Sommer 2003 oder im kalten trockenen Winter 2005, konnten die Zielvorgaben für Ammonium aufgrund

des ungünstigen Verdünnungsverhältnisses zwischen Fluss- und Abwasser nicht eingehalten werden. Dies ist hauptsächlich auf die ungenügende Nitrifikationsleistung der ARA Bauma zurückzuführen.

Der mittlere Abfluss lag in der Messperiode 1992 bis 1995 mit 3.7 m³/s deutlich über dem langjährigen Mittel von 3.3 m³/s. In der Periode 1996 bis 2000 lag er mit 3.4 m³/s leicht über und von 2001 bis 2005 mit 3.2 m³/s leicht unter dem langjährigen Mittel. Stickstoff- und Phosphorfrachten sind stark witterungsabhängig. In überdurchschnittlich nassen Jahren werden deutlich höhere Frachten gemessen als in trockenen Jahren. Die scheinbare Abnahme der Frachten in der zweiten und dritten Messperiode im Vergleich zur ersten Messperiode ist daher eher auf die ungleiche Verteilung der Niederschläge als auf eine effektive Abnahme der Nährstoffkonzentrationen zurückzuführen.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrössen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

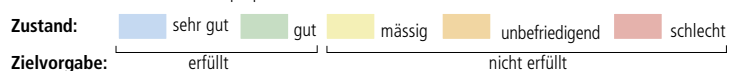
Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	0.12	0.16	0.08	0.10	0.12	0.31	0.14	0.08	0.12	0.26	0.13	0.19	0.31	0.69
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.04	0.04	0.12	0.07	0.08	0.08	0.19	0.06	0.22	0.17	0.05	0.23	0.11	0.13
Nitrit *	0.02 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte													
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	2.5	2.3	2.2	1.9	2.0	2.4	2.0	1.9	1.8	1.8	1.7	2.0	2.1	2.2
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ -P/l	T	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Gesamtposphor **	0.14 mg Ges-P/l	W	0.06	0.10	0.01	0.13	0.13	0.08	0.07	0.08	0.13	0.07	0.08	0.06	0.03	0.06
DOC	4.0 mg C/l	S	2.0	2.3	2.1	1.7	1.9	2.3	3.1	2.8	3.0	2.5	2.8	2.5	2.4	2.8
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	1.5	2.0	1.7	1.2	1.0	1.3	1.8	1.8	1.7	1.2	1.3	1.3	1.2	1.29

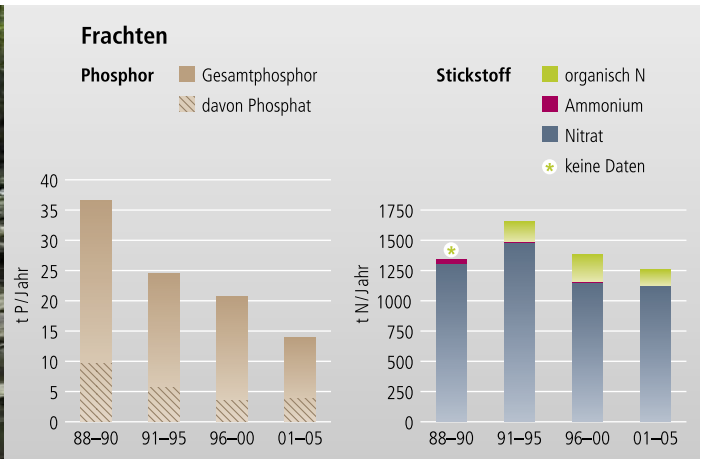
* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt < 10 mg Cl/l

** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probenotypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss





Hauptmessstelle 902

Koordinaten	685 990 / 265 000
Höhenlage	358 m ü. M.
Abfluss	
Q_{mittel}	8.83 m ³ /s
Q_{347}	2.34 m ³ /s
Einzugsgebiet	403 km ²
Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss	10 %

Die untere Hauptmessstelle des AWEL an der Töss befindet sich bei Freienstein unterhalb der Einmündung der beiden wichtigen Zuflüsse Kempt und Eulach sowie der Einleitung des gereinigten Abwassers aus der ARA Winterthur. Die Wasserqualität an der Messstelle wird insgesamt durch 8 ARA beeinflusst. Die Zielvorgabe für Ammonium wird seit Inbetriebnahme der Nitrifikation in der ARA Winterthur im Jahre 1991 eingehalten. Die Zielanforderung für Nitrat dagegen konnte nur in den Jahren 1999 bis 2002 eingehalten werden. Aufgrund des überdurchschnittlich hohen Abflusses war der Anteil an gereinigtem Abwasser in diesen Jahren deutlich geringer. Die generell hohe Nitratbelastung ist eine Folge der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung sowie der dichten Besiedlung im Einzugsgebiet. Zur Abnahme der Phosphatkonzentrationen im Jahr 1993 haben der Ausbau der ARA Winterthur sowie der ARA Illnau-Effretikon an der Kempt beigetragen.

Durch die Verbesserung der Reinigungsleistung bei verschiedenen ARA im Einzugsgebiet der Töss sowie die Stilllegung der ARA Wiesendangen und Wildberg konnten die Phosphorfrachten seit Ende der Achtzigerjahre um mehr als die Hälfte reduziert werden. Auch die Stickstofffrachten haben seither merklich abgenommen. Dies belegt den Erfolg der Gewässerschutzmassnahmen im Einzugsgebiet.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrössen Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	0.54	0.67	0.70	0.16	0.08	0.14	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.10	0.07	0.07	0.05	0.06	0.08	0.07
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.26	0.40	0.41	0.13	0.12	0.17	0.10	0.11	0.09	0.06	0.10	0.08	0.08	0.07	0.08	0.09	0.09	0.07
Nitrit *	0.1 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte												0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	6.9	7.6	7.7	9.7	8.9	8.7	7.2	6.8	7.4	6.9	5.7	5.5	5.2	5.1	5.2	6.3	6.7	6.6
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ -P/l	T	0.07	0.08	0.09	0.01	0.09	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03
Gesamtphosphor **	0.14 mg Ges-P/l	W	0.24	0.25	0.17	0.16	0.12	0.10	0.08	0.15	0.01	0.01	0.10	0.07	0.14	0.08	0.08	0.06	0.07	0.10
DOC	4.0 mg C/l	S	3.3	3.0	4.0	4.3	2.6	2.6	2.8	2.4	2.7	3.1	3.4	3.4	3.2	3.2	3.3	3.0	2.9	3.28
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	6.1	4.8	5.6	2.5	1.7	2.1	2.1	1.9	1.7	1.7	2.2	1.9	1.9	1.8	1.3	1.7	1.5	1.58

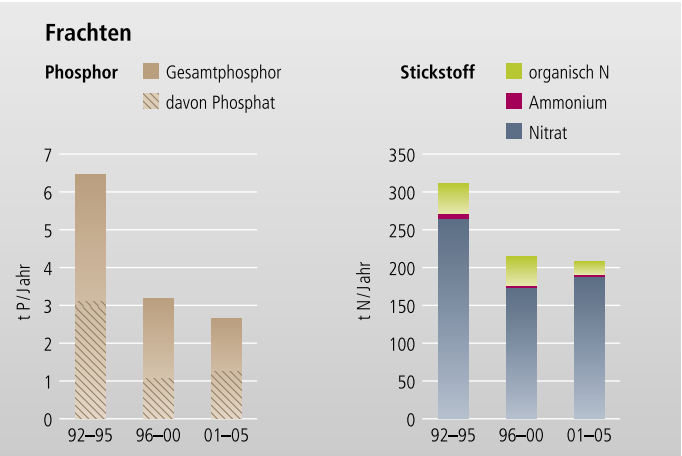
* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt > 20 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss

Zustand: ■ sehr gut ■ gut ■ mässig ■ unbefriedigend ■ schlecht

Zielvorgabe: erfüllt nicht erfüllt



Hauptmessstelle 903

Koordinaten	695 426 / 258 743
Höhenlage	443 m ü. M.
Abfluss	
Q _{mittel}	1.22 m ³ /s
Q ₃₄₇	0.30 m ³ /s
Einzugsgebiet	61 km ²
Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss	13 %

Die Hauptmessstelle des AWEL an der Kempt befindet sich kurz vor der Mündung in die Töss. Die Wasserqualität hat sich seit Beginn der Messungen massiv verbessert. Die Einführung der Nitrifikation in der ARA Hittnau und Illnau-Effretikon hat dazu massgeblich beigetragen. Die Anforderungen für Ammonium werden seit 1998 vollumfänglich eingehalten. Durch die Erweiterung der ARA Fehraltorf im Jahr 1992 und die Einführung der Phosphatfällung auf der ARA Illnau-Effretikon im Jahr 1993 konnte auch der Phosphatgehalt in der Kempt stark verringert werden. Nur die Zielvorgabe für Nitrat kann mehrheitlich nicht erfüllt werden. Dies ist auf die intensive landwirtschaftliche Nutzung und die dichte Besiedlung im Einzugsgebiet zurückzuführen. Durch Düngerabschwemmungen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen und durch das gereinigte Abwasser der ARA Illnau-Effretikon, Fehraltorf und Hittnau gelangen

trotz ganzjähriger Denitrifikation in allen Anlagen erhebliche Mengen von Nitrat in die Kempt.

Sowohl die Phosphor- als auch die Stickstofffrachten haben seit Beginn der Neunzigerjahre deutlich abgenommen. Damit ist der Erfolg der Gewässerschutzmassnahmen auf den ARA Fehraltorf, Illnau-Effretikon und Hittnau dokumentiert.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrössen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

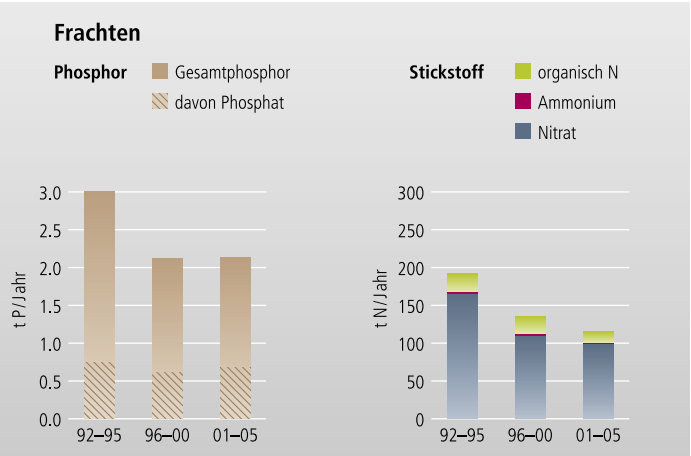
Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	0.58	0.73	0.61	0.64	0.76	0.86	0.22	0.20	0.16	0.17	0.10	0.14	0.20	0.25
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.24	0.30	0.32	0.38	0.26	0.21	0.14	0.12	0.08	0.09	0.08	0.10	0.01	0.10
Nitrit *	0.1 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte								0.04	0.02	0.02	0.04	0.03	0.05
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	11.3	10.7	9.4	8.2	7.6	8.5	6.7	6.1	5.7	5.4	5.5	6.3	6.6	6.5
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ -P/l	T	0.67	0.18	0.08	0.08	0.07	0.10	0.07	0.04	0.07	0.04	0.05	0.09	0.07	0.05
Gesamtposphor **	0.14 mg Ges-P/l	W	0.69	0.29	0.17	0.18	0.13	0.16	0.14	0.09	0.15	0.10	0.10	0.13	0.09	0.11
DOC	4.0 mg C/l	S	3.3	3.7	3.2	3.2	2.8	3.9	4.5	3.8	3.9	3.6	3.7	3.7	3.5	3.7
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	2.6	4.0	4.0	3.7	2.7	3.0	1.8	2.4	2.3	2.0	1.7	1.7	1.9	1.7

* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt > 20 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenaahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss

Zustand: ■ sehr gut ■ gut ■ mässig ■ unbefriedigend ■ schlecht
Zielvorgabe: ■ erfüllt ■ erfüllt ■ nicht erfüllt ■ nicht erfüllt ■ nicht erfüllt



Hauptmessstelle 904

Koordinaten	694 129 / 262 811
Höhenlage	410 m ü. M.
Abfluss	
Q_{mittel}	0.807 m ³ /s
Q_{347}	0.094 m ³ /s
Einzugsgebiet	74 km ²
Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtfluss	4 %

Die Hauptmessstelle des AWEL an der Eulach befindet sich bei Wüflingen kurz vor der Mündung in die Töss. Der Betrieb der Phosphatelimination und Teildenitrifikation in der ARA Elgg seit 1991 und in der ARA Elsau seit 1993 sowie die Aufhebung der ARA Wiesendangen 1999 infolge Anschluss an die ARA Winterthur haben zu einer Verbesserung der Wasserqualität geführt. Die Phosphatwerte erfüllen die Anforderung seit Beginn der Messreihe im Jahre 1990. Die Zielvorgabe für Nitrat kann seit dem Jahr 2000 eingehalten werden. Sowohl die ARA Elgg als auch die ARA Elsau erfüllen die Einleitungsbedingungen mehrheitlich. Die Anforderung für Ammonium konnte im Winter, seit der Erweiterung der beiden ARA, eingehalten werden. Im trockenen kalten Winter 2005 wurde jedoch die Zielvorgabe geringfügig überschritten. Im Sommer dagegen wird die Anforderung für Ammonium in der

Eulach regelmässig nicht erfüllt. Dies kann auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden. Bei längeren Trockenperioden sinkt der Abfluss der Eulach stark. Der Anteil an gereinigtem Abwasser nimmt damit zu. Dadurch steigt auch die Ammoniumkonzentration im Gewässer stark an. Zudem kommt es bei Gewittern regelmässig zu einer Überlastung der ARA Elgg und es gelangt während dieser Zeit zuviel Ammonium in die Eulach. Es ist geplant, diese unbefriedigende Situation auf der ARA Elgg im Jahr 2006 zu beheben.

Sowohl die Phosphor- als auch die Stickstofffrachten haben in der Eulach seit Beginn der Messungen deutlich abgenommen.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrössen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

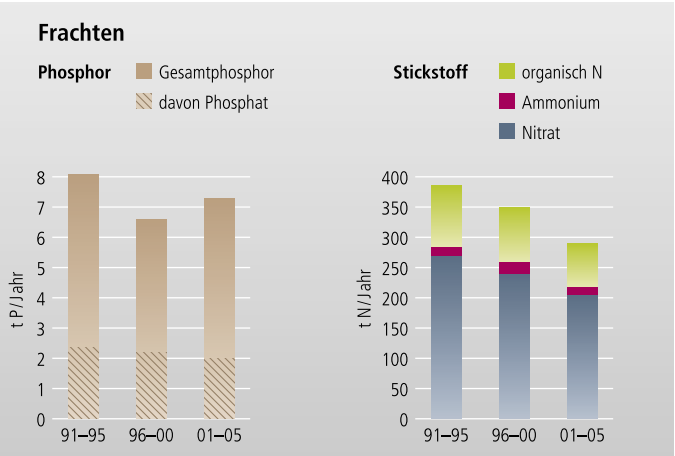
Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	0.28	0.41	0.41	0.22	0.12	0.20	0.35	0.31	0.18	0.30	0.12	0.14	0.18	0.18	0.14	0.40
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.37	0.50	0.44	0.32	0.30	0.50	0.26	0.29	0.54	0.48	0.41	0.24	0.38	0.59	0.19	0.22
Nitrit *	0.05 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte										0.04	0.01	0.02	0.04	0.03	0.04
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	7.7	9.7	9.0	7.9	7.4	7.2	6.5	7.3	6.2	5.9	4.6	4.3	4.2	4.5	4.8	5.1
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ -P/l	T	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.07	0.06	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04
Gesamtposphor **	0.14 mg Ges-P/l	W	0.19	0.16	0.22	0.23	0.17	0.21	0.13	0.21	0.26	0.14	0.14	0.17	0.14	0.10	0.12	0.13
DOC	4.0 mg C/l	S	3.8	4.7	3.6	3.3	3.3	2.7	3.0	3.9	4.0	4.0	3.7	3.3	4.2	3.8	3.5	3.5
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	5.5	3.2	2.6	2.7	2.5	1.8	2.5	2.3	2.6	2.5	2.3	1.8	2.2	2.1	1.7	1.79

* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt zwischen 10 und 20 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss

Zustand: ■ sehr gut ■ gut ■ mässig ■ unbefriedigend ■ schlecht
Zielvorgabe: ■ ■ erfüllt ■ ■ ■ nicht erfüllt



Hauptmessstelle 905

Koordinaten	691 223 / 248 245
Höhenlage	436 m ü. M.
Abfluss	
Q_{mittel}	4.04 m ³ /s
Q_{347}	1.35 m ³ /s
Einzugsgebiet	170 km ²
Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss	15 %

Die erste Hauptmessstelle des AWEL an der Glatt befindet sich nach dem Abfluss aus dem Greifensee. Die Wasserqualität wird an der Messstelle durch den Greifensee geprägt. Durch die zeitweise ungenügende Sauerstoffversorgung im Greifensee steigen im Herbst die Ammoniumkonzentrationen im Abfluss an. Die Glatt weist deshalb zeitweise bereits zu Beginn ihres Laufes relativ hohe Ammoniumgehalte auf und kann die Zielvorgabe für Ammonium nicht immer erfüllen. Die Nitratkonzentrationen blieben seit Beginn der Messreihe praktisch unverändert und erfüllen die Anforderungen vollständig. Allerdings liegen die Konzentrationen mit zirka 2 mg NO₃-N/l deutlich höher als im Seeabfluss des Zürichsees. Die Zielvorgabe für Phosphat wird erfüllt. Die starken Schwankungen der Phosphatwerte innerhalb der einzelnen Jahre weisen auf den eutrophen Zustand des Greifensees hin.

Die Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen im Greifensee sind seit Beginn der Neunzigerjahre nur noch leicht zurückgegangen und insgesamt zu hoch. Deshalb sind auch die Phosphor- und Stickstofffrachten im Abfluss des Greifensees nur wenig gesunken.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrößen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

Kenngröße	Zielvorgabe	Typ	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	0.44	0.38	0.40	0.27	0.45	0.25	0.47	0.51	0.80	0.30	0.31	0.36	0.57	0.38	0.49
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.21	0.18	0.18	0.20	0.20	0.19	0.15	0.18	0.40	0.31	0.21	0.34	0.17	0.13	0.13
Nitrit *	0.1 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte														
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	2.9	2.7	2.7	2.6	2.4	2.2	2.3	2.1	2.4	2.3	2.1	2.0	1.8	2.2	2.4
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ -P/l	T	0.08	0.04	0.04	0.06	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.01	0.05	0.04
Gesamtposphor **	0.14 mg Ges-P/l	W	0.12	0.14	0.11	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.11	0.10	0.12	0.08	0.09	0.15
DOC	4.0 mg C/l	S	5.2	5.9	4.2	3.6	3.3	3.7	4.4	4.6	4.9	5.0	4.1	4.2	4.7	5.0	4.9
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	7.0	3.0	3.8	2.8	2.4	2.4	2.2	2.8	2.3	3.7	2.8	2.5	2.3	2.3	3.5

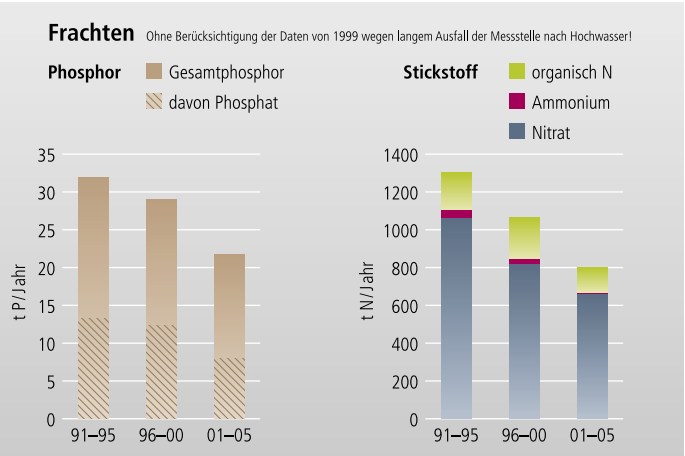
* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt > 20 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss

Zustand: ■ sehr gut ■ gut ■ mässig ■ unbefriedigend ■ schlecht

Zielvorgabe: ■ ■ erfüllt ■ ■ ■ nicht erfüllt



Hauptmessstelle 906

Koordinaten	681 592 / 259 240
Höhenlage	415 m ü. M.
Abfluss	
Q_{mittel}	6.56 m ³ /s
Q_{347}	2.71 m ³ /s
Einzugsgebiet	327 km ²
Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss	19%

Die zweite Hauptmessstelle des AWEL an der Glatt befindet sich bei Oberglatt. Bis im Jahr 2001 enthielt die Glatt bei Oberglatt neben dem Oberflächenwasser des Flughafenareals Zürich-Kloten auch das gereinigte Abwasser von rund 250'000 Einwohnern (ARA Fällanden VSFM, ARA Bassersdorf, ARA Dübendorf, ARA Zürich Glatt, ARA Kloten-Opfikon). Nach einer Umstellungsphase von sechs Monaten wurde im November 2001 die ARA Zürich Glatt stillgelegt. Das Abwasser aus Zürich Nord wird seither über einen Stollen in die ARA Zürich Werdhölzli geleitet. Die Wasserqualität der Glatt hat sich dadurch stark verbessert. Die Ammoniumkonzentrationen konnten durch den Ausbau der ARA Kloten-Opfikon im Jahre 1991 bereits deutlich reduziert werden, die Zielvorgaben konnten trotzdem meist nicht erfüllt werden. Erst seit der Aufhebung der ARA Zürich Glatt werden die Anforderungen für Ammonium immer eingehalten. Die Nitratbelastung konnte seit Beginn der Messreihe im Jahre 1991 ebenfalls deut-

lich reduziert werden. Seit 2001 konnte auch die Zielvorgabe für Nitrat eingehalten werden. Neben der Aufhebung der ARA Zürich Glatt kann diese erfreuliche Verbesserung auf die Inbetriebnahme der Denitrifikation in mehreren Abwasserreinigungsanlagen im Einzugsgebiet der Glatt zurückgeführt werden. Auch die Anforderungen für Phosphat konnten seit 2002 eingehalten werden. Die DOC-Konzentrationen sind bereits beim Abfluss aus dem Greifensee natürlicherweise relativ hoch. Flussabwärts nehmen die DOC-Konzentrationen noch etwas zu und erfüllen die Zielvorgaben nicht.

Die Stickstoff- und Phosphorfrachten haben seit Beginn der Neunzigerjahre deutlich abgenommen. Der Rückgang der Nährstofffrachten in der letzten Messperiode gegenüber der Vorperiode resultiert aus der Verbesserung der Reinigungsleistung der ARA durch Denitrifikation und der Überleitung des Abwassers aus Zürich Nord in die ARA Werdhölzli.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrößen

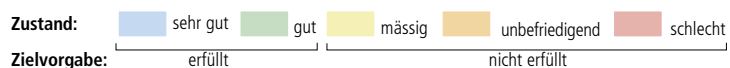
Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

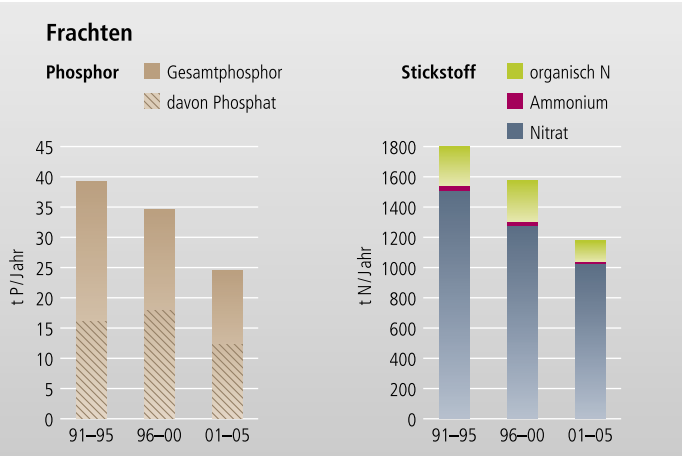
Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	2.50	0.50	0.49	0.34	0.40	0.62	0.43	0.18	Ausfall nach Hochwasser im Mai	0.34	0.18	0.21	0.01	0.13	0.27	
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.62	0.28	0.24	0.27	0.11	0.18	0.23	0.21		0.17	0.09	0.08	0.14	0.12	0.15	
Nitrit *	0.1 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte										0.12	0.05	0.04	0.06	0.06	0.07
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	9.5	8.7	8.4	6.7	6.2	6.9	7.5	6.6		5.6	4.5	3.9	4.3	4.5	5.0	
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ -P/l	T	0.11	0.11	0.12	0.11	0.09	0.11	0.11	0.15		0.10	0.09	0.06	0.07	0.05	0.06	
Gesamtphosphor **	0.14 mg Ges-P/l	W	0.21	0.24	0.27	0.20	0.20	0.35	0.20	0.26		0.27	0.22	0.28	0.11	0.10	0.20	
DOC	4.0 mg C/l	S	6.1	6.0	4.3	4.3	5.4	4.6	5.3	5.4		4.9	4.3	4.0	4.5	4.9	5.58	
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	6.4	6.5	5.2	3.7	6.4	5.4	2.8	3.6		3.0	3.2	3.5	3.7	3.1	4.59	

* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt > 20 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss





Hauptmessstelle 907

Koordinaten 678 040 / 269 711
 Höhenlage 339 m ü. M.
 Abfluss
 Q_{mittel} 8.54 m³/s
 Q₃₄₇ 3.48 m³/s
 Einzugsgebiet 419 km²
 Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss 20 %

Die dritte Hauptmessstelle des AWEL an der Glatt befindet sich vor der Einmündung in den Rhein bei Rheinsfelden. Zwischen Rheinsfelden und der flussaufwärts gelegenen Messstelle bei Oberglatt leiten 4 ARA das gereinigte Abwasser in die Glatt (ARA Niederglatt, ARA Bülach, ARA Glattfelden, ARA Stadel-Windlach). Die Wasserqualität der Glatt verändert sich dadurch kaum und entspricht in etwa den Verhältnissen in Oberglatt. Nur die Nitratkonzentrationen steigen noch etwas an. Seit Beginn der Messreihe nahmen die Nitratkonzentrationen tendenziell ab und erfüllen die Zielvorgabe seit Ende 2001 mehrheitlich. Auch die Anforderungen für Phosphat und Gesamtposphor können seit dem Jahr 2002 eingehalten werden. Der Rückgang der Ammoniumkonzentrationen im Jahr 1992 ist auf den Ausbau der ARA Kloten-Opfikon zurückzuführen.

Die Anforderungen für Ammonium können bereits seit 1994 in der Regel eingehalten werden. Die erfreuliche Verbesserung der Wasserqualität ist auf die Inbetriebnahme der Nitrifikation und Denitrifikation in mehreren ARA im Einzugsgebiet der Glatt sowie die Inbetriebnahme des Stollens zur Ableitung des Abwassers aus Zürich Nord im Jahre 2001 zurückzuführen.

Die Phosphor- und Stickstofffrachten haben im selben Mass wie an der weiter oben liegenden Messstelle bei Oberglatt abgenommen.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrößen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	1.23	1.78	0.70	0.40	0.17	0.26	0.53	0.31	0.21	0.35	0.15	0.14	0.11	0.16	0.14	0.21
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.57	0.32	0.20	0.23	0.14	0.12	0.21	0.19	0.15	0.18	0.15	0.09	0.18	0.20	0.12	0.16
Nitrit *	0.1 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte										0.09	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	8.5	9.8	8.8	8.3	8.1	7.5	7.4	8.2	7.4	6.4	6.2	5.2	5.0	5.0	5.2	5.9
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ -P/l	T	0.16	0.14	0.11	0.11	0.09	0.08	0.12	0.11	0.15	0.10	0.11	0.09	0.06	0.07	0.07	0.08
Gesamtposphor **	0.14 mg Ges.-P/l	W	0.32	0.27	0.22	0.20	0.19	0.20	0.19	0.20	0.25	0.19	0.23	0.19	0.10	0.12	0.11	0.15
DOC	4.0 mg C/l	S	4.6	5.5	4.6	4.5	3.8	4.0	4.0	4.7	5.0	5.1	4.7	4.3	4.0	4.0	4.3	4.78
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	10.5	6.6	4.5	4.6	4.8	5.2	3.8	3.3	4.2	4.2	3.2	2.8	2.3	2.9	2.7	3.84

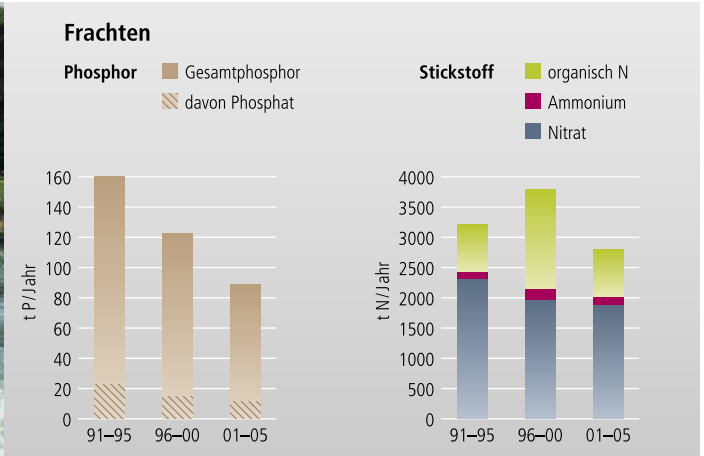
* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt > 20 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss

Zustand: sehr gut (blau) gut (grün) mässig (gelb) unbefriedigend (orange) schlecht (rot)

Zielvorgabe: erfüllt (blau bis orange) nicht erfüllt (orange bis rot)



Hauptmessstelle 908

Koordinaten 679 733 / 250 328
 Höhenlage 396 m ü. M.
 Abfluss
 Q_{mittel} 96.4 m³/s
 Q₃₄₇ 41.0 m³/s
 Einzugsgebiet 2172 km²
 Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss 1.4%
 (nur ARA im Kt. Zürich berücksichtigt)

Die Hauptmessstelle des AWEL oberhalb der ARA Zürich-Werdhölzli befindet sich beim Höneggersteg in Zürich. Die Wasserqualität wird an der Messstelle durch den Zürichsee geprägt. Sämtliche Parameter ausser Ammonium erfüllen die Zielvorgaben seit Beginn der regelmässigen Messungen im Jahr 1989. Es ist unklar, weshalb es im Sommer 1997 und 1998 zu erhöhten Ammoniumkonzentrationen kam. Die Phosphatwerte sind für ein Fließgewässer mit maximalen Konzentrationen von 0.02 mg PO₄-P/l als tief zu charakterisieren. Sie zeigen seit Beginn der Messreihe eine leicht abnehmende Tendenz.

Die Stickstoff- und insbesondere die Phosphorfrachten haben seit Beginn der Neunzigerjahre abgenommen. Die Stickstoff- und Phosphoreinträge aus dem Einzugsgebiet in den Zürichsee konnten dank der kontinuierlichen Verbesserung der Reinigungsleistungen der ARA sowie Massnahmen in der Landwirtschaft deutlich gesenkt werden.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrössen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

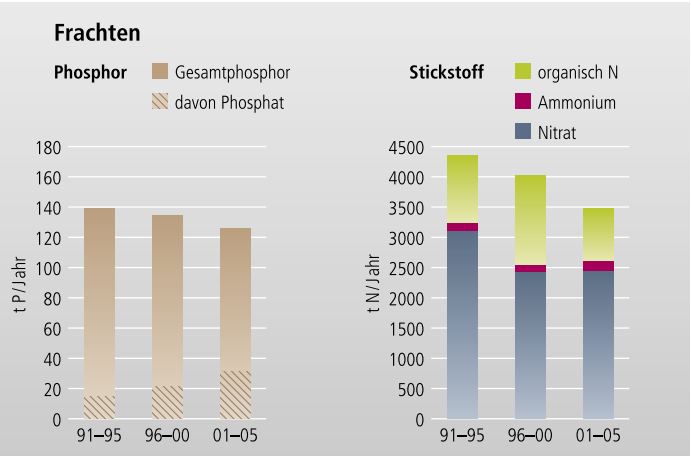
Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ - N/l	T	0.06	0.09	0.12	0.04	0.06	0.06	0.10	0.06	0.08	0.10	0.06	0.05	0.04	0.07	0.06	0.06	0.06
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ - N/l	T	0.04	0.08	0.12	0.12	0.09	0.07	0.12	0.12	0.23	0.22	0.14	0.06	0.06	0.09	0.13	0.10	0.07
Nitrit *	0.02 mg NO ₂ - N/l	S	keine Messwerte											0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Nitrat	5.6 mg NO ₃ - N/l	T	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.1	1.0	0.9	0.9	0.7	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ - P/l	T	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Gesamtposphor **	0.14 mg Ges- P/l	W	0.12	0.07	0.08	0.01	0.08	0.08	0.07	0.08	0.05	0.06	0.05	0.08	0.08	0.05	0.03	0.03	0.04
DOC	4.0 mg C/l	S	2.0	2.4	2.8	2.0	2.2	2.0	1.5	2.0	2.3	2.5	2.5	2.5	2.1	2.2	2.4	2.5	2.31
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	2.8	3.5	1.6	1.4	2.0	2.2	1.2	1.8	1.7	1.7	2.0	1.8	1.4	1.4	1.6	1.6	1.5

* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt < 10 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss

Zustand: ■ sehr gut ■ gut ■ mässig ■ unbefriedigend ■ schlecht
Zielvorgabe: ■ ■ erfüllt ■ ■ ■ nicht erfüllt



Hauptmessstelle 909

Koordinaten 673 333 / 251 303
 Höhenlage 384 m ü. M.
 Abfluss Stelle Zürich Unterhard
 Q_{mittel} 96.4 m³/s
 Q₃₄₇ 41.0 m³/s
 Einzugsgebiet 2210 km²
 Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss 3.9%
 (nur ARA im Kt. Zürich berücksichtigt)

Die zweite Hauptmessstelle des AWEL an der Limmat befindet sich oberhalb der ARA Dietikon. Die Wasserqualität an der Messstelle in Dietikon unterscheidet sich nur wenig von derjenigen in Zürich Hönigersteg. Dank der guten Reinigungsleistung der ARA Zürich - Werdhölzli und eines sehr guten Verdünnungsverhältnisses von Fluss- zu gereinigtem Abwasser wird die Wasserqualität der Limmat durch die ARA Werdhölzli kaum beeinträchtigt. Seit Beginn der Messungen im Jahr 1990 erfüllen alle Parameter die Zielvorgaben. Durch Inbetriebnahme der Teildenitrifikation in der ARA Zürich - Werdhölzli Mitte der Neunzigerjahre konnten die Nitratkonzentrationen gesenkt werden. Die Phos-

phatwerte sind für ein Fließgewässer mit Konzentrationen unter 0.03 mg PO₄P/I als tief zu charakterisieren. Auch die zusätzliche Einleitung des Abwassers aus Zürich Nord in die ARA Werdhölzli, seit der Aufhebung der ARA Zürich Glatt Ende 2001, hat die Wasserqualität der Limmat kaum beeinträchtigt.

Die Phosphorfracht hat seit 1990 weniger stark abgenommen als an der Messstelle beim Hönigersteg in Zürich. Die Reduktion der Stickstofffracht dagegen ist in einem ähnlichen Ausmass zurückgegangen und dokumentiert den Erfolg der Gewässerschutzmassnahmen im Einzugsgebiet.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrößen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

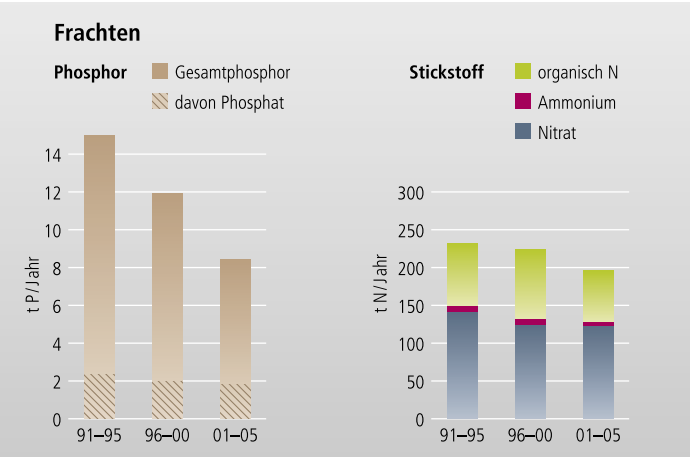
Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	0.11	0.12	0.08	0.16	0.11	0.13	0.16	0.09	0.07	0.12	0.06	0.07	0.01	0.14	0.13	0.09
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.06	0.16	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.06	0.08	0.05	0.06	0.15	0.08	0.12	0.07
Nitrit *	0.02 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte										0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	1.4	1.5	1.6	1.5	1.5	1.3	1.4	1.3	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1	1.2
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ -P/l	T	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03
Gesamtposphor **	0.14 mg Ges-P/l	W	0.08	0.09	0.09	0.07	0.08	0.07	0.07	0.05	0.07	0.06	0.07	0.08	0.05	0.06	0.05	0.05
DOC	4.0 mg C/l	S	2.5	2.7	2.1	2.4	2.0	1.9	2.4	2.6	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.8	2.6	2.59
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	4.2	2.0	1.9	2.5	2.6	1.5	2.0	1.7	1.8	2.3	1.8	2.0	1.6	2.1	2.0	1.69

* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt < 10 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenaahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss

Zustand: ■ sehr gut ■ gut ■ mässig ■ unbefriedigend ■ schlecht
Zielvorgabe: ■ ■ erfüllt ■ ■ ■ nicht erfüllt



Hauptmessstelle 910

Koordinaten 692 975 / 225 300
 Höhenlage 687 m ü. M.
 Abfluss
 Q_{mittel} 5.14 m³/s
 Q₃₄₇ 2.43 m³/s
 Einzugsgebiet (ohne Sihlsee) 104 km²
 Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss 0%
 (nur ARA im Kt. Zürich berücksichtigt)

Die erste Hauptmessstelle des AWEL an der Sihl befindet sich bei Hütten. Seit Beginn der Messreihe liegen die Ammoniumkonzentrationen unter 0.2 mg NH₄-N/l und die Nitrat-Konzentrationen unter 1.3 mg NO₃-N/l und erfüllen somit die Zielvorgaben. Auch die Phosphatwerte sind mit maximal 0.04 mg PO₄-P/l als tief zu charakterisieren. Der hohe DOC-Gehalt ist nicht vorwiegend anthropogen bedingt, sondern auf den hohen Waldanteil sowie zahlreiche Moore im Einzugsgebiet zurückzuführen. Die geringe Besiedlungsdichte und der hohe Waldanteil im Einzugsgebiet erklären die insgesamt geringe Belastung an der Messstelle.

Die Phosphorfracht hat seit Beginn der Neunzigerjahre um knapp die Hälfte abgenommen und auch die Stickstofffrachten sind seither leicht gesunken. Dies belegt den Erfolg der Gewässerschutzmassnahmen im Einzugsgebiet.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrößen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

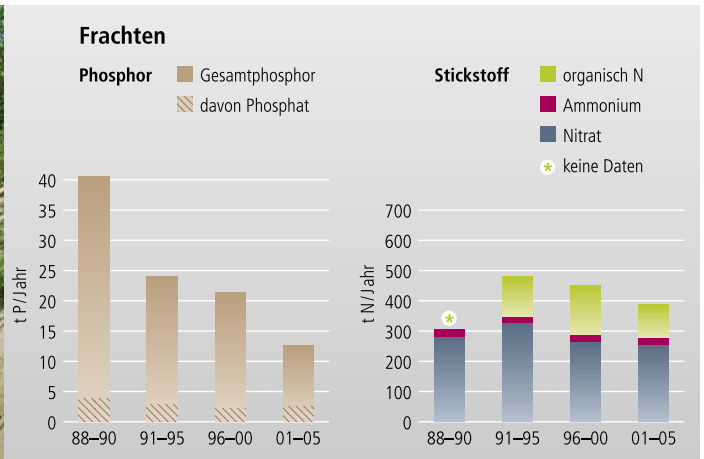
Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ - N/l	T	0.15	0.18	0.14	0.20	0.10	0.10	0.16	0.14	0.15	0.10	0.07	0.08	0.04	0.04	0.06	0.10
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ - N/l	T	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.06	0.08	0.06	0.09	0.06	0.04	0.07	0.04	0.06	0.06	0.04
Nitrit *	0.02 mg NO ₂ - N/l	S	keine Messwerte										0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
Nitrat	5.6 mg NO ₃ - N/l	T	1.1	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	1.1	1.1
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ - P/l	T	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
Gesamtphosphor **	0.14 mg Ges- P/l	W	0.17	0.11	0.13	0.13	0.12	0.18	0.13	0.01	0.09	0.08	0.10	0.10	0.06	0.05	0.04	0.06
DOC	4.0 mg C/l	S	7.8	5.6	5.5	5.3	4.5	4.5	5.6	6.2	6.7	5.5	4.9	5.4	4.5	5.9	5.3	5.38
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	6.1	3.2	5.7	6.2	5.5	4.0	4.7	5.2	5.2	3.8	3.5	2.9	1.4	2.8	2.5	2.89

* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt < 10 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss

Zustand: ■ sehr gut ■ gut ■ mässig ■ unbefriedigend ■ schlecht
Zielvorgabe: ■ ■ erfüllt ■ ■ ■ nicht erfüllt



Hauptmessstelle 911

Koordinaten 682 142 / 246 886
 Höhenlage 410 m ü. M.
 Abfluss
 Q_{mittel} 6.83 m³/s
 Q₃₄₇ 2.70 m³/s
 Einzugsgebiet (ohne Sihlsee) 185 km²
 Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss 2.3 %
 (nur ARA im Kt. Zürich berücksichtigt)

Die zweite Hauptmessstelle des AWEL an der Sihl befindet sich beim Sihlhölzli in Zürich. Dank der gut funktionierenden Phosphatelimination in der ARA Adliswil kann die Anforderung für Phosphat sehr gut erfüllt werden. Die Phosphatkonzentrationen in der Sihl werden durch die Einleitung des gereinigten Abwassers kaum erhöht. Der Gesamtphosphorgehalt erfüllt die Anforderung seit dem Jahr 2001. Die Stickstoffkonzentrationen sind deutlich höher als an der weiter flussaufwärts gelegenen Messstelle bei Hütten. Die Anforderung für Nitrat wird dennoch stets erfüllt. Während die Zielvorgaben für Ammonium im Winter erfüllt werden, treten im Sommer regelmässig Überschreitungen auf. Dies ist einerseits auf das ungünstige Verdünnungsverhältnis von Fluss- zu gereinigtem Abwasser während längeren Trockenperioden zurückzuführen. Andererseits wird bei Starkregenereignissen viel ungereinigtes Abwasser entlastet und es gelangt während dieser Zeit zuviel Ammonium in die Sihl. Diese Situation soll im Rahmen der regionalen Entwässerungsplanung verbessert werden. Weil die ARA Adliswil die Einleitungsbedingungen für Stickstoff in den letzten paar Jahren aufgrund der steigenden Abwasserfrachten nicht mehr einhalten konnte, wird die ARA gegenwärtig erweitert.

Die Phosphorfrachten sind seit Ende der Achtzigerjahre um mehr als die Hälfte gesunken und auch die Stickstofffrachten haben deutlich abgenommen.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrößen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

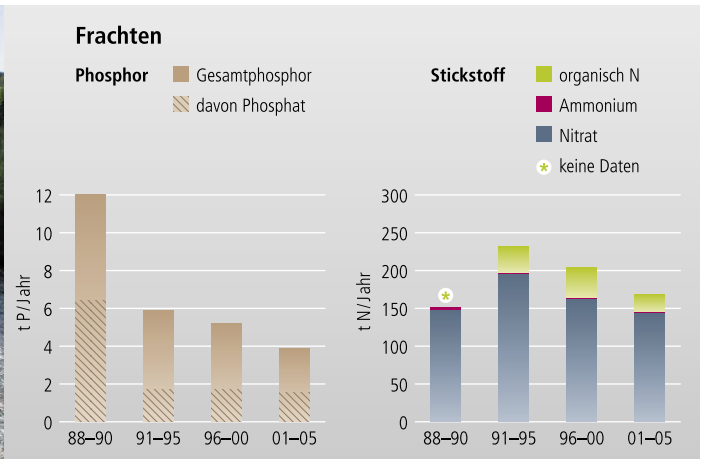
Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	0.32	0.36	0.44	0.58	0.15	0.28	0.16	0.22	0.21	0.22	0.12	0.20	0.17	0.18	0.25	0.31	0.28	0.23
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.20	0.20	0.22	0.20	0.14	0.16	0.26	0.38	0.34	0.33	0.22	0.58	0.21	0.21	0.35	0.40	0.36	0.26
Nitrit *	0.05 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte												0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	2.2	1.9	2.1	2.3	2.5	2.4	2.1	2.0	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.8	2.0
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ -P/l	T	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
Gesamtphosphor **	0.14 mg Ges.-P/l	W	0.30	0.34	0.25	0.14	0.16	0.23	0.14	0.19	0.16	0.14	0.15	0.16	0.20	0.10	0.11	0.07	0.04	0.10
DOC	4.0 mg C/l	S	4.4	5.8	5.7	4.2	3.7	4.2	3.3	3.0	4.6	4.7	5.4	4.5	4.7	4.1	4.3	4.2	4.9	4.8
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	7.0	4.8	5.0	2.6	2.7	3.0	2.7	1.7	2.6	2.2	2.0	2.9	3.0	1.8	1.6	2.2	1.9	1.9

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss

Zustand: ■ sehr gut ■ gut ■ mässig ■ unbefriedigend ■ schlecht
 Zielvorgabe: ■ erfüllt ■ ■ ■ ■ nicht erfüllt

* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt zwischen 10 und 20 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen



Hauptmessstelle 912

Koordinaten 672 444 / 251 572
 Höhenlage 385 m ü. M.
 Abfluss
 Q_{mittel} 1.20 m³/s
 Q₃₄₇ 0.25 m³/s
 Einzugsgebiet 67 km²
 Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss 11 %
 (nur ARA im Kt. Zürich berücksichtigt)

Die Hauptmessstelle des AWEL an der Reppisch befindet sich in Dietikon. An der Messstelle enthält die Reppisch gereinigtes Abwasser aus der ARA Birmensdorf und der ARA Rudolfstetten (Kanton AG). Die Zielvorgaben für Ammonium und Nitrit werden seit Beginn der Messungen mehrheitlich eingehalten. Die Überschreitungen in den Jahren 2000 und 2003 traten unterhalb der Einleitung des gereinigten Abwassers der ARA Rudolfstetten auf. Die Phosphatkonzentrationen sind seit der Einführung der Phosphatfällung in der ARA Birmensdorf im Jahr 1991 stark zurückgegangen und seit der Erweiterung der ARA im Jahr 2001 tendenziell weiter gesunken. Die Zielvorgabe für Phosphat konnte seit der Erweiterung der ARA Rudolfstetten im Jahr 2004 erfüllt werden. Die Nitrat- und Gesamtposphorkonzentrationen

konnten durch die Erweiterung der ARA Birmensdorf im Jahr 2001 und der ARA Rudolfstetten im Jahr 2004 ebenfalls gesenkt werden, erfüllen die Zielvorgaben aber in der Regel nicht. Dies ist auf die hohe Bevölkerungsdichte im Einzugsgebiet zurückzuführen.

Die Stickstofffrachten und vor allem die Phosphorfrachten sind seit Ende der Achtzigerjahre stark gesunken. Dies belegt den Erfolg der Gewässerschutzmassnahmen im Einzugsgebiet.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrössen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	0.32	0.55	0.47	0.22	0.10	0.67	0.34	0.24	0.26	0.18	0.22	0.22	0.15	0.09	0.14	0.28	0.16	0.18
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.14	0.16	0.10	0.19	0.24	0.19	0.49	0.18	0.25	0.18	0.18	0.16	0.79	0.12	0.12	0.36	0.14	0.10
Nitrit *	0.1 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte																	
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	6.6	7.6	7.9	10.4	10.2	9.0	8.1	7.8	7.0	8.4	7.8	5.7	5.4	4.8	5.7	6.2	6.5	6.2
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ -P/l	T	0.48	0.63	0.58	0.26	0.10	0.04	0.05	0.10	0.09	0.14	0.14	0.08	0.09	0.08	0.08	0.01	0.07	0.07
Gesamtposphor **	0.14 mg Ges.-P/l	W	0.60	0.73	0.68	0.41	0.31	0.21	0.20	0.37	0.23	0.35	0.29	0.17	0.28	0.15	0.19	0.22	0.13	0.16
DOC	4.0 mg C/l	S	4.9	5.4	5.3	4.4	4.0	3.6	3.3	3.3	3.6	4.1	4.2	4.1	4.6	4.3	4.2	4.0	3.8	4.0
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	7.8	7.0	6.2	2.5	2.7	3.3	3.5	1.8	2.8	2.0	2.4	2.1	2.3	2.4	2.1	3.1	2.4	2.5

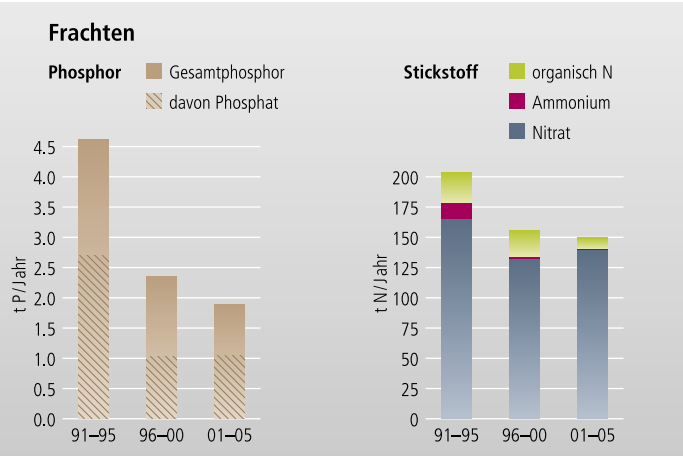
* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt zwischen > 20 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss

Zustand: ■ sehr gut ■ gut ■ mässig ■ unbefriedigend ■ schlecht

Zielvorgabe: ■ ■ ■ erfüllt ■ ■ nicht erfüllt



Hauptmessstelle 913

Koordinaten	669 889 / 255 285
Höhenlage	413 m ü. M.
Abfluss	
Q_{mittel}	0.66 m ³ /s
Q_{347}	0.20 m ³ /s
Einzugsgebiet	44 km ²
Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss	33 %

Die Hauptmessstelle des AWEL am Furtbach befindet sich in Würenlos. Die Wasserqualität an der Messstelle wird durch vier ARA beeinflusst, wobei der Anteil von gereinigtem Abwasser am Gesamtabfluss mit 33 % sehr hoch ist. Die Wasserqualität des Furtbaches wurde bis Mitte 1994 durch den Abfluss der überlasteten ARA Regensdorf bestimmt. Durch die Inbetriebnahme der neuen ARA Regensdorf sind die Ammonium-, Phosphat- und Gesamtphosphorkonzentrationen deutlich gesunken. Die Zielvorgaben für Ammonium können seither im Winter erfüllt werden. Im Sommer dagegen können die Anforderungen aufgrund verschiedener Ursachen nicht immer eingehalten werden. Der schlechte Zustand im Sommer 2000 ist auf die Inbetriebnahme der ARA Gastro-Star-AG in Dällikon zurückzuführen. Wegen der anfänglich ungenügenden Nitrifikationsleistung konnte die Zielvorgabe nicht erfüllt werden. Während längerer Trockenperioden sinkt der Abfluss des Furtbaches ab, wodurch der Anteil von gereinigtem Abwasser am Gesamtabfluss zunimmt. Zudem gelangt während starken Abflussspitzen, z.B. Gewittern, über Entlastun-

gen zuviel Ammonium in den Furtbach. Die hohen Nitrit- und Ammoniumkonzentrationen in den Jahren 2003 und 2004 dürften zudem durch den Ausbau der ARA Otelfingen und Probleme bei der Nitrifikation in der ARA Gastro-Star in Dällikon mitverursacht worden sein. Die Anforderungen für Nitrat, Phosphat, Gesamtphosphor und DOC werden in der Regel nicht eingehalten. Das Furttal wird intensiv landwirtschaftlich genutzt. Nitratauswaschung aus den Böden sowie Bodenerosion, oberflächliche Düngerabschwemmungen während starken Niederschlägen und Einleitungen aus Kläranlagen ohne weitergehende Phosphorelimination sind zusammen mit dem schlechten Verdünnungsverhältnis von gereinigtem Abwasser zu Bachwasser für die hohe Nährstoffbelastung des Furtbaches verantwortlich.

Trotz des insgesamt schlechten Zustandes des Furtbaches sind die Phosphor- und Stickstofffrachten seit Beginn der Neunzigerjahre deutlich gesunken. Die Gewässerschutzmassnahmen im Einzugsgebiet haben Wirkung gezeigt, müssen aber noch verstärkt weitergeführt werden.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrößen

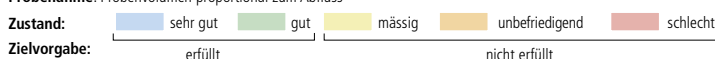
Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

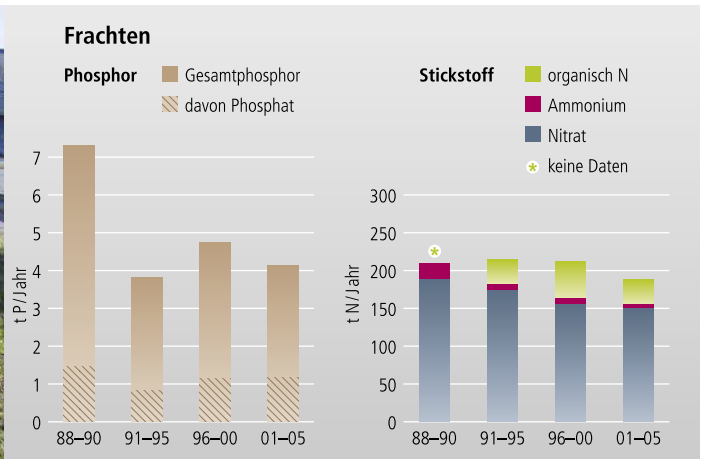
Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05		
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	4.10	3.00	3.12	2.45	1.06	0.16	0.28	0.36	0.16	0.32	0.22	0.17	0.20	0.28	0.32	0.22		
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	2.30	3.60	2.85	1.98	0.84	0.16	0.36	0.22	0.22	0.14	0.44	0.17	0.17	0.34	0.26	0.17		
Nitrit *	0.1 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte												0.09	0.05	0.07	0.13	0.17	0.06
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	11.0	12.0	12.6	11.5	10.1	9.1	9.4	11.1	10.2	8.7	8.6	7.7	9.1	12.2	10.7	10.4		
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ -P/l	T	0.41	0.54	0.44	0.30	0.32	0.10	0.10	0.12	0.14	0.08	0.09	0.07	0.09	0.12	0.11	0.12		
Gesamtphosphor **	0.14 mg Ges-P/l	W	0.57	0.65	0.56	0.44	0.44	0.22	0.21	0.21	0.20	0.18	0.15	0.12	0.13	0.16	0.15	0.17		
DOC	4.0 mg C/l	S	6.6	7.2	5.7	4.7	4.1	3.6	4.3	4.6	4.8	4.8	4.7	4.0	4.0	5.0	4.6	4.5		
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	7.2	6.0	7.9	8.3	4.5	2.5	3.1	1.9	2.7	3.2	1.9	2.0	2.2	2.9	2.6	2.3		

* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt > 20 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probenotypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Zustand: Probenvolumen proportional zum Abfluss





Hauptmessstelle 914

Koordinaten	694 978 / 244 852
Höhenlage	441 m ü. M.
Abfluss	
Q_{mittel}	1.61 m ³ /s
Q_{347}	0.51 m ³ /s
Einzugsgebiet	64 km ²
Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss	15 %

Die Hauptmessstelle des AWEL an der Aa liegt bei Niederuster, kurz vor der Mündung in den Greifensee. Das Wasser an der Messstelle enthält 15 % gereinigtes Abwasser aus den ARA Hinwil und Wetzikon. Seit Abschluss der Ausbaurbeiten in der ARA Wetzikon im Jahre 2001 können die Zielvorgaben für Ammonium und Nitrit sowie für den biochemischen Sauerstoffbedarf erfüllt werden. Die Anforderung für Nitrat wird seit 1995 mehrheitlich eingehalten. Die Kläranlagen im Einzugsgebiet des Greifensees sind mit Phosphatfällung und Flockungsfiltration ausgerüstet. Die Phosphatkonzentrationen liegen in der Aa im Bereich der Zielvorgabe. Der Anstieg der Phosphatkonzentrationen in den Jahren 1999 und 2000 ist auf die verminderte Reinigungsleistung während der Erweiterung der ARA Wetzikon zurückzuführen. Trotz Abschluss der Ausbaurbeiten ist die Reinigungsleistung

der Filtration noch nicht befriedigend. In den Jahren 2004 und 2005 konnten die Einleitbedingungen für Gesamtphosphor nicht eingehalten werden, was sich auch mit einer erhöhten Phosphatkonzentration in der Aa bemerkbar machte.

Die Phosphor- und Stickstofffrachten waren zwischen 1988 und 1990 deutlich höher als heute, haben aber seit Beginn der Neunziger Jahre nicht mehr wesentlich abgenommen.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrößen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

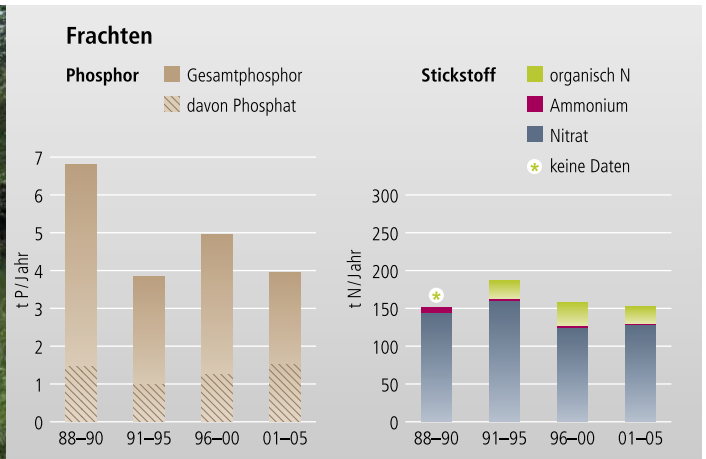
Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	0.49	0.82	0.82	0.58	0.84	0.68	0.51	0.60	0.93	0.64	0.32	0.73	0.57	0.17	0.26	0.27	0.23	0.36
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	1.46	0.27	2.16	0.12	0.20	0.28	0.32	0.18	0.23	0.15	0.20	0.28	0.19	0.16	0.19	0.19	0.18	0.15
Nitrit *	0.1 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte												0.20	0.06	0.05	0.06	0.06	0.08
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	5.3	5.0	6.0	6.5	6.2	6.6	5.8	5.5	5.5	6.4	5.3	5.2	4.9	4.7	4.3	5.0	4.6	5.2
Phosphat **	0.04 mg PO ₄ -P/l	T	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
Gesamtphosphor **	0.07 mg Ges-P/l	W	0.22	0.24	0.15	0.13	0.13	0.13	0.12	0.14	0.11	0.09	0.13	0.16	0.18	0.14	0.14	0.07	0.10	0.12
DOC	4.0 mg C/l	S	3.7	4.8	4.2	6.0	5.1	3.8	3.6	3.6	3.9	4.7	4.9	4.7	4.4	3.8	4.4	3.9	4.2	4.2
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	8.1	8.4	9.3	9.6	5.9	6.5	5.6	5.8	4.7	2.9	3.8	5.6	5.2	2.7	3.0	2.8	3.7	2.89

* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt > 20 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss

Zustand: ■ sehr gut ■ gut ■ mässig ■ unbefriedigend ■ schlecht
Zielvorgabe: ■ erfüllt ■ erfüllt ■ nicht erfüllt ■ nicht erfüllt ■ nicht erfüllt



Hauptmessstelle 915

Koordinaten	696 928 / 240 805
Höhenlage	440 m ü. M.
Abfluss	
Q_{mittel}	1.06 m ³ /s
Q_{347}	0.19 m ³ /s
Einzugsgebiet	44 km ²
Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss	10 %

Etwa 2 Kilometer vor der Mündung des Aabachs in den Greifensee bei Mönchaltorf betreibt das AWEL eine Hauptmessstelle. Die Zielvorgaben für Ammonium und den biochemischen Sauerstoffbedarf können seit Inbetriebnahme der erweiterten ARA Gossau im Jahr 1993 mehrheitlich eingehalten werden. Zwischen Ende Januar und März 1998 traten in der ARA Egg-Oetwil Probleme mit der Nitrifikation auf, die Zielvorgabe für Ammonium konnte deshalb nicht erfüllt werden. Die Anforderung für Nitrit wird seit Beginn der regelmässigen Messungen eingehalten. Die Zielvorgaben für Nitrat, Phosphat und Gesamtphosphor werden regelmässig nicht erfüllt. Dies ist eine Folge der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet, der Restbelastung durch die Einleitung von gereinigtem Abwasser aus den Kläranlagen, Entlastungen aus dem Kanalsystem sowie

dem häufig ungünstigen Verdünnungsverhältnis von gereinigtem Abwasser zu Bachwasser. Eine Reduktion der Phosphat- und Gesamtphosphorkonzentrationen ist mittelfristig mit der Erneuerung der Flockungsfiltrationsanlage auf der ARA Gossau zu erwarten.

Während sich die Stickstofffrachten seit Ende der Achtzigerjahre kaum verändert haben, sind die Phosphorfrachten heute rund 40 % tiefer als zu Beginn der Messungen. Die Einführung der Flockungsfiltration auf der ARA Egg-Oetwil 1990 hat neben weiteren Gewässerschutzmassnahmen zu dieser erfreulichen Entwicklung beigetragen.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrössen

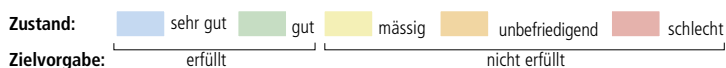
Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

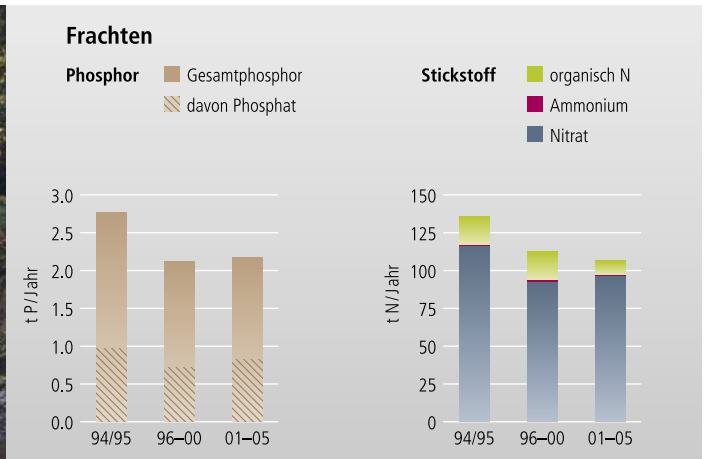
Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	0.79	1.44	1.20	1.27	1.85	0.56	0.12	0.18	0.24	0.22	1.19	0.30	0.15	0.12	0.21	0.14	0.15	0.19
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.82	0.66	0.62	0.56	0.84	0.10	0.20	0.13	0.16	0.08	0.09	0.14	0.19	0.10	0.13	0.18	0.17	0.11
Nitrit *	0.1 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte												0.04	0.05	0.03	0.04	0.03	0.02
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	6.5	7.9	8.6	11.1	9.5	8.0	6.7	7.6	7.1	9.0	8.2	6.1	5.3	5.9	6.2	9.8	7.8	7.8
Phosphat **	0.04 mg PO ₄ -P/l	T	0.06	0.07	0.03	0.06	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.05	0.05
Gesamtphosphor **	0.07 mg Ges-P/l	W	0.30	0.35	0.29	0.19	0.20	0.22	0.12	0.19	0.12	0.14	0.16	0.33	0.25	0.21	0.20	0.16	0.17	0.25
DOC	4.0 mg C/l	S	4.2	5.2	5.3	5.6	5.5	4.3	3.9	3.6	3.9	4.4	4.9	4.4	4.6	4.5	5.2	4.5	4.3	4.6
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	6.8	6.9	7.2	9.5	5.5	3.5	2.7	2.5	2.7	1.9	2.6	1.9	3.0	2.0	2.2	2.1	1.9	1.7

* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt > 20 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen im Einzugsgebiet von Seen

Probenotypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss





Hauptmessstelle 916

Koordinaten	675 074 / 238 460
Höhenlage	456 m ü. M.
Abfluss	
Q_{mittel}	0.60 m ³ /s
Q_{347}	0.12 m ³ /s
Einzugsgebiet	38 km ²
Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss	26 %

Die Hauptmessstelle des AWEL an der Jonen befindet sich unterhalb von Zwillikon. An der Messstelle enthält die Jonen gereinigtes Abwasser von drei ARA. Durch den Betrieb eines Kraftwerkes bei Zwillikon entsteht an der Jonen ein Schwallbetrieb, wobei der Abfluss in wenigen Minuten stark ansteigen kann, um nach einigen Stunden erneut auf den dotierten Restwasserabfluss abzusinken. Das Verhältnis von Bachwasser zu gereinigtem Abwasser schwankt deshalb stark. Die Zielvorgaben für Ammonium, Nitrit und den biochemischen Sauerstoffbedarf werden seit Inbetriebnahme der Messstelle im Jahr 1994 erfüllt. Alle anderen Parameter erfüllen die Anforderungen in der Regel nicht. Die generell hohen Nitratkonzentrationen sind eine Folge der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung und dichten Besiedlung im Einzugsgebiet. Insbesondere während Trockenperioden oder bei Starkregenereignissen wie Gewittern überschreiten die Nitrat- und Phosphatkonzentrationen die Zielvorgaben massiv. Da die Jonen nicht im Einzugsgebiet eines Sees liegt, gelten kei-

ne verschärften Einleitungsbedingungen für Phosphat. Die erhöhten DOC-Werte sind auf die Einmündung des Schwarzenbaches zurückzuführen, welcher das Gebiet um das Seleger Moor entwässert und dadurch natürlicherweise hohe Konzentrationen an Huminstoffen führt.

Der mittlere Abfluss lag in der zwei-jährigen Messperiode 1994/95 mit 0.72 m³/s deutlich über dem langjährigen Mittel von 0.60 m³/s. In der Periode 1996 bis 2000 lag er mit 0.57 m³/s leicht unter dem langjährigen Mittel und von 2001 bis 2005 entsprach er genau dem Durchschnittswert. Stickstoff- und Phosphorfrachten sind stark witterungsabhängig. In überdurchschnittlich nassen Jahren werden deutlich höhere Frachten gemessen als in trockenen Jahren. Die scheinbare Abnahme der Frachten in der zweiten und dritten Messperiode im Vergleich zur ersten Messperiode ist daher eher auf die ungleiche Verteilung der Niederschläge als auf eine effektive Abnahme der Nährstoffkonzentrationen zurückzuführen.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrößen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

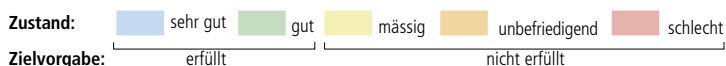
Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	0.09	0.08	0.13	0.14	0.07	0.13	0.08	0.06	0.09	0.07	0.01	0.12
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.12	0.08	0.10	0.07	0.06	0.08	0.07	0.01	0.07	0.13	0.09	0.08
Nitrit *	0.1 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte						0.08	0.02	0.04	0.07	0.06	0.03
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	8.9	8.5	7.9	11.5	9.2	7.0	7.2	6.5	7.4	11.9	11.3	9.1
Phosphat **	0.08 mg PO ₄ -P/l	T	0.12	0.06	0.08	0.11	0.13	0.06	0.11	0.05	0.08	0.12	0.16	0.07
Gesamtphosphor **	0.14 mg Ges.-P/l	W	0.23	0.19	0.20	0.25	0.31	0.16	0.28	0.20	0.19	0.22	0.25	0.17
DOC	4.0 mg C/l	S	4.2	4.3	4.5	5.9	6.7	5.4	6.4	5.6	5.3	5.4	5.4	5.7
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	3.5	3.0	2.4	1.6	1.9	2.0	1.9	2.3	1.7	1.8	2.2	2.0

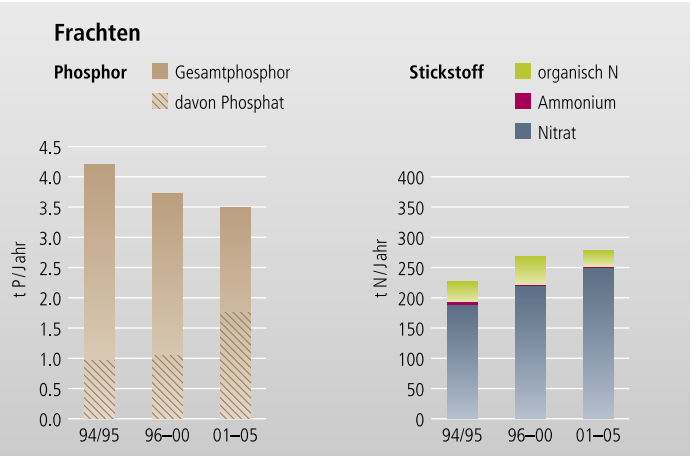
* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt > 20 mg Cl/l

** Zielvorgabe für Stellen nicht im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss





Hauptmessstelle 917

Koordinaten	707 051 / 233 818
Höhenlage	448 m ü. M.
Abfluss	
Q_{mittel}	2.03 m ³ /s
Q_{347}	0.45 m ³ /s
Einzugsgebiet	61 km ²
Anteil gereinigtes Abwasser am Gesamtabfluss	9%

Die Hauptmessstelle des AWEL an der Jona befindet sich unterhalb von Rüti. Die Zielvorgaben für Ammonium, Nitrit und den biochemischen Sauerstoffbedarf können seit Inbetriebnahme der Messstelle im Jahr 1994 erfüllt werden. Da die Jona im Einzugsgebiet des Zürichsees liegt, sind die ARA Wald und die ARA Rüti mit Phosphatfällung und Flockungsfiltration ausgerüstet, um die verschärften Einleitungsbedingungen für Phosphat einhalten zu können. Die Zielvorgabe für Phosphat kann in der Jona meist eingehalten werden. Die Zielvorgabe für Nitrat wird jedoch regelmässig überschritten. Die Jahre 1997 und 2003 waren besonders niederschlagsarm, was aufgrund des schlechteren Verdünnungsverhältnisses von gereinigtem Abwasser zu Bachwasser zu besonders hohen Nitratkonzentrationen geführt hat. Eine Reduk-

tion der Nitratreinträge in die Jona könnte mit der Einführung der Denitrifikation in der ARA Rüti sowie Massnahmen zur Reduktion der Nitratabschwemmungen aus dem landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet erzielt werden.

Während die Phosphorfrachten seit Mitte der Neunzigerjahre leicht zurückgegangen sind, konnte beim Stickstoff keine Abnahme der Frachten festgestellt werden. Der scheinbare Anstieg der Stickstofffrachten ist auf die ungleiche Verteilung der Niederschläge zurückzuführen, denn in der ersten Messperiode (1994/95) lag der mittlere Abfluss mit 1.71 m³/s deutlich unter dem langjährigen Mittel von 2.03 m³/s, was zu geringeren Frachten führte.

Beurteilung der Wasserqualität mit chemischen Kenngrössen

Die Tabelle enthält die 90-Perzentil-Werte [mg/l]

Kenngrösse	Zielvorgabe	Typ	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
Ammonium (T<10°C)	0.4 mg NH ₄ -N/l	T	0.26	0.36	0.16	0.10	0.06	0.09	0.08	0.07	0.07	0.05	0.07	0.07
Ammonium (T≥10°C)	0.2 mg NH ₄ -N/l	T	0.14	0.14	0.06	0.02	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.07	0.06	0.05
Nitrit *	0.5 mg NO ₂ -N/l	S	keine Messwerte						0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02
Nitrat	5.6 mg NO ₃ -N/l	T	8.1	6.9	7.2	10.4	8.0	6.1	5.6	5.9	5.6	8.4	7.9	7.4
Phosphat **	0.04 mg PO ₄ -P/l	T	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
Gesamtphosphor **	0.07 mg Ges.-P/l	W	0.11	0.13	0.09	0.08	0.08	0.06	0.09	0.08	0.09	0.08	0.05	0.07
DOC	4.0 mg C/l	S	3.6	3.3	3.9	4.5	4.3	4.0	4.3	4.0	4.5	4.0	3.9	4.3
BSB ₅	4.0 mg O ₂ /l	S	2.3	2.9	2.9	1.5	2.0	2.2	2.3	2.3	1.7	1.9	2.1	1.6

* Zielvorgabe für Stellen mit Chloridgehalt zwischen 10 und 20 mg Cl/l
 ** Zielvorgabe für Stellen im Einzugsgebiet von Seen

Probentypen: T = Tagesmischprobe W = Wochenmischprobe S = wöchentliche Stichprobe

Probenahme: Probenvolumen proportional zum Abfluss

Zustand: ■ sehr gut ■ gut ■ mässig ■ unbefriedigend ■ schlecht
Zielvorgabe: ■ erfüllt ■ erfüllt ■ nicht erfüllt ■ nicht erfüllt ■ nicht erfüllt





Messkampagne in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee

Einleitung

Resultate

Ökomorphologie

Äusserer Aspekt

Kieselalgen

Moose und höhere Wasserpflanzen

Makroinvertebraten

Fische

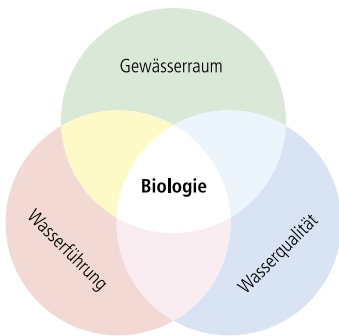
Pestizide

Schwermetalle

Synthese

Zusammenfassung nach Stellen

Zusammenfassung nach Kenngrössen



Gute biologische Verhältnisse bedingen die Erfüllung der Anforderungen an den Gewässerraum, die Wasserführung und die Wasserqualität.

Leitbild Fließgewässer des Bundes

Der Bund hat mit seinem Leitbild für Fließgewässer 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 Entwicklungsziele:

- Ausreichender Gewässerraum
- Ausreichende Wasserführung
- Ausreichende Wasserqualität

Nur bei Erfüllung aller drei Entwicklungsziele können Fließgewässer die vielfältigen Nutzungs- und Schutzanforderungen des Menschen erfüllen und gleichzeitig den Ansprüchen als Lebensraum für Tiere und Pflanzen gerecht werden.

Erhebungen als Grundlagen für den Vollzug

Zur Beurteilung der Fließgewässer, zur Formulierung von Verbesserungsmassnahmen und zur Überprüfung des Erfolgs der umgesetzten Massnahmen führen die Kantone Untersuchungen durch. 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. Die Methoden zur Beurteilung des Gewässerraums, 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).

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	Makrophyten	Makroinvertebraten	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).	●	●	●	●	●
Anforderungen an die Wasserqualität (Anhang 2 GSchV)	Äusserer Aspekt	Algen/Kieselalgen	Makrophyten	Makroinvertebraten	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 blossem 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).	●				

Koordinierte Messkampagne 2004/05

Mit der Messkampagne in den Jahren 2004 und 2005 im Einzugsgebiet von Glatt und Greifensee wurden erstmals für den Kanton Zürich sämtliche Untersuchungen für ein Einzugsgebiet koordiniert durchgeführt. Das heisst, die Proben für die Pestiziduntersuchungen wurden an den gleichen Stellen und zur gleichen Zeit entnommen wie die Proben für die «traditionellen» chemischen und physikalischen Parameter. An den gleichen Gewässerabschnitten wurden während der zweijährigen Messkampagne auch die biologischen Untersuchungen durchgeführt und die Sedimentproben für die Beurteilung des Schwermetallgehalts entnommen. Ziel der Messkampagne war es, eine umfassende Beurteilung des ausgewählten Gewässersystems vornehmen zu können.

Aussagekraft der Beurteilungskriterien

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 Frage, welche Auswirkungen diese Stoffkonzentration auf die Organismen im Wasser hat. Es ist daher sinnvoll auch biologische Indikatoren in die Beurteilung einzubeziehen. Diese Indikatoren haben den Nachteil, dass im Falle einer Beeinträchtigung meist 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 gesamtheitliche Beurteilung kombiniert daher Methoden der direkten Beurteilung und der chemischen Analytik mit biologischen Indikatoren.

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.

In den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee wurden die Abflussverhältnisse lediglich in der Aa zwischen Pfäffikersee und Greifensee als ungenügend beurteilt. Die Beeinträchtigung entsteht durch die sprunghaften Veränderungen der Abflussmengen (Schwall/Sunk) infolge der Wasserentnahme zur Energieproduktion und die zeitweise ungenügende Restwasserführung in den genutzten Gewässerabschnitten der Aa.

Aussagekraft der untersuchten Kenngrössen zur Beurteilung der Aspekte Gewässerraum, Wasserführung und Wasserqualität.

	Gewässerraum	Wasserführung	Wasserqualität			
			organische Belastung	Nährstoffe	Pestizide	Schwermetalle
Ökomorphologie						
Verbauung / Raumbedarf	●	○	○	○	○	○
Abflussverhältnisse						
Restwasser / Schwall-Sunk	○	●	○	○	○	○
Analytik						
Konzentration im Wasser	○	○	●	●	●	●
Gehalt im Sediment	○	○	○	○	○	●
Äusserer Aspekt						
heterotropher Bewuchs	○	○	●	○	○	○
Eisensulfid	○	○	●	○	○	○
Kolmation	○	○	○	○	○	○
Schlamm	○	○	○	○	○	○
Veralgung / Verkrautung	○	○	○	○	○	○
Biologie						
Kieselalgen	○	○	●	●	○	○
Makrophyten	●	●	○	○	○	○
Makroinvertebraten	●	●	●	○	○	○
Fische	●	●	●	○	○	○

Aussagekraft der Beurteilungskriterien

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



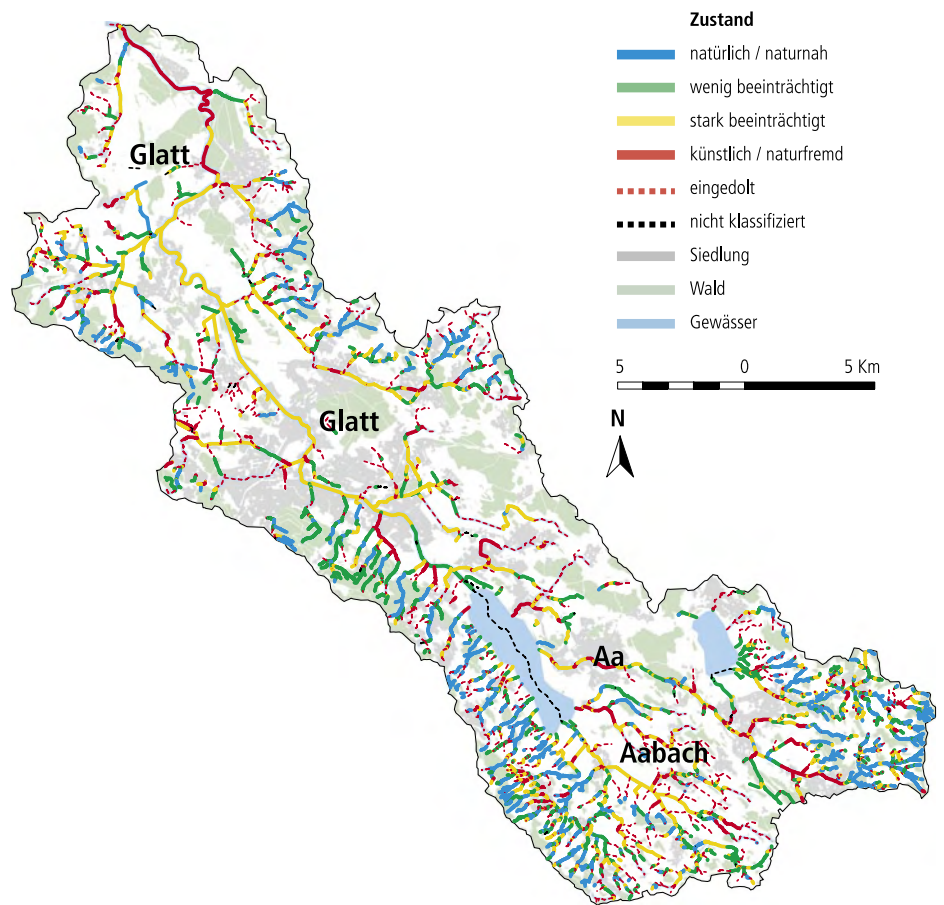
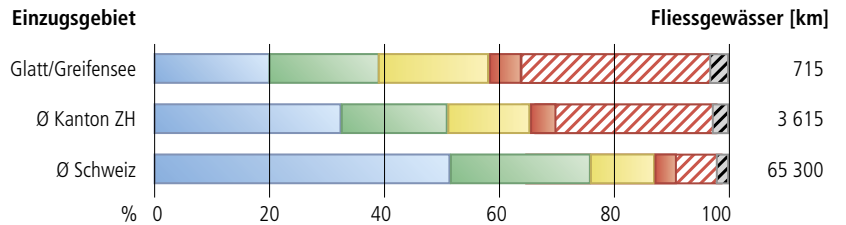
Untersuchungsmethode

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 Bestandaufnahme 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 eine Beurteilung der Gewässerabschnitte. Zusätzlich werden Durchgängigkeitsstörungen wie Abstürze, Durchlässe und Bauwerke erfasst.

Im Jahr 2005 konnte im Rahmen eines Pilotprojekts zur Nachführung der ökomorphologischen Erhebungen die Daten im Einzugsgebiet des Greifensees und des Fischbachs bei Niederglatt aktualisiert werden.

Literatur: BAFU-Modul Ökomorphologie Stufe F (1998); www.modul-stufen-konzept.ch/seiten-d/oekomor.htm Zwischenauswertung ökomorphologische Erhebungen. BAFU, 2006; www.modul-stufen-konzept.ch/seiten-d/oekomor-f.htm



Beurteilung

Nur gerade 39 % der 715 km Fließgewässer im Einzugsgebiet von Glatt und Greifensee befinden sich in einem natürlich/naturnahen oder wenig beeinträchtigten Zustand. Im gesamten Kanton Zürich liegt dieser Anteil bei 51 %. Hochrechnungen auf der Basis von 18 Kantonen ergaben für die gesamte Schweiz einen Anteil von 75 % für diese beiden Zustandsklassen.

Der Anteil eingedolter Fließgewässer liegt im Einzugsgebiet von Glatt und Greifensee mit 31 % im Vergleich zur gesamten Schweiz (8 %) sehr hoch (Durchschnitt Kanton ZH 27 %). Diese Daten bringen den schlechten ökomorphologischen Zustand der Gewässer in den intensiv genutzten Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee klar zum Ausdruck.

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 geografische 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.

Schaum, Trübung, Verfärbung und Geruch

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

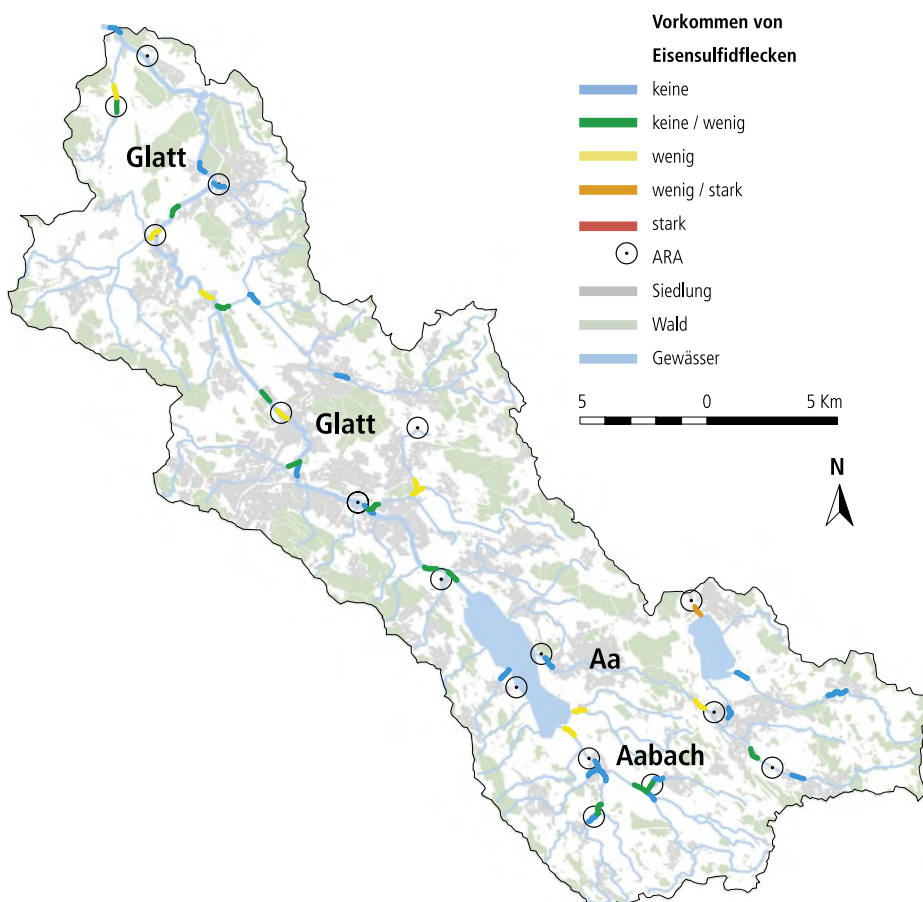
Eine nennenswerte Trübung und Verfärbung

des Wassers durch Abwassereinleitung wurde lediglich im März 2005 unterhalb der ARA Wetzikon festgestellt. Abklärungen ergaben, dass wenige Tage zuvor eine Gewässerverschmutzung durch abtreibenden Belebtschlamm aus der ARA die Aa massiv belastete, was die vorgefundenen Verhältnisse erklären konnte. Ein leichter Geruch nach Waschmitteln wurde unterhalb verschiedener ARA festgestellt: Wildbach nach ARA Hinwil, Aa nach ARA Wetzikon und Aa bei Niederuster, Gossauerbach nach ARA Gossau, Lieburgerbach nach ARA Egg-Oetwil, Seezufluss bei Pfäffikon nach Einleitung der ARA Pfäffikon und Altbach nach ARA Bassersdorf. Bei feuchter Witterung in der kalten Jahreszeit lässt sich dieses Phänomen kaum vermeiden und muss nicht gleichbedeutend mit ungenügender Reinigungsleistung der ARA sein.

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 als Hinweis auf eine ungenügende Sauerstoffversorgung der Gewässersohle zu werten.

Bei den Erhebungen in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee wurden Eisensulfidflecken entweder bei Untersuchungsstellen unterhalb von ARA gefunden oder es handelte sich um kleine Fliessgewässer mit geringem Gefälle, welche zu Verschlammung neigen (siehe Aspekt Schlamm). Beim Seezufluss in Pfäffikon führte die Einleitung von gereinigtem Abwasser, kombiniert mit Schlammablagerungen wegen fehlendem Gefälle, zu einem verstärkten Vorkommen von Eisensulfidflecken. Bei den übrigen Stellen handelte es sich immer um eine schwache Ausprägung dieses Kriteriums.



Literatur: BAFU-Modul Äusserer Aspekt (Entwurf 2003); www.modul-stufen-konzept.ch/seiten-d/aspekt.htm

Schlamm

Eine Verschlammung der Gewässersohle kann durch direkten Eintrag von Schwebstoffen aus ARA verursacht werden. Bei hoher hydraulischer oder stofflicher Belastung, beispielsweise bei der Bildung von Blähschlamm in der ARA durch stark kohlenstoffhaltige Abwässer aus der Verarbeitung von Nahrungsmitteln und ausnahmsweise bei Hochwasserentlastungen, kann die Schlammbelastung der Gewässer deutlich zunehmen.

Durch den Abbau von Laub sowie durch den Abbau von absterbenden Algen oder Wasserpflanzen kann auch natürlicherweise eine Schlammablagung 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 auftreten.

Stellen mit wenig Schlammablagerungen bei der Frühjahrs- und Herbstprobenahme wurden an kleinen Fliessgewässern mit geringem Gefälle gefunden. Es handelt sich dabei um Stellen, welche durch Laubeintrag und Algenbildung natürlicherweise zu Verschlammung neigen. Wie bereits beschrieben, wurde die Aa im Frühjahr 2005 durch eine Gewässerverschmutzung infolge Schlammabtrieb aus der ARA Wetzikon belastet (1). Wenig bis viel Schlamm wurden beim Seezufluss in Pfäffikon (2) und beim Riedikerbach (3) festgestellt. Beide Stellen sind geprägt durch Ablagerungen von Feinsedimenten infolge geringem Gefälle, wobei in Pfäffikon die Einleitung des gereinigten Abwassers der ARA Pfäffikon die Situation zusätzlich verschlechtert.

Kolmation

Unter Kolmation versteht man die Verstopfung der Hohlräume in der Gewässersohle durch feine Partikel. Häufig handelt es sich um Bodenpartikel, welche durch Erosion in die Gewässer gespült wurden. 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 Fliessgewässer 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 flächigen Verbauungen haben hingegen eine starke Tendenz zur Kolmation.

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 Glatt und Greifensee wurde an vielen Stellen eine leichte bis starke Kolmatierung der Gewässersohle festgestellt. Die wichtigsten Ursachen für diesen schlechten Befund sind vermutlich der unbefriedigende morphologische Zustand dieser Fliessgewässer sowie der oftmals fehlende Geschiebetrieb.

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. Ursache kann die Einleitung 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 Glatt und Greifensee an keiner Untersuchungsstelle vorgefunden. Stellen, die wenig heterotrophen Bewuchs bei beiden Probenahmen im Frühjahr und Herbst aufwiesen, wurden unterhalb von mehreren ARA gefunden. Verursacht wurden diese Befunde durch Überlastung oder kritische Betriebsphasen der ARA sowie durch ungünstige Verdünnungsverhältnisse von gereinigtem Abwasser zu Bachwasser.



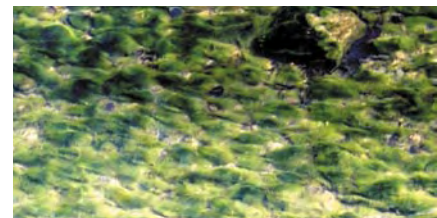
Gewässersohle mit sehr starkem heterotrophem Bewuchs

Veralgung

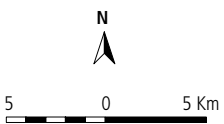
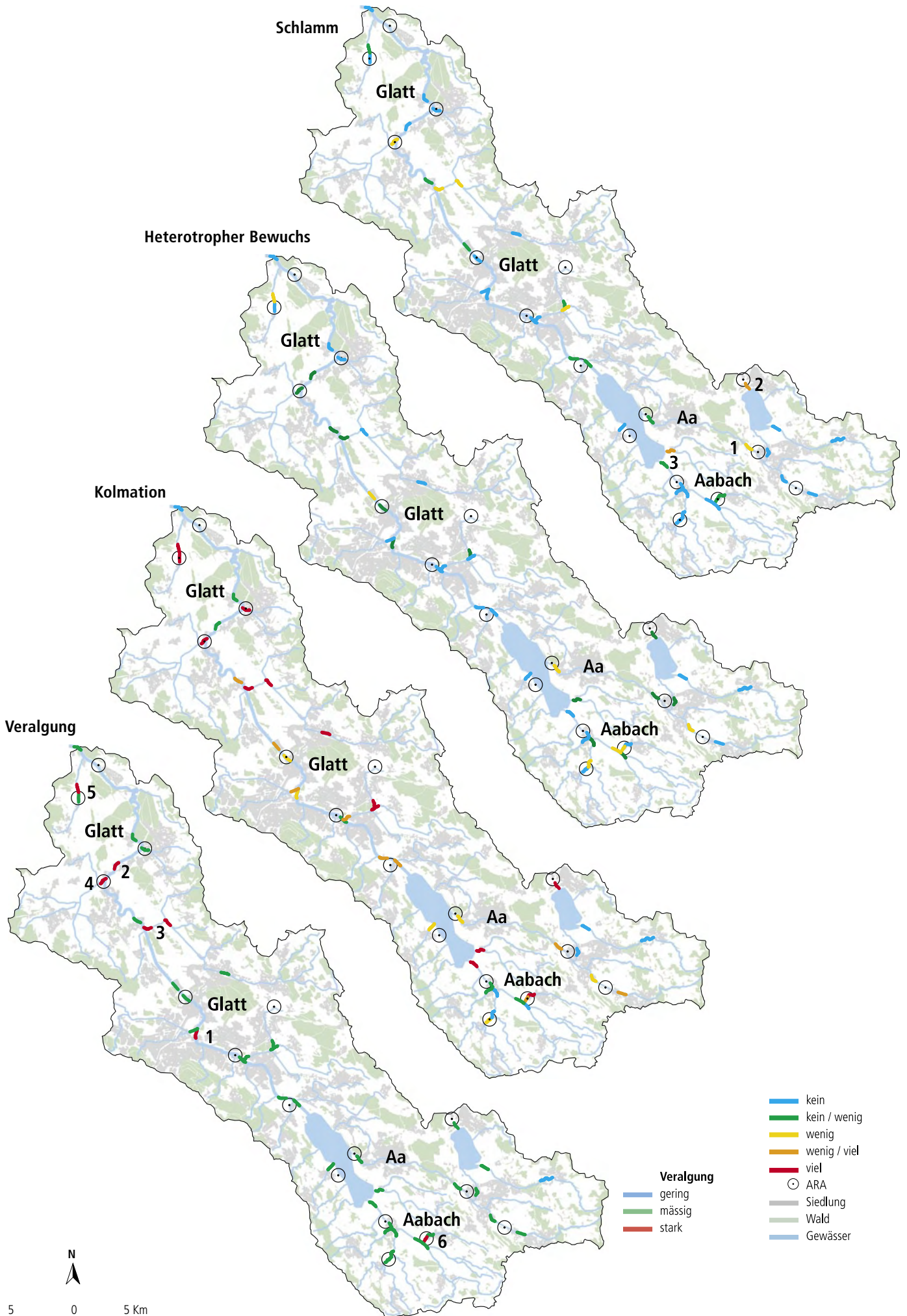
Algen sind ganzjährig in jedem Fliessgewässer zu finden. Sie bilden die Futterbasis für viele Insektenlarven und Schnecken.

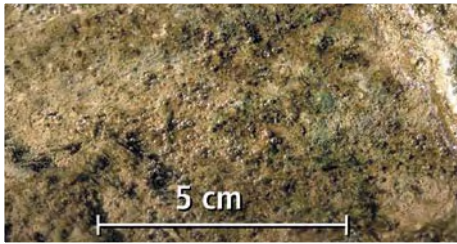
Um grössere Kolonien oder fädige Wuchsformen bilden zu können, benötigen Algen ein stabiles Substrat wie zum Beispiel grössere Steine. In Fliessgewässern mit überwiegend feinem Substrat kann sich wegen der Instabilität der Gewässersohle daher keine ausgeprägte Veralgung ausbilden. Eine starke Veralgung 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-/Nachtzyklus auftreten, welche für Fische und Makroinvertebraten schädlich sein können.

In der Glatt wurde eine starke Veralgung beim Hagenholz in Zürich (1) und bei Niederglatt (2) festgestellt. In den Seitenbächen der Glatt traten im Himmelbach (3), im Fischbach (4) und im Dorfbach Windlach unterhalb der ARA Stadel (5) unnatürliche starke Algenbildungen auf. Im Einzugsgebiet des Greifensees wurde lediglich im Gossauerbach unterhalb der ARA Gossau eine starke Algenbildung festgestellt (6).

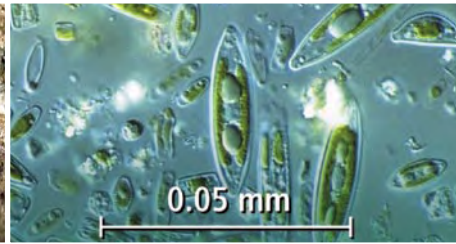


Gewässersohle mit starker Veralgung

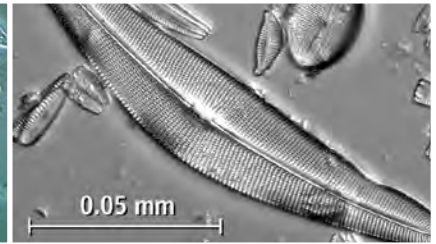




Stein mit Kieselalgenbewuchs



Lebende Kieselalgen (mit Zellinhalt)



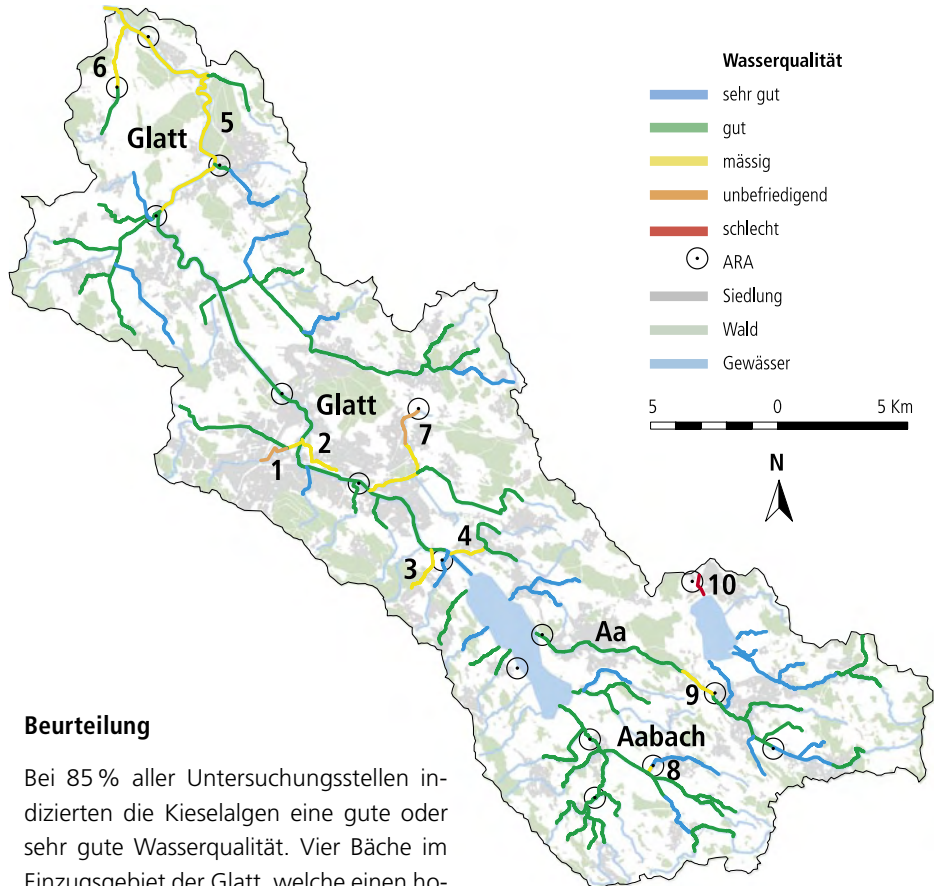
Präparierte Schalen (ohne Zellinhalt)

Untersuchungsmethode

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

Die Zusammensetzung des Kieselalgenbewuchses hängt stark von der Wasserqualität ab. Bei Veränderungen der Wasserqualität erfolgt eine charakteristische Verschiebung des Artenspektrums und damit der relativen Artenhäufigkeiten, wobei sich nach wenigen Wochen wieder eine stabile Gemeinschaft einstellt. Kieselalgenuntersuchungen stellen eine ideale Ergänzung zu chemischen Messprogrammen 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 bewertet werden.

Im Einzugsgebiet von Glatt und Greifensee wurden die Kieselalgen an insgesamt 102 Stellen Ende Winter (Februar/März) und ein zweites Mal im Herbst (September/Oktober) beprobt. Zur Beurteilung der Belastungssituation 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.



Beurteilung

Bei 85 % aller Untersuchungsstellen indizierten die Kieselalgen eine gute oder sehr gute Wasserqualität. Vier Bäche im Einzugsgebiet der Glatt, welche einen hohen Anteil Siedlungsflächen entwässern, aber kein gereinigtes Abwasser aus einer ARA aufnehmen, wiesen nur eine mässige oder sogar unbefriedigende Wasserqualität auf: Binzmühlebach (1), Brüelbach (2), Zilbach (3), Chimlibach (4). Vermutlich verursachen Entlastungen aus der Kanalisation bei Regenwetter und Einleitungen von Strassenentwässerungen die schlechten Werte. Die übrigen Stellen mit ungenügender Wasserqualität befinden sich unterhalb von Kläranlagen. Im Unterlauf der Glatt (5) wiesen die Proben vom September 2004 auf eine mässige Wasserqualität hin, wobei die Glatt zu diesem Zeitpunkt aufgrund einer mehrwöchigen Trockenperiode sehr wenig Wasser führte. In den Proben vom Frühjahr 2004 wurde eine gute Wasserqualität nachgewiesen. Im Dorfbach Windlach (6) war die Was-

serqualität wegen Ausbaurbeiten auf der ARA Stadel im Jahr 2004 beeinträchtigt. Im Altbach (7) besteht ein sehr schlechtes Verdünnungsverhältnis von Bachwasser zu gereinigtem Abwasser aus der ARA Bassersdorf. Dies führte zu einer unbefriedigenden Wasserqualität im Altbach obwohl die ARA gut funktionierte und die Einleitungsbedingungen einhalten konnte.

Im Einzugsgebiet des Greifensees wurde im kurzen Abschnitt des Gossauerbachs unterhalb der ARA Gossau bis zum Aabach (8) und in der Restwasserstrecke der Aa unterhalb der ARA Wetzikon (9) nur eine mässige Wasserqualität festgestellt. Einen schlechten Zustand indizierten die Kieselalgen im Seezufluss bei Pfäffikon (10) nach Einleitung des gereinigten Abwassers aus der ARA Pfäffikon.

Untersuchungsmethode

Algen, Moose und höhere Wasserpflanzen (Makrophyten) bilden 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 Verschlechterung des Lebensraumes mit einer Erhöhung oder Verminderung ihrer Gesamtbiomasse reagieren. Die Vegetation stellt somit ein weiterer Indikator für die Beurteilung des ökologischen Zustands von Fließgewässern dar. Durch die langen Generationszeiten, die sich je nach Art von einer Vegetationsperiode bis über mehrere Jahre erstrecken, können Moose und höhere Wasserpflanzen Veränderungen ihres Lebensraums über lange Zeiträume aufzeigen.

Im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts des BAFU ist eine Methode zur Beurteilung der Fließgewässervegetation geplant; sie liegt bisher allerdings noch nicht vor. Für den Kanton Zürich wurde auf der Basis von 220 Pflanzenerhebungen eine Methode entwickelt, mit welcher das Ausmass der Verkrautung sowie die Standortgerechtigkeit und Vielfalt der Vegetation beurteilt werden kann.

Erhebung und Auswertung

Fließgewässerabschnitte mit einer Länge von 30 bis 100m und homogenen Verhältnissen bezüglich Beschattung, Wassertiefe, Strömungsverhältnissen und Substratzusammensetzung wurden während der Hauptvegetationszeit der höheren Wasserpflanzen im Sommer kartiert. Die Häufigkeiten der fädigen Grünalgen, Moose und höheren Wasserpflanzen wurden auf Artniveau bestimmt und das Ausmass der Verkrautung mit einer dreistufigen Skala beurteilt.

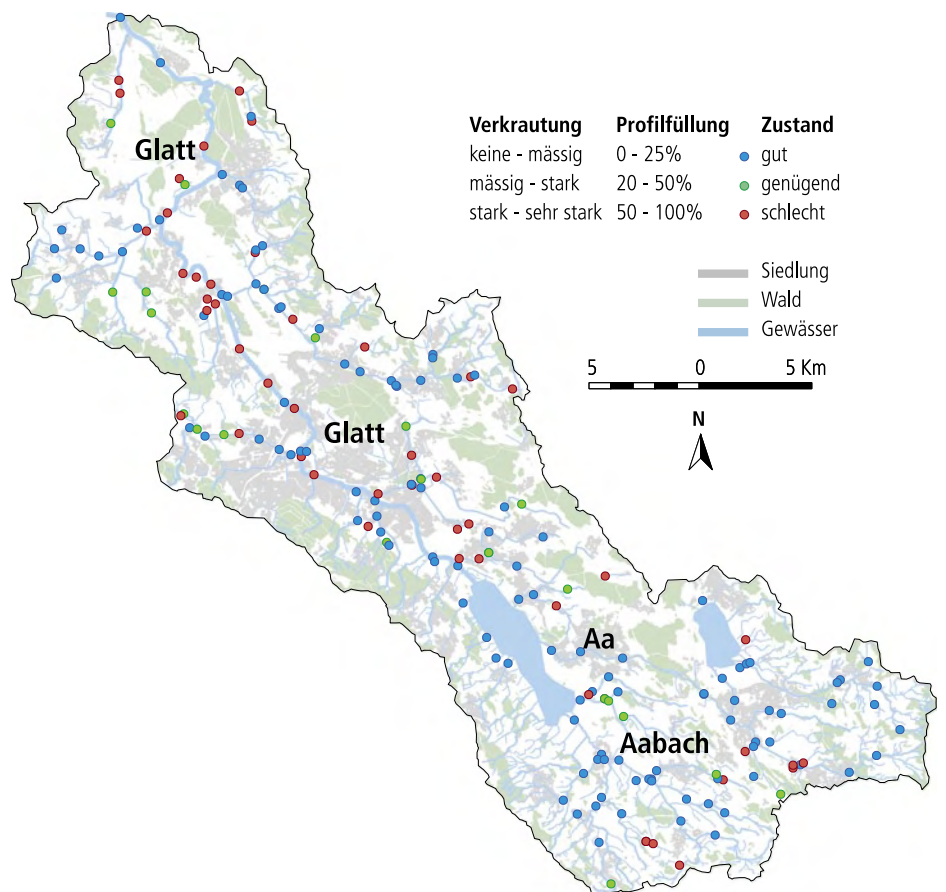
Zur Auswertung der Daten wurden die untersuchten Gewässerabschnitte aufgrund von Beschattung, Abfluss, Wassertiefe und Substratzusammensetzung einem von vier verschiedenen Vegetationstypen zugeordnet: vegetationsarmer Bach, Moosbach, Helophytenbach und Submersenbach. Anschliessend wurden die Gewässerabschnitte typspezifisch bewertet. Beurteilt wurde die Standortgerechtigkeit und die Vielfalt der Vegetation.

Verkrautung

Starke Verkrautungen von Fließgewässern stellen aus Gründen des Hochwasserschutzes ein Problem dar, weil sie die Abflusskapazität des Gerinnes verringern. Das Ausmass der Verkrautung wurde aufgrund der Profillfüllung bewertet. Diese Messgrösse gibt den Anteil des Gerinnequerschnittes an, der von Pflanzen eingenommen wird.

Beurteilung

Der Verkrautungsgrad wurde an 193 Fließgewässerabschnitten untersucht und bewertet. 62 % der Abschnitte wiesen einen guten, 12 % einen genügenden und 26 % einen schlechten Zustand auf. Starke Verkrautungen traten in der Regel in wenig beschatteten Gewässerabschnitten, wie beispielsweise in der Glatt zwischen Dübendorf und Hochfelden auf. Die starke Verkrautung vieler 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. Grössere Gewässer, wie die Glatt, werden vielfach auch natürlicherweise nicht vollständig durch die Ufervegetation beschattet. In solchen Gewässern wird das Wachstum der höheren Wasserpflanzen massgeblich durch die Strömungsgeschwindigkeit und geschiebeführende Hochwasser beeinflusst.





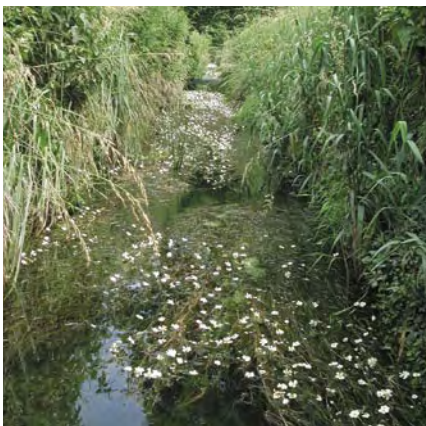
Vegetationsarmer Bach



Moosbach



Helophytenbach



Submersenbach

Vegetationstypen

Vegetationsarmer Bach; instabiles Sohlensubstrat

Viele Fliessgewässer sind natürlicherweise frei oder arm an höheren Wasserpflanzen. In stark beschatteten Bächen, wie sie oft im Wald zu finden sind, fehlen höhere Wasserpflanzen vollständig. Besteht die Gewässersohle mehrheitlich aus feinem Material oder ist viel bewegliches Geschiebe vorhanden, finden auch Moose, die bei geringen Lichtintensitäten wachsen können, keine geeigneten Wachstumsbedingungen vor. Neben diesen stark beschatteten Gewässerabschnitten mit viel feinem oder beweglichem Sohlensubstrat gibt es auch vegetationsarme Abschnitte in besonnten Gewässern. Es handelt sich dabei um Gewässer mit hoher Fließgeschwindigkeit oder hohen Abflussschwankungen, instabilem Sohlensubstrat oder regelmässig geschiebeführendem Hochwasser, wo weder höhere Wasserpflanzen noch Moose geeignete Wachstumsbedingungen vorfinden. Vegetationsarme Gewässerabschnitte sind im gesamten Einzugsgebiet von Glatt und Greifensee zu finden.

Moosbach; beschattet / stabiles Sohlensubstrat

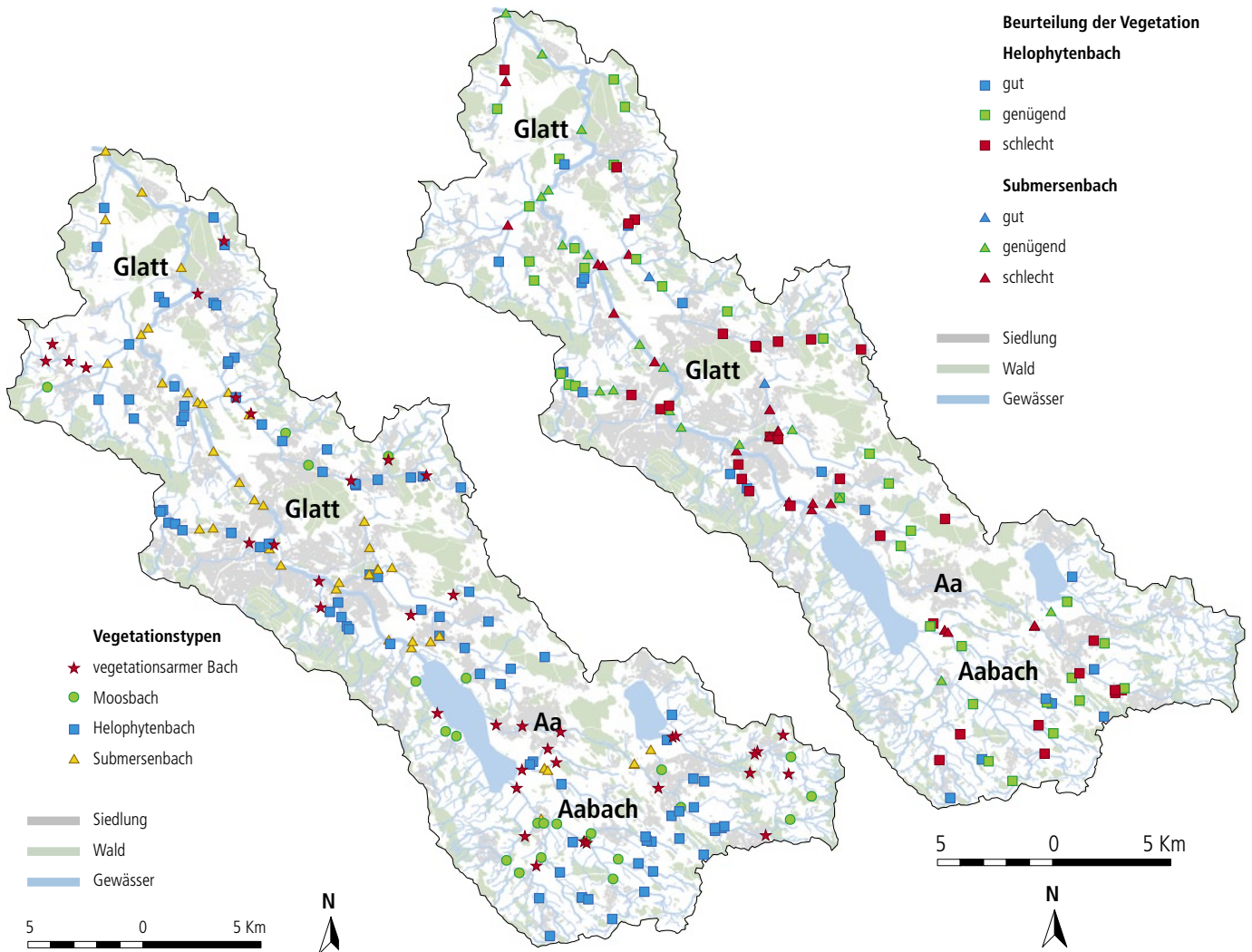
In stark beschatteten Gewässerabschnitten sind nur Moose konkurrenzfähig. Sie benötigen dort aber auch geeignetes Substrat, d.h. Steine, die auch bei einem Anstieg des Abflusses nicht bewegt werden. Ist viel bewegliches Geschiebe im Gewässer vorhanden treten Moose nur an strömungsgeschützten Stellen auf, wo sie bei Geschiebetrieb nicht zermalmt oder abgerissen werden. Bei den Moosbächen handelt es sich meist um stark beschattete, wenig tiefe Gewässer mit kleiner bis mittlerer Breite und kleinem Abfluss im flachen bis steilen Gelände. Der Moosbach ist mit durchschnittlich 3 bis 4 Arten relativ artenarm und die durchschnittliche Moos-Bedeckung der Sohle ist mit knapp 10 % nur gering. Moosbäche treten gehäuft im Einzugsgebiet des Aabachs auf.

Helophytenbach; unbeschattet / geringe Wassertiefe / kleiner Abfluss

Helophyten sind Wasserpflanzen, die im Sediment wurzeln und mit ihren Stängeln weit über die Wasseroberfläche hinaus wachsen können, wie z.B. Schilf. Sie sind die dominierende Pflanzengruppe in wenig beschatteten Gewässern mit geringem Gefälle, geringer mittlerer Wassertiefe und Breite sowie kleinem Abfluss. Im Helophytenbach kommen durchschnittlich 8 Arten vor, welche 60 % der Gewässersohle bedecken. Dieser Vegetationstyp ist sowohl im Einzugsgebiet der Glatt als auch des Greifensees häufig im landwirtschaftlich genutzten Gebiet und im Siedlungsraum zu finden.

Submersenbach; unbeschattet / grössere Wassertiefe / grösserer Abfluss

Submerse Makrophyten sind Wasserpflanzen, die im Sediment wurzeln und mit dem grössten Teil des Pflanzenkörpers im Wasser treiben. Höchstens die obersten Blätter und Blüten ragen über die Wasseroberfläche hinaus. Sie sind die dominierende Pflanzengruppe in wenig beschatteten Gewässern mit geringem Gefälle und einer mittleren Tiefe von über 30 cm. Im Submersenbach kommen durchschnittlich 10 Arten vor, welche 60 % der Gewässersohle bedecken. Zu finden ist dieser Vegetationstyp hauptsächlich in mittleren bis grösseren Gewässern: Glatt, Chriesbach in Dübendorf und Chimlibach in Volketswil.



Beurteilung der Vegetation unter Berücksichtigung der Vegetationstypen

Eine Bewertung der Vegetation in Fließgewässern setzt Kenntnisse über die natürliche Vegetation des jeweiligen Gewässertyps voraus. Da heute kaum mehr unbeeinflusste Stellen zu finden sind, wurde der Referenzzustand aufgrund von allgemeinen ökologischen Überlegungen und den Vegetationsverhältnissen an den am wenigsten beeinflussten Stellen definiert. Bewertet wurden die Standortgerechtigkeit und die Vielfalt der Vegetation durch Vergleich mit dem Referenzzustand des jeweiligen Bachtyps. Die vegetationsarmen Bäche wurden nicht bewertet. Auf die Darstellung der Bewertung der Moosbäche wurde verzichtet, da alle Stellen einen genügenden oder guten Zustand aufwiesen. Bei den Helophytenbächen zeigten 38 % aller Gewässerstellen einen schlechten, 40 % einen genügenden und 22 % einen guten Vegetationszustand. Die Vegetation in den Submersenbächen war bei 50 % der Stellen

in einem schlechten, bei 45 % in einem genügenden und nur bei 5 % der Stellen in einem guten Zustand. Bei beiden Vegetationstypen wiesen 85 % der Stellen mit schlechtem Vegetationszustand gleichzeitig stark beeinträchtigte oder naturfremde ökomorphologische Verhältnisse auf. Dieser Zusammenhang zwischen der Güte der Vegetation und dem ökomorphologischen Zustand erstaunt nicht, da letzterer als Indikator für die Lebensraumqualität gilt. Durch den Verbau von Sohle und Ufer wird der Lebensraum für höhere Wasserpflanzen zerstört, was ein Hauptgrund für die starke Gefährdung vieler Wasserpflanzen ist. Mit der Begradigung der Gewässer werden die Flachwasserzonen am Gewässerrand beseitigt, welche wichtige Lebensräume für Helophyten darstellen. Eine Absenkung des Wasserspiegels durch wasserbauliche Veränderungen benachteiligt die Submersen gegenüber den Helophyten.

Bei den Submersenbächen sind kaum mehr Stellen in gutem Zustand vorhanden. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass sie ihre Hauptverbreitung in mittleren bis grösseren Gewässern haben, die stärker verbaut sind als die kleineren Helophytenbäche. Nur 10 % der Submersenbäche weisen einen guten oder sehr guten ökomorphologischen Zustand auf. Im Gegensatz dazu sind bei den Helophytenbächen immerhin knapp 30 % in einem guten oder sehr guten ökomorphologischen Zustand.



Bachflohkrebs *Gammarus fossarum*



Eintagsfliegenlarve *Ectyonurus venosus*



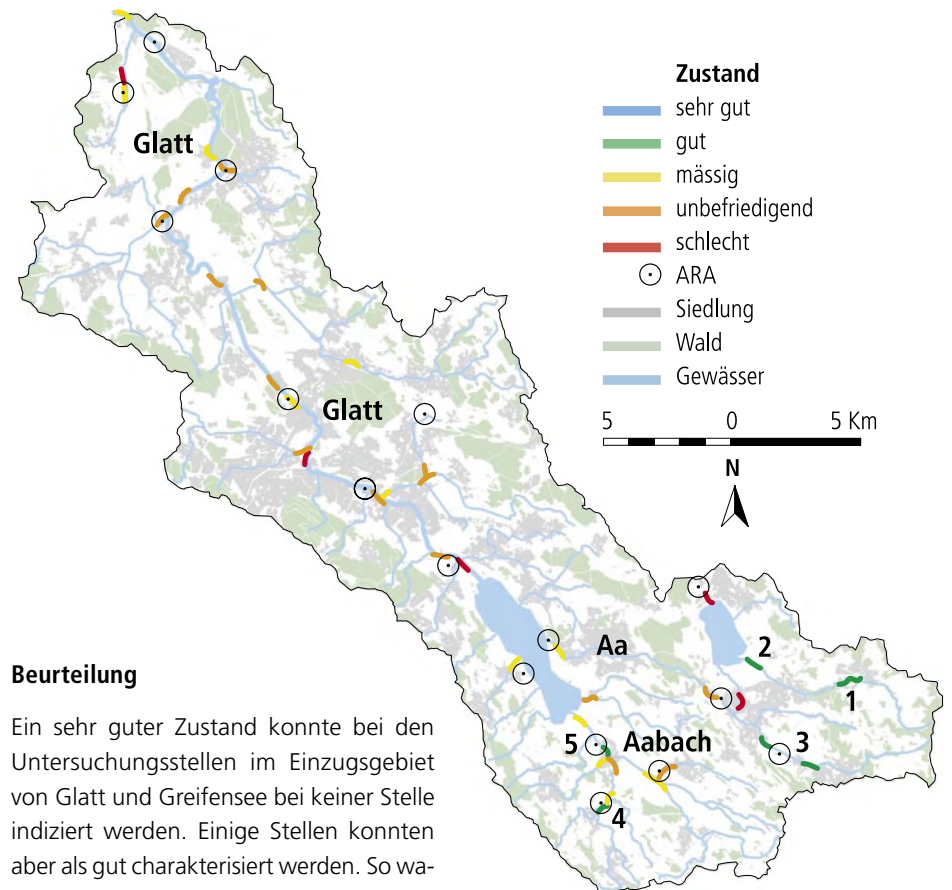
Schwimmkäfer *Oreodytes sanmarki*

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 Krebse, Milben, Schnecken sowie Muscheln, Egel und 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 die Fische. Intakte Gemeinschaften von Makroinvertebraten sind nicht nur auf eine gute Wasserqualität angewiesen, sie benötigen auch naturnahe Abflussbedingungen und gute ökomorphologische Verhältnisse.

Wie im BAFU-Modul Makrozoobenthos Stufe F vorgesehen, wurden im März/April und im September / Oktober zwei Probenahmen durchgeführt. Zur Entnahme der Probe wurde die Sohle 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 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 die Untersuchungsstelle definiert werden, welche Organismen unter guten Bedingungen zu erwarten wären. Der vorgefundene Befund wird mit der Erwartung verglichen und die Abweichung bewertet.



Beurteilung

Ein sehr guter Zustand konnte bei den Untersuchungsstellen im Einzugsgebiet von Glatt und Greifensee bei keiner Stelle indiziert werden. Einige Stellen konnten aber als gut charakterisiert werden. So waren beispielsweise im Aabach bei Bäretswil (1), der vor der Mündung in den Pfäffikersee Chämptnerbach genannt wird (2), noch mehrere Steinfliegenarten zu finden, welche sowohl an die Wasserqualität, wie auch an den Lebensraum hohe Ansprüche stellen. Auch im Wildbach vor und nach der ARA Hinwil (3) kamen anspruchsvolle Makroinvertebraten vor. Dies obwohl der Bach mehrheitlich stark verbaut ist und durch die ARA Hinwil kritisch belastet wird. In den Seitenbächen, im Wildbach oberhalb Hinwil und im naturnah gestalteten Hochwasserrückhaltebecken zwischen Wetzikon und Hinwil sind die anspruchsvollen Insektenlarven der Stein-, Eintags- und Köcherfliegen noch weit verbreitet.

Durch Abschwemmung sind diese daher vereinzelt auch an mässig beeinträchtigten Stellen zu finden. Das gleiche Phänomen dürfte beim Lieburgerbach vor der ARA Egg-Oetwil (4) und beim Aabach in Mönchaltorf (5) die Beurteilung beeinflussen.

Bei der Mehrzahl der Untersuchungsstellen im Einzugsgebiet des Greifensees und bei sämtlichen Stellen im Einzugsgebiet der Glatt wurde ein mässiger bis schlechter Zustand indiziert, was eine deutliche biologische Verarmung der Makroinvertebraten in diesen Gewässern zum Ausdruck bringt.

Literatur: BAFU-Modul Makrozoobenthos Stufe F (Version 2005); www.modul-stufen-konzept.ch/seiten-d/mzb.htm
 Referenzsystem für den Kanton Zürich zur biologischen Beurteilung der Fließgewässer mit Makroinvertebraten.
 AWEL 2004; www.gewaesserqualitaet.zh.ch/internet/bd/awel/gsgq/de/doku/dokumente.html



Abfischen und Vermessen der Fische (Bilder FJV ZH)

Untersuchungsmethode

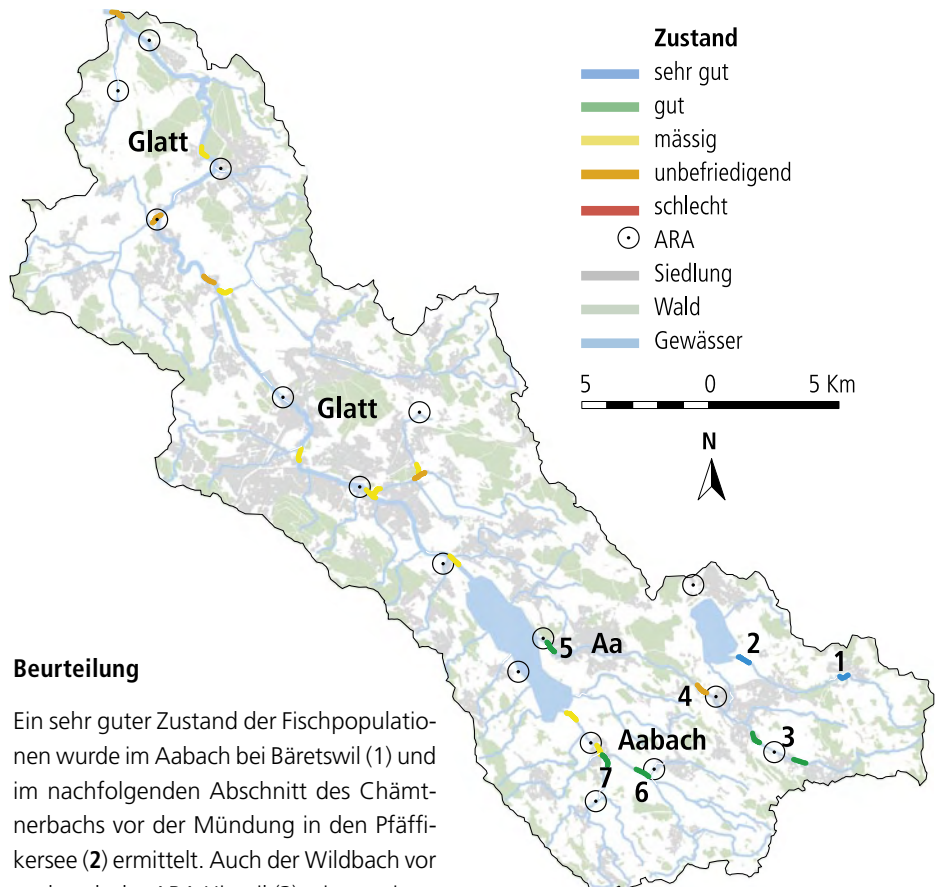
Fische kommen weit verbreitet in den Schweizer Fliessgewässern vor. Sie sind relativ langlebig und damit geeignet, veränderte Umweltbedingungen über längere Zeiträume anzuzeigen. Durch ihre unterschiedlichen Ansprüche an den Lebensraum sind sie nicht nur gute Indikatoren zur Beurteilung der Wasserqualität sondern auch geeignet zur Beurteilung des morphologischen und hydrologischen Zustands der Gewässer. Die Mobilität und die Wanderungen von Fischarten lassen zudem Rückschlüsse auf die Durchgängigkeit und Vernetzung der Gewässer zu. Fische sind relativ einfach zu bestimmen und ihre Ökologie ist gut bekannt.

Durch die Fischerei- und Jagdverwaltung (FJV) wurden im Herbst 2005 im Einzugsgebiet von Glatt und Greifensee 21 Stellen untersucht. Erhebung und Datenauswertung erfolgten gemäss dem BAFU-Modul Fische Stufe F. Die Gewässerabschnitte wurden mittels Elektrofängergärat abgefischt und die gefangenen Fische auf Artniveau bestimmt. Zusätzlich wurde die Körperlänge der Fische gemessen und allfällige Deformationen oder Anomalien festgehalten.

Die Bewertung berücksichtigt die unterschiedliche Verbreitung der Fischarten. Folgende Parameter fliessen in die Bewertung ein:

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

Literatur: BAFU-Modul Fische Stufe F (Version 2004); www.modul-stufen-konzept.ch/seiten-d/fische.htm



Beurteilung

Ein sehr guter Zustand der Fischpopulationen wurde im Aabach bei Bäretswil (1) und im nachfolgenden Abschnitt des Chämterbachs vor der Mündung in den Pfäffikersee (2) ermittelt. Auch der Wildbach vor und nach der ARA Hinwil (3) wiesen einen guten Zustand auf. Diese Bäche wurden auch bezüglich der Makroinvertebraten als gut beurteilt. Die Aa weist unterhalb der ARA Wetzikon zeitweilig eine ungenügende Wasserqualität auf (4). Es handelt sich zudem um eine Restwasserstrecke, mit schnell ändernden Abflussverhältnissen (Schwall/Sunk) durch den Betrieb einer Wasserkraftanlage. Die Fischbestände wurden in diesem Abschnitt als unbefriedigend charakterisiert. Bei Niederuster (5) wurde der Zustand der Fischpopulationen als gut beurteilt, obwohl die Makroinvertebraten einen mässigen Zustand indizieren. Die Bewertungsunterschiede ergaben sich vermutlich dadurch, dass die Probenahmestelle für die Fische nicht identisch mit der AWEL-Messstelle ist und sich oberhalb der Restwasserstrecke bei Niederuster befindet.

Auch im Aabach nach der Mündung des Gossauerbachs (6) und im Mettlenbach (7) indizieren die Fischpopulationen einen guten Zustand. Die entsprechenden Abschnitte wurden durch die Makroinvertebraten zwar als mässig respektive unbefriedigend charakterisiert. In der näheren Umgebung lassen sich aber auch Abschnitte mit guter Zusammensetzung der Wasserwirbellosen finden.

Wie die Makroinvertebraten widerspiegeln auch die Fische die massive biologische Beeinträchtigung bei allen untersuchten Stellen im Einzugsgebiet der Glatt unterhalb des Greifensees.

Pestizide sind chemische Substanzen, die als Wirkstoffe in Mitteln zum Pflanzenschutz und zur Schädlingsbekämpfung sowie im Materialschutz zur Anwendung gelangen. Die wichtigsten Stoffgruppen sind:

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

Neben dem Einsatz in der Landwirtschaft gelangen Pestizide beispielsweise auch auf Grünflächen und Sportplätzen sowie in Publikumsprodukten für Haushalt und Garten zur Anwendung. Zudem werden sie im Materialschutz, in Anstrichen, Baumaterialien und Textilien verwendet.

In der Gewässerschutzverordnung sind die Anforderungen für Pestizide im Grundwasser, welches als Trinkwasser genutzt wird, und in Fließgewässern auf 0.1 µg/l je Einzelstoff festgelegt. Vorbehalten bleiben andere Werte aufgrund von Einzelstoffbeurteilungen im Rahmen des Zulassungsverfahrens, was bisher aber bei keinem Stoff zur Anwendung kam. Der numerische Wert von 0.1 µg/l wurde vorsorglich im Hinblick auf das Schutzziel Trinkwasser gewählt. Zur Beurteilung der stoffspezifischen Wirkung auf die Organismen im Wasser ist dieser einheitliche Wert unbefriedigend, da er die sehr unterschiedliche Toxizität der Einzelstoffe nicht berücksichtigt. Durch die EAWAG wurde im Auftrag des BAFU ein Konzept zur wirkungsbasierten Beurteilung von Pestiziden erarbeitet (Chèvre et al., 2006), welches für die Auswertung der Pestiziduntersuchungen in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee verwendet wurde.

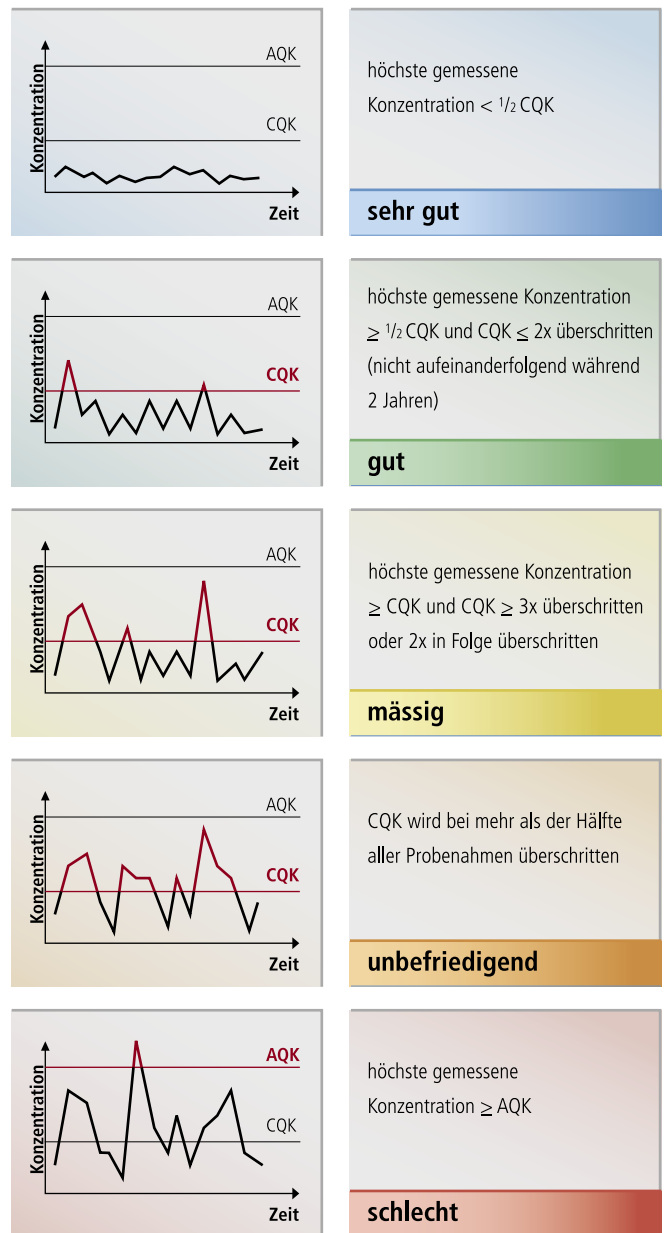
Datenauswertung

Für eine Anzahl von Wirkstoffen konnte Chèvre et al. (2006) aufgrund von Literaturdaten Qualitätskriterien zur Beurteilung der chronischen Toxizität (CQK) und der akuten Toxizität (AQK) definieren. Aufgrund fehlender Grundlagen liegen aber bei weitem noch nicht für alle Pestizidwirkstoffe stoffspezifische Qualitätskriterien vor.

Bei der chronischen Toxizität muss zur Beurteilung der Belastungssituation zusätzlich die Einwirkdauer berücksichtigt werden. Da bei den Untersuchungen in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee in den Jahren 2004/05 jeweils von März bis Oktober monatlich nur eine Probe pro Stelle untersucht werden konnte, musste das Konzept von Chèvre et al. gemäss nachfolgendem Schema angepasst werden.

Die Beurteilung von Pestizidgemischen ist nur sinnvoll für Stoffgruppen mit dem gleichen Wirkstoffmechanismus. Für die Beurteilung einer solchen Stoffgruppe kann für eine Untersuchungsprobe die Summe der Risikoquotienten (RQ) der Einzelstoffe gebildet werden (Prinzip der Konzentrationsadditivität).

Schema zur Beurteilung der Belastungssituation einer Untersuchungsstelle durch Pestizidwirkstoffe aufgrund von monatlichen Stichproben (AQK = akutes und CQK = chronisches Qualitätskriterium).



Konzentrationsadditivität

$$RQ_{\text{Mischung}} = \frac{\text{Konz.}_i}{\text{CQK}_i} + \frac{\text{Konz.}_j}{\text{CQK}_j} + \dots$$

Ist die Summe der Risikoquotienten grösser als eins, geht von der beurteilten Stoffgruppe ein Risiko für eine chronische Gefährdung der Wasserorganismen aus. Das analoge Vorgehen wurde für die Beurteilung der akuten Toxizität angewendet.

Literatur: Chèvre et al., 2006: Pestizide in Schweizer Oberflächengewässern. Wirkungsbasierte Qualitätskriterien. Gas Wasser Abwasser 4/2006. S. 297–307

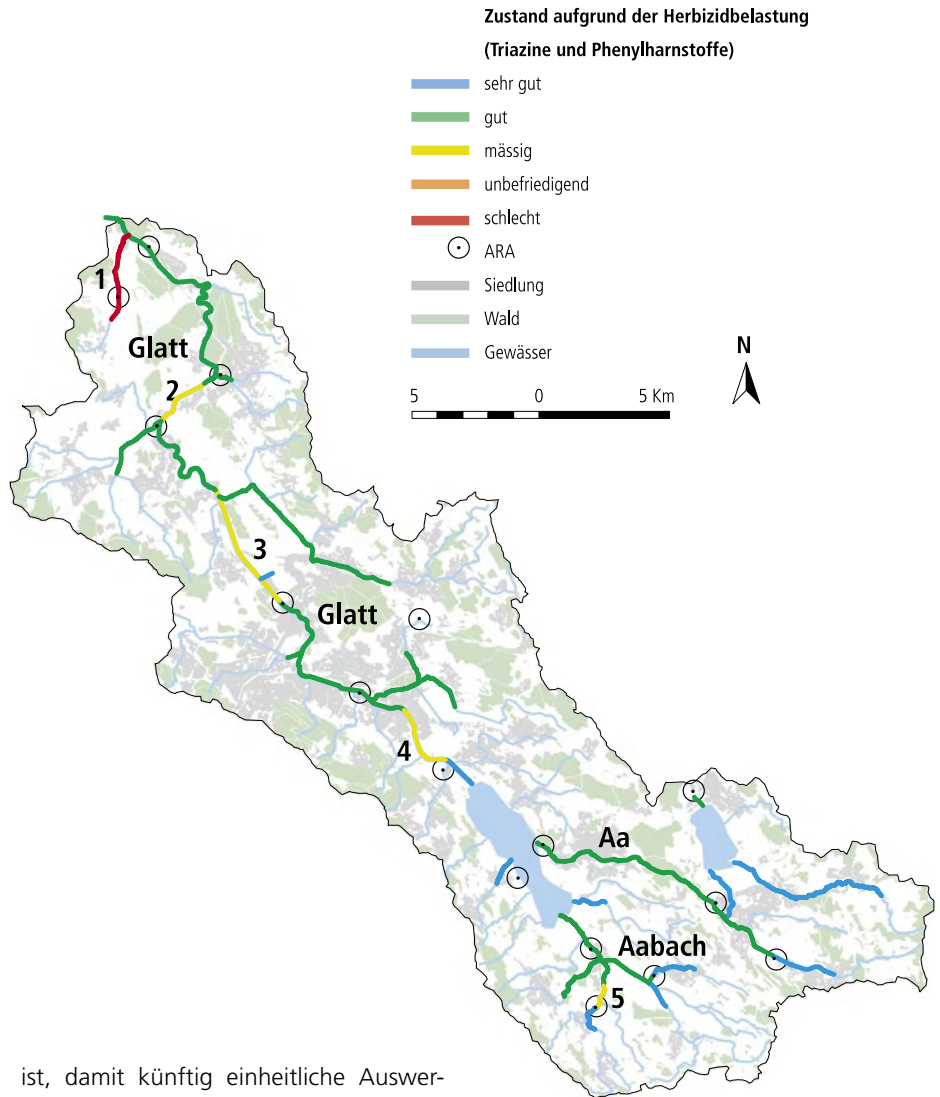
Atrazin

In den Jahren 2004/05 wurden vom Gewässerschutzlabor insgesamt 702 Wasserproben auf Pestizide untersucht. Das am häufigsten nachgewiesene Herbizid war Atrazin, welches in 629 Proben (90 %) in Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze gemessen wurde. In 68 Proben lagen die Konzentrationen über 0.1 µg/l (10%), womit die Anforderung gemäss GSchV nicht erfüllt werden konnte.

Während Atrazin in der EU verboten ist, findet dieser Wirkstoff in der Schweiz vorwiegend im Maisanbau Verwendung. 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) beurteilten Chèvre et al. Atrazin als relativ unproblematisch für die aquatischen Organismen. Der Wert von 1.8 µg/l wurde auch während der Applikationsperiode (Mai–Juli) bei keiner Wasserprobe überschritten.

Diuron

Mit einem CQK von 0.15 µg/l und einem AQK von 1.3 µg/l wird Diuron wesentlich problematischer beurteilt. Dieser Stoff wurde in 34 % aller Wasserproben in Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze von 0.02 µg/l gemessen. Diuron ist als Bodenherbizid im Obst- und Rebbau sowie im Gemüsebau (Spargeln) zugelassen, wobei sich die Anwendung meist auf relativ kleine Flächen beschränkt. Als Wirkstoff gegen Algenbewuchs wird Diuron auch in Baumaterialien wie in 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. 21 % der in den Jahren 2004/05 untersuchten Proben überschritten diesen Wert. Nur 2 % konnten aber das Kriterium für die chronische Toxizität nach Chèvre et al. von 0.15 µg/l nicht erfüllen. Dieses Beispiel zeigt, wie wichtig die Festlegung von stoffspezifischen Zielvorgaben für die Schweiz



ist, damit künftig einheitliche Auswertungs- und Beurteilungskriterien bei Gewässeruntersuchungen zur Anwendung kommen können.

Auswertung nach Wirkstoffgruppen

Für die Organismen im Wasser sind letztlich nicht die Konzentrationen der Einzelstoffe sondern die Summe der Effekte aller Substanzen einer Gruppe mit dem gleichen Wirkungsmechanismus entscheidend. Die weit verbreiteten **Triazine** (Atrazin, Simazin, Terbutylazin, Terbutryn) und **Phenylharnstoffe** (Diuron, Isoproturon, Linuron) haben gemeinsam, dass es sich um Herbizide handelt, welche die biochemischen Prozesse der Photosynthese beeinträchtigen (Wirkungsort: Photosystem II). Gemäss Chèvre et al. ist es sinnvoll, durch die Berechnung der Summe der Risikoquotienten eine Gesamtbeurteilung für die beiden Stoffgruppen vorzunehmen.

Beurteilung

Ein schlechter Zustand bezüglich der Belastung mit Triazinen und Phenylharnstoffen wurde für den Dorfbach Windlach (1) ermittelt. Die Schwelle der akuten Toxizität wurde in diesem Bach bei der Probenahme im April 2005 wegen einer sehr hohen Konzentration von Diuron (2.7 µg/l vor ARA Stadel) überschritten. Auch bei Gewässerabschnitten der Glatt (2–4) und am Lieburgerbach nach der ARA Egg-Oetwil (5) wurde eine mässige Beeinträchtigung durch Triazine und Phenylharnstoffe festgestellt. Auffällig bei letztgenannten Stellen ist, dass es sich jeweils um Abschnitte unterhalb von ARA handelt, was den Schluss nahe legt, dass bei diesen Stellen die Herbizide mit dem gereinigten Abwasser eingetragen wurden.

Die heute verwendeten Insektizide sind hochwirksame Stoffe, die bei einem Eintrag in Gewässer bereits in niedrigsten Konzentrationen Insekten, Krebse und allenfalls Fische schädigen können. 1997 ereignete sich nach einem Einsatz von Cypermethrin im Rapsanbau eine Gewässerverschmutzung durch unsachgemässe Entsorgung des Spülwassers. Die Folge waren mehrere tausend tote Krebse. Solche Fälle mit toten Krebsen oder toten Fischen werden häufig von Passanten oder Fischern entdeckt und als Gewässerverschmutzungen gemeldet. Stets im Verborgenen bleiben aber alle Verschmutzungen bei denen «nur» Insekten geschädigt werden, weil diese unerkant bleiben.

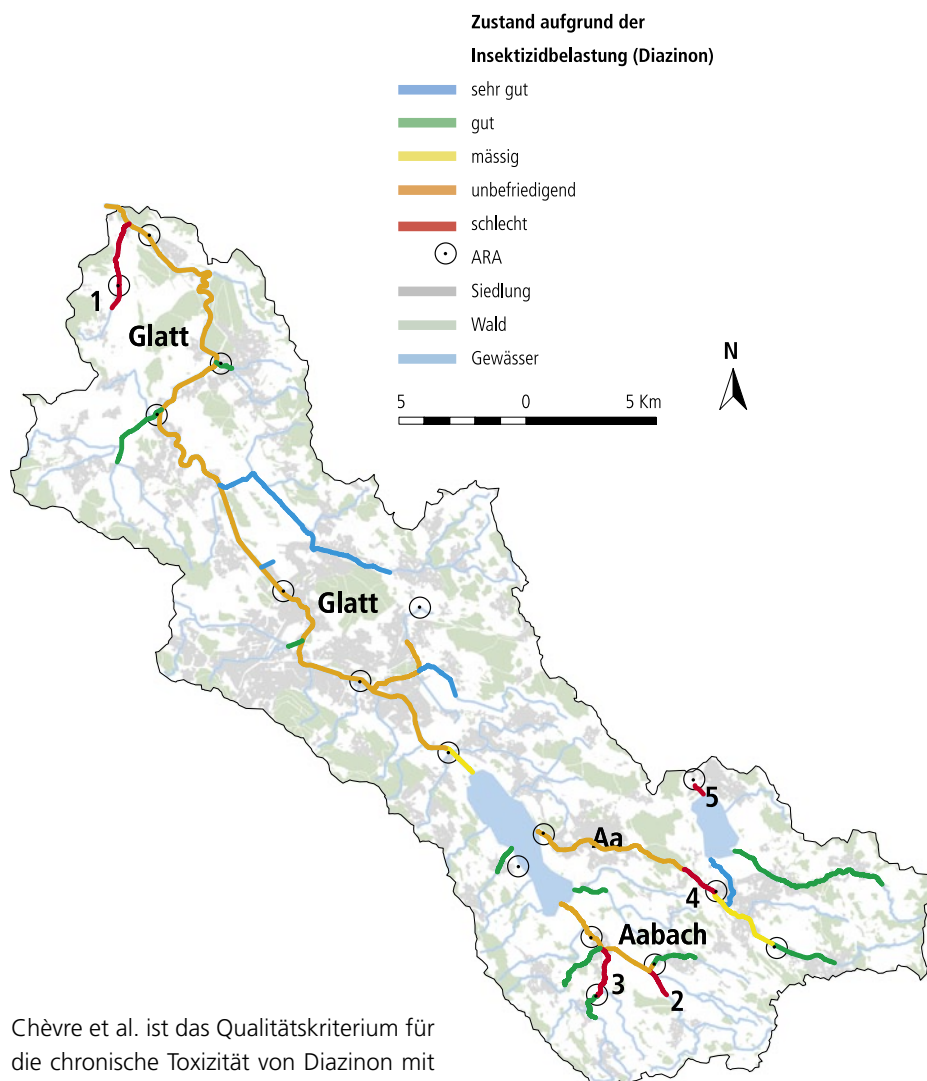
Cypermethrin wurde bei den Untersuchungen in den Jahren 2004/05 in keiner Wasserprobe in Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze gemessen. Nur einmal nachgewiesen wurde Pirimicarb. Die im Juni 2005 im Dorfbach Windlach unterhalb der ARA Stadel gemessene Konzentration war mit $0.58 \mu\text{g/l}$ aber sehr hoch. Leider stehen für diesen Wirkstoff keine Angaben zur Toxizität zur Verfügung. Pirimicarb ist ein Insektizid, welches sowohl in landwirtschaftlichen Kulturen als auch in Publikumsprodukten sehr selektiv gegen Blattläuse eingesetzt wird.

Diazinon

Das in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee am häufigsten gemessene Insektizid war Diazinon. Neben der landwirtschaftlichen Anwendung ist Diazinon in Publikumsprodukten für Haus und Garten sehr weit verbreitet. Es handelt sich um ein Insektizid aus der Gruppe der Organophosphate. Da es der einzige Wirkstoff aus dieser Gruppe ist, der in der Messperiode nachgewiesen wurde, entspricht die Auswertung des Einzelstoffs gleichzeitig der Auswertung der Wirkstoffgruppe.

Beurteilung

In 216 (31%) von 702 untersuchten Wasserproben wurde Diazinon in Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze von $0.01 \mu\text{g/l}$ nachgewiesen. Gemäss



Chèvre et al. ist das Qualitätskriterium für die chronische Toxizität von Diazinon mit $0.003 \mu\text{g/l}$ bei einem sehr tiefen Wert festgelegt. Das heisst jeder Wert, der über der Bestimmungsgrenze erfasst wurde, stellt bereits eine potenzielle Gefährdung der aquatischen Organismen dar. Der Wert für die akute Toxizität liegt bei $0.14 \mu\text{g/l}$. Diese Konzentration wurde in der Messperiode 2004/05 in 11 Wasserproben überschritten (2%). Die betroffenen Stellen wurden bei der Beurteilung der Belastung durch Diazinon als schlecht klassiert. Der Dorfbach Windlach vor der ARA Stadel (1) und der Aabach vor Gossauerbach (2) sind zwei Stellen, welche nicht durch eine ARA belastet werden. Die hohen Konzentrationen dürften durch Anwendungen in der Landwirtschaft verursacht worden sein. Die übrigen als schlecht beurteilten Messstellen befinden sich alle unterhalb von Kläranlagen: Lieburgerbach nach ARA Egg-Oetwil (3), Aa nach ARA Wetzikon (4), Seezufluss bei Pfäffikon nach Einleitung des gereinigten Abwassers der ARA Pfäff-

fikon (5). Auch bei den Stellen, welche als mässig oder unbefriedigend beurteilt wurden, lässt sich oftmals eine Verschlechterung der Belastungssituation unterhalb von ARA erkennen.

Während bei Herbiziden erhöhte Konzentrationen in Fließgewässern oft während der Applikationsperiode gemessen werden, wiesen die Konzentrationen von Diazinon zwischen März und Oktober keinen saisonalen Verlauf auf. Dieser Sachverhalt legt zusammen mit der weiten Verbreitung von Diazinon in Publikumsprodukten und dem häufig beobachteten Eintrag über ARA den Schluss nahe, dass die Verwendung in Haus und Garten eine Hauptquelle der Diazinonbelastung darstellt. Besonders problematisch dürfte das Auswaschen von Spritzgeräten und Gebinden sowie die unsachgemässe Entsorgung über die Kanalisation sein.

Neben der ökologisch begründeten, stoffspezifischen Beurteilung gilt es die numerische Anforderung für Pestizide gemäss GSchV von 0.1 µg/l je Einzelstoff zu überprüfen. Dieser Wert wurde in Hinblick auf das Schutzziel Trinkwasser festgelegt.

Bei den Untersuchungen der Jahre 2004/05 wurden in 702 Wasserproben insgesamt 524 Werte mit Pestizidkonzentrationen über 0.1 µg/l gemessen. Mit 153 Werten (22 %) war Mecoprop der Wirkstoff, welcher die Zielvorgabe am häufigsten nicht einhalten konnte. Mecoprop wird sowohl in der Landwirtschaft als auch in Publikumsprodukten zur Unkrautbekämpfung auf Zier- und Sportrasen verwendet. Auch in Abdichtmassen im Flachdachbau wird Mecoprop verwendet und kann über die Dachentwässerung in die Gewässer gelangen. Mit einem Wert von 50 µg/l als Zielvorgabe wird Mecoprop von der deutschen LAWA als unproblematisch für aquatische Organismen eingestuft.

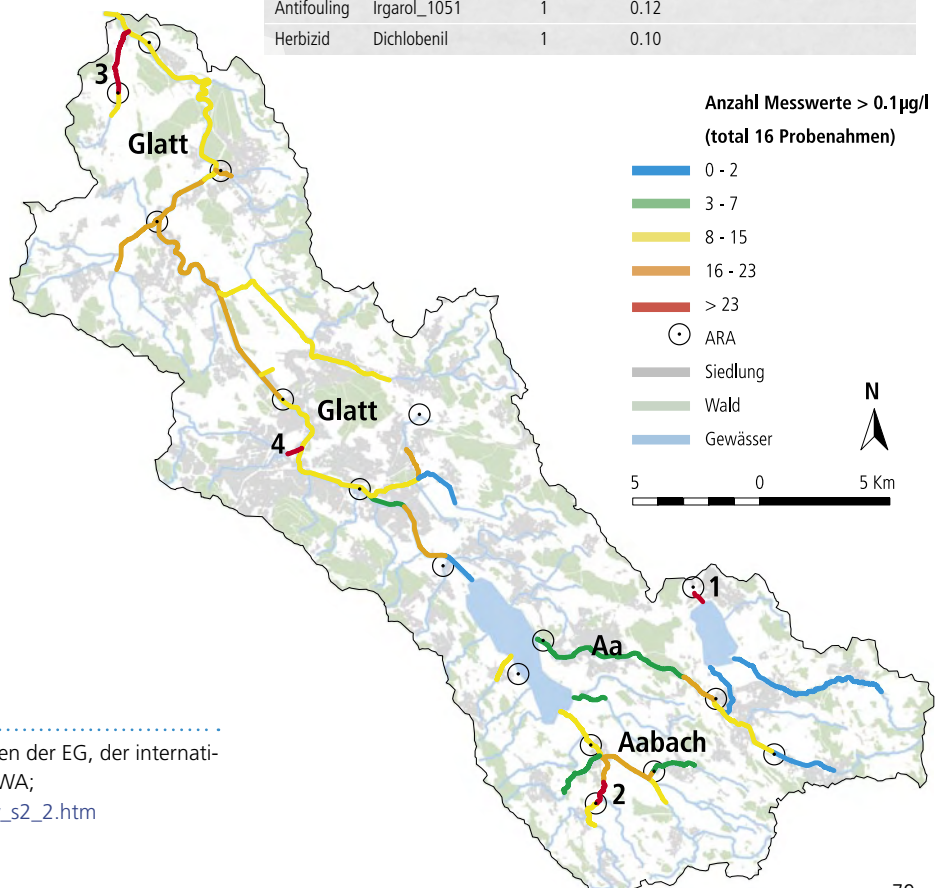
Neben Atrazin und Diuron wurde mit 2,6 Dichlorbenzamid (Abbauprodukt von Dichlobenil) ein weiteres Herbizid zur Unkrautbekämpfung regelmässig in hohen Konzentrationen gemessen.

Speziell zu erwähnen ist schliesslich noch DEET (Diethyltoluamid), welches in 67 Proben (10 %) in Konzentrationen über 0.1 µg/l analysiert wurde. Es handelt sich bei diesem Stoff nicht um ein Pestizid im eigentlichen Sinn, sondern um ein Repellent. Man versteht darunter Mittel, die auf Schädlinge und Lästlinge abwehrend oder vertreibend wirken. Die Anwendung von DEET in Publikumsprodukten wie Insektensprays oder Sonnenschutzmittel ist weit verbreitet. Auch zum Schutz von Haus- und Nutztieren wird DEET eingesetzt.

Am häufigsten wurden Pestizide in Konzentrationen über 0.1 µg/l beim Seezufluss in Pfäffikon nach Einleitung des gereinigten Abwassers der ARA Pfäffikon (1), beim Lieburgerbach nach ARA Egg-Oetwil (2), beim Dorfbach Windlach nach ARA Stadel (3) und beim Leutschenbach (4) registriert. Bei den ersten drei Stellen wurden die Pestizide hauptsächlich mit dem Abwasser über die ARA eingeleitet. Im Einzugsgebiet vom Leutschenbach befindet sich aber keine ARA. Mecoprop, 2,6-Dichlorbenzamid, Metazachlor, Metolachlor und Atrazin, welche im Leutschenbach in zu hohen Konzentrationen gemessen wurden, sind Herbizide mit landwirtschaftlicher Anwendung oder mit Verwendung im Siedlungsbereich (Sportrasen, Schutz von Baumaterialien).

Pestizide, welche 2004/05 in Konzentrationen über 0.1 µg/l gemessen wurden (CQK Qualitätskriterium für chronische und AQK für akute Toxizität, ZV = Zielvorgabe der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser; LAWA).

Stoffgruppe	Wirkstoff	Anzahl Messwerte > 0.1 µg/l	höchster Wert [µg/l]	CQK [µg/l]	AQK [µg/l]	ZV LAWA [µg/l]
Herbizid	Mecoprop	153	3.19			50
Herbizid	Atrazin	68	1.33	1.8	15	
Repellent	DEET	67	3.98			
Herbizid	Diuron	48	2.74	0.15	1.3	0.05
Herbizid	2,6 Dichlorbenzamid	38	0.20			
Herbizid	Isoproturon	26	0.69	0.27	2.2	0.3
Herbizid	MCPA	20	2.94			2
Insektizid	Diazinon	17	0.38	0.003	0.14	
Herbizid	Desethylatrazin	15	0.18			
Herbizid	Metobromuron	9	1.52			
Herbizid	Linuron	9	2.20	0.32	2.6	0.3
Herbizid	Metamitron	8	1.09			
Herbizid	Metolachlor	7	0.66	0.3	4.4	0.2
Herbizid	Bentazon	6	0.37			70
Herbizid	2,4-D	5	0.35			2
Herbizid	Simazin	4	0.32	2.8	23	0.1
Herbizid	Metazachlor	4	0.19	0.13	1.9	0.4
Herbizid	Ethofumesat	4	0.25			
Fungizid	Propiconazol	3	0.36			
Herbizid	Triclopyr	3	0.17			
Herbizid	Dimethenamid	2	0.78	0.11	1.6	
Herbizid	Monolinuron	2	0.13			
Fungizid	Metalaxyl	1	0.82			
Insektizid	Pirimicarb	1	0.58			
Herbizid	Chlortoluron	1	0.10	0.57	4.7	0.4
Herbizid	Dimethachlor	1	0.31			
Antifouling	Irgarol_1051	1	0.12			
Herbizid	Dichlobenil	1	0.10			



Literatur: Übersicht über Qualitätsanforderungen der EG, der internationalen Flussgebietsgemeinschaften und der LAWA; www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/ow_s2_2.htm

Bedeutung für die Umwelt

Die Schwermetalle Kupfer, Eisen, Nickel, Zink und Chrom sind als Spurenelemente für die Lebewesen essentiell. Diese Elemente sind für bestimmte biologische Prozesse zwingend erforderlich, sonst treten Mangelerscheinungen auf. Blei, Cadmium und Quecksilber werden für keine Zellfunktionen benötigt. Sie wirken bereits in Konzentrationen im Mikrogrammbereich akut toxisch. Auch die essentiellen Schwermetalle dürfen in den Gewässern aber nur in sehr niedrigen Konzentrationen vorliegen, da sonst ebenfalls toxische Effekte auftreten können. Dabei ist zu beachten, dass die chemische Form, wie ein Schwermetall vorliegt, darüber entscheidet, ob es durch ein Lebewesen überhaupt aufgenommen werden kann und damit eine Wirkung erkennbar wird. 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 ARA und können hier nicht restlos entfernt werden. Angelagert an Klärschlammteilchen 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 genannten Retentionsfilterbecken für die Strassenabwasserbehandlung erreicht werden. Durch die Umstellung auf bleifreies Benzin und durch den Verzicht auf bleihaltige Anstriche konnte die Bleibelastung

deutlich reduziert werden. 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 ober- und unterirdischen Gewässer.

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 wurden. Auch in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee wurden daher nur einmal die Konzentrationen der Schwermetalle im frei fließenden Wasser gemessen. Im Altbach bei Dietlikon sowie im nachfolgenden Chriesbach und in der Glatt in Zürich Hagenholz konnte dabei im Mai 2004 die Anforderung für Kupfer nicht eingehalten werden. In der Glatt in Zürich Hagenholz überschritt zudem der Messwert für Zink leicht die Anforderung von 0.02 mg/l. Alle übrigen Messwerte lagen deutlich unter den Anforderungen gemäss GSchV.

Schwermetalle im Sediment

Die Schwermetallbelastung der Fließgewässer durch Strassenabwässer, 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 die Tendenz haben an

strömungsberuhigten Stellen im Fließgewässer zu sedimentieren, können auch Sedimentuntersuchungen zur Erfassung der Schwermetallbelastung verwendet werden.

Im Einzugsgebiet der Glatt wurden im Februar und März 2004 Sedimentproben erhoben und die Schwermetalle in der Fraktion < 0.063 mm untersucht. Im Einzugsgebiet des Greifensees erfolgte die Probenahme im Januar 2005. Da für die Schweiz in der GSchV nur Anforderungen für die Schwermetallkonzentrationen im Wasser festgelegt sind, nicht aber für Sedimente, wurden für die Auswertung 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).

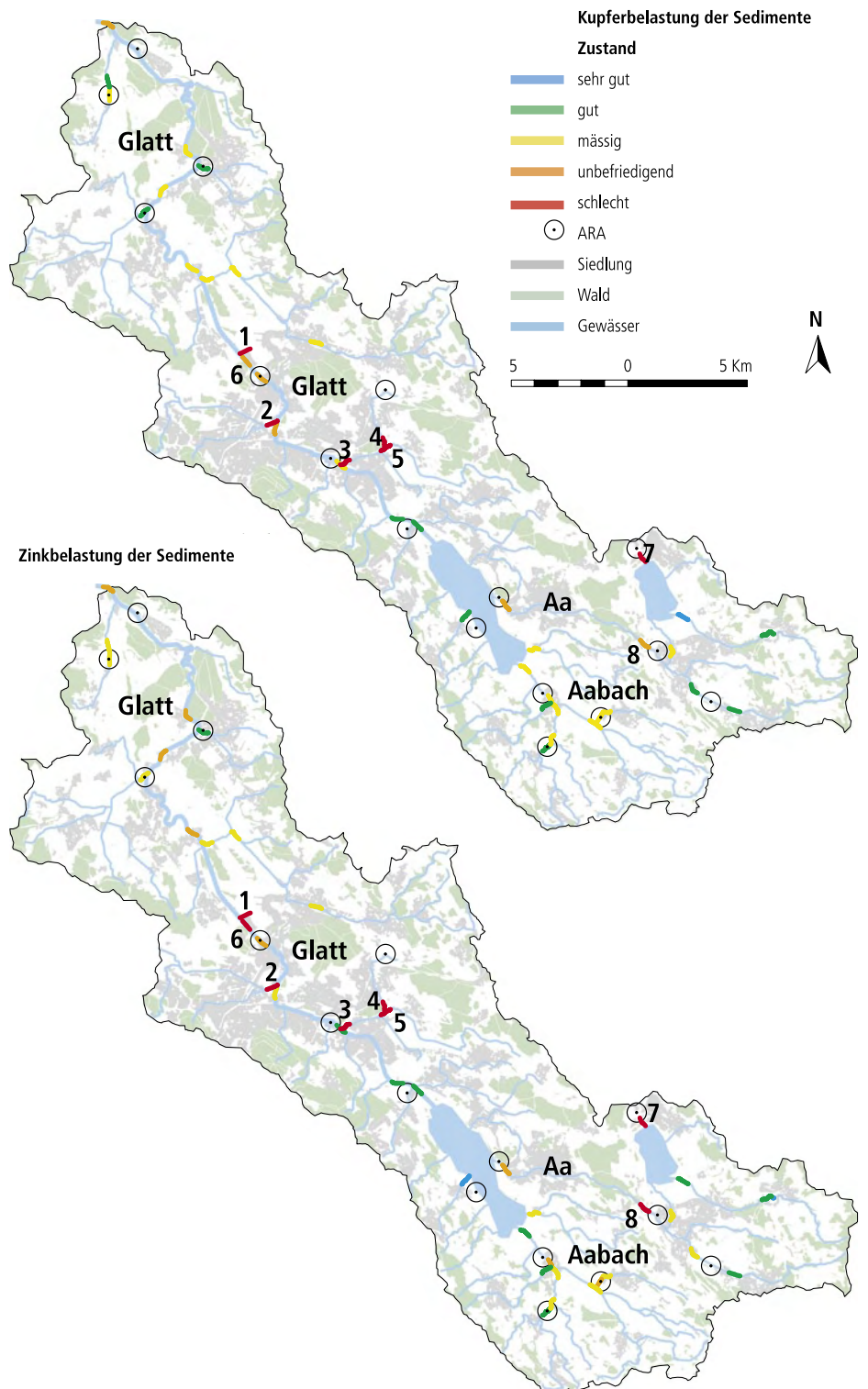
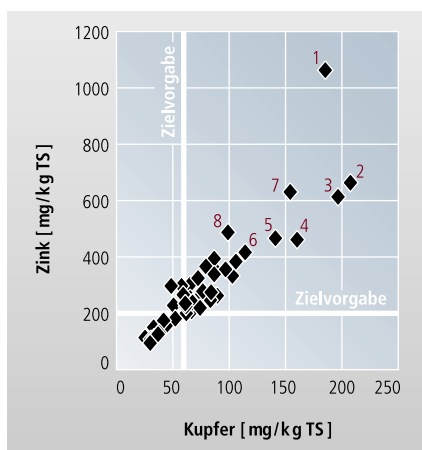
Literatur: Übersicht über Qualitätsanforderungen der EG, der internationalen Flussgebietsgemeinschaften und der LAWA;
www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/ow_s2_2.htm

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.

In den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee, welche einen hohen Anteil Siedlungsflächen und Verkehrsträger aufweisen, wurden in den Sedimenten der Fließgewässer sowohl Kupfer- als auch Zinkgehalte gemessen, welche die Zielvorgaben gemäss der deutschen LAWA für das Schutzgut Schwebstoffe und Sedimente häufig nicht erfüllten. Die gemessenen Konzentrationen von Kupfer und Zink weisen ein erstaunlich konstantes Verhältnis auf. Dies ist als Hinweis zu werten, dass nicht einzelne Belastungsquellen, wie problematische Betriebe, Altlasten oder mit Kupfer belastete Rebbaufächen die Hauptquellen der Belastung darstellen. Im Vordergrund stehen somit die weit verbreiteten Belastungen durch Baumaterialien und Verkehrsträger.

Die höchsten Kupfer- und Zinkgehalte wurden an folgenden Stellen gemessen: Altbach Kloten vor der Mündung in die Glatt, der ein Teil des Flughafenareals entwässert (1); Leutschenbach (2); Chriesbach vor Glatt (3); Altbach Dietlikon vor Chriesbach (4); Chriesbach vor Altbach (5); Glatt nach ARA Kloten-Opfikon (6); Seezufluss bei Pfäffikon nach Einleitung des gereinigten Abwassers der ARA Pfäffikon (7) und Aa nach ARA Wetzikon (8).

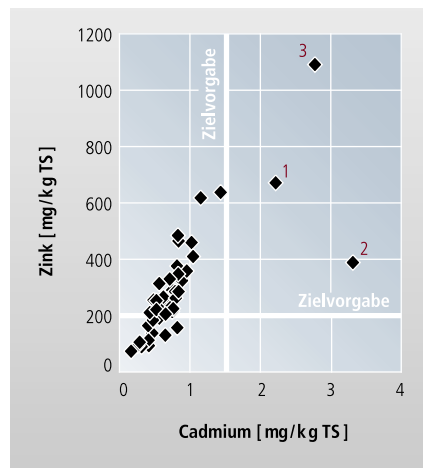
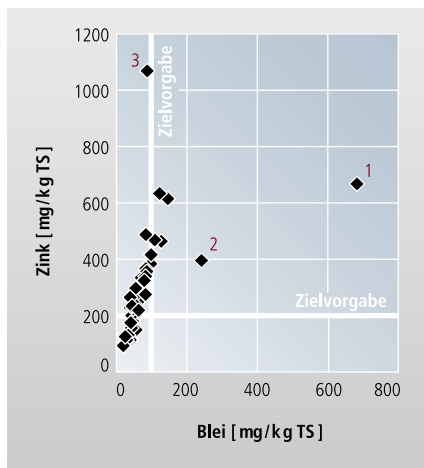
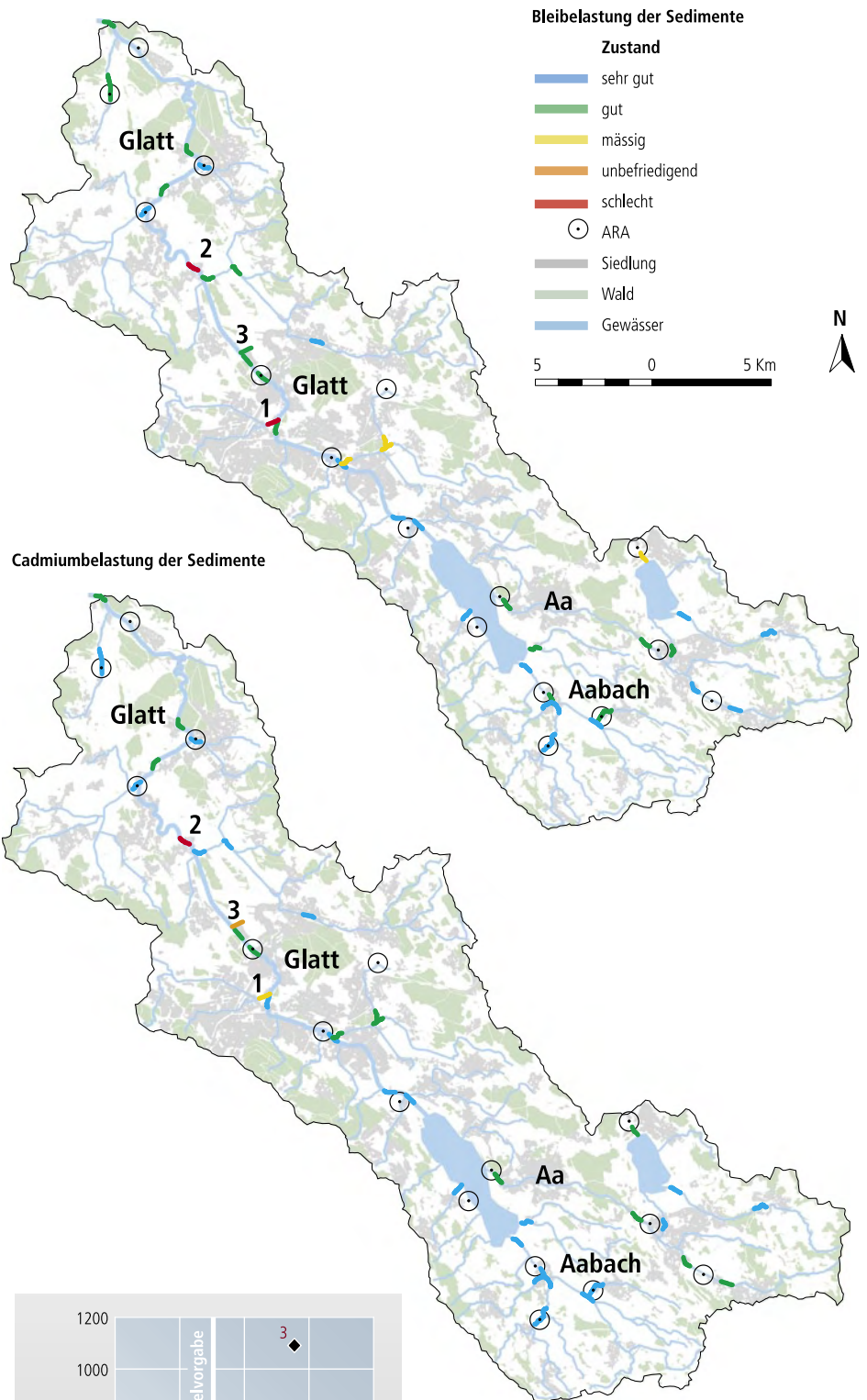


Verhältnis zwischen den Gehalten von Kupfer und Zink der Fließgewässersedimente (TS = Trockensubstanz).

Blei und Cadmium

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

Im Leutschenbach (1) wie auch in der Glatt bei Oberglatt (2) wurden sowohl Blei- als auch Cadmiumgehalte gemessen, welche über der Zielvorgabe der LAWA liegen. Der Leutschenbach wird durch Entlastungen aus der Kanalisation und Strassenentwässerungen belastet. Zudem befinden sich in Zürich Nord mehrere alte Industrieareale, welche möglicherweise mit Schwermetallen belastete Flächen aufweisen. In der Glatt bei Oberglatt ist unklar, woher die erhöhten Belastungen mit Blei und Cadmium stammen. Beim obenliegenden Abschnitt der Glatt nach der ARA Kloten-Opfikon und beim nachfolgenden Abschnitt bei Niederglatt wurden keine erhöhten Blei- und Cadmiumgehalte gemessen. Auch der vor der Messstelle bei Oberglatt einmündende Himmelbach zeigte keine erhöhten Werte. Im Altbach vor der Mündung in die Glatt (3), welcher einen Teil des Flughafenareals entwässert, wurde ein erhöhter Cadmiumgehalt gemessen. Die Anforderung für Blei konnte knapp eingehalten werden. Zu erwähnen ist, dass bei den drei bezeichneten Messstellen mit erhöhten Gehalten die Probenahme mangels grösserer Ablagerungen geeigneter Feinsedimente schwierig war.



Verhältnis zwischen den Gehalten von Blei und Zink sowie Cadmium und Zink der Fließgewässersedimente (TS = Trockensubstanz).

Quecksilber, Nickel und Chrom

Für Quecksilber wurde lediglich im Leutschenbach ein Gehalt gemessen, welcher über der Zielvorgabe der LAWA lag. Auch der Messwert von Nickel konnte bei dieser Untersuchungsstelle die in Deutschland verwendete Zielvorgabe knapp nicht einhalten. Chrom wurde an keiner Untersuchungsstelle in Gehalten über der Zielvorgabe gemessen.

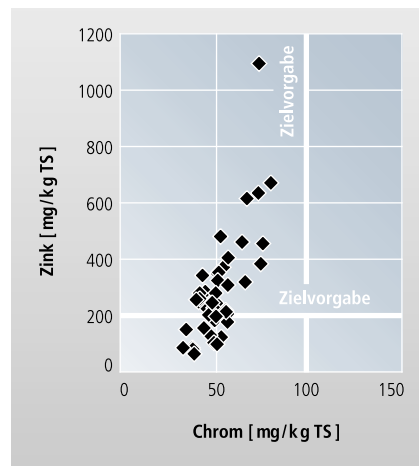
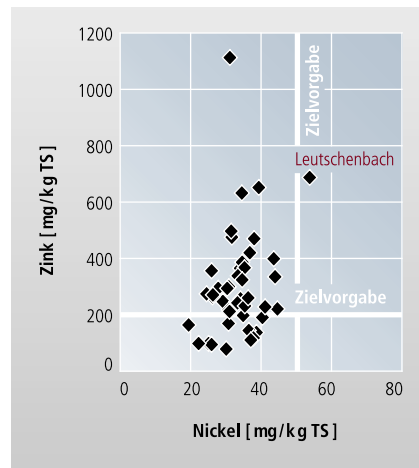
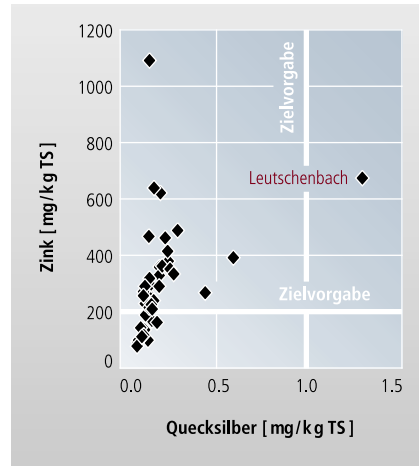
Wie bereits erwähnt, wird der Leutschenbach regelmässig durch Entlastungen aus der Kanalisation und Strassenentwässerungen belastet. Da im Leutschenbach neben Kupfer, Zink, Blei und Cadmium auch die weniger verbreiteten Schwermetalle Quecksilber und Nickel in erhöhten Gehalten gefunden wurden, kann eine Belastung durch Altlasten stillgelegter Industriearale nicht ausgeschlossen werden. Der Leutschenbach weist im Bereich vor der Mündung in die Glatt einen Bretterboden auf. Aus diesem Grund war es schwierig genügend Feinsedimente zu finden. Der Leutschenbach und seine Zuflüsse sollten daher nochmals untersucht werden, um die Resultate zu verifizieren und die Quelle der Belastung einzuzengen.

Schwermetalle in Wasserpflanzen in der Glatt

Aus Gründen des Hochwasserschutzes werden in der Glatt jeden Sommer die Bestände des Flutenden Hahnenfusses (*Ranunculus fluitans*) gemäht. Proben des Schnittguts verschiedener Stellen der Glatt wurden in diesem Zusammenhang seit 1997 durch das Gewässerschutzlabor auf Schwermetalle untersucht. Von Glattbrugg an abwärts wurden regelmässig für Zink und vereinzelt auch für Cadmium Gehalte gemessen, welche im Bereich der Anforderung für Kompost liegen. Dieser Befund zeigt, dass die Schwermetallbelastung der Glatt sich auch in erhöhten Schwermetallgehalten in Wasserpflanzen niederschlagen kann.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchung der Schwermetalle in Sedimenten zeigt, dass in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee unterhalb von Siedlungsgebieten regelmässig Schwermetallgehalte gemessen werden, welche die Anforderungen gemäss der deutschen LAWA nicht erfüllen. Welche Bedeutung dieser Befund für die Biologie der Gewässer hat, ist weitgehend unbekannt. Um die Problematik besser einschätzen zu können, wäre es dringend erforderlich, sich in der Schweiz auf eine Probenahme- und Analysenmethodik zu einigen sowie einheitliche Kriterien für die Beurteilung der Resultate zu verwenden. Ferner müssen die Auswirkungen der Schwermetalle, welche an Schwebstoffe gebunden sind, auf die Organismen der Gewässer durch Forschungsarbeiten abgeklärt werden.



Verhältnis zwischen den Gehalten von Quecksilber und Zink, Nickel und Zink sowie Chrom und Zink der Fließgewässersedimente (TS = Trockensubstanz).

Zusammenfassung nach Stellen

Eine tabellarische Übersicht der Untersuchungsergebnisse erlaubt für eine Untersuchungsstelle oder ein ganzes Fließgewässersystem die schnelle Erfassung der wichtigsten Defizite.

Glatt

Die zehn untersuchten Abschnitte im Fließverlauf der Glatt (1–10) mussten bezüglich der Ökomorphologie als stark beeinträchtigt beurteilt werden (Zustandsklasse mässig). Die Wasserqualität der Glatt hat sich in den letzten Jahren bezüglich der Nährstoffe und der organischen Belastung stark verbessert. Die Zielvorgaben können heute in der Regel eingehalten werden. Die Kieselalgen, welche als biologische Indikatoren für die Wasserqualität verwendet werden, indizierten vom Seeabfluss bis Oberglatt gute bis sehr gute Verhältnisse. Von Niederglatt bis zur Mündung in den Rhein wurde aufgrund dieser biologischen Indikatoren die Wasserqualität als mässig charakterisiert. Besondere Beachtung erfordert die Insektizidbelastung durch Diazinon, welche auf der ganzen Fließstrecke der Glatt die Zielvorgabe nicht erfüllen konnte. Auch die Belastung durch Herbizide konnte bei einigen Messstellen die Zielvorgabe nicht erfüllen.

Von der Messstelle Zürich Hagenholz bis Hochfelden weist die Glatt im Sommer jeweils eine starke Verkräutung auf. In diesem Bereich müssen die Wasserpflanzen aus Gründen des Hochwasserschutzes im Sommer abschnittsweise geschnitten werden. Vom Seeabfluss bis zur Mündung des Chriesbachs ist die Verkräutung viel geringer. Die Vegetation ist in diesem Abschnitt sehr artenarm und wurde daher als schlecht beurteilt.

Seitenbäche der Glatt

Die Seitenbäche der Glatt (11–22) sind morphologisch ebenfalls stark beeinträchtigt. Nur die beiden Stellen am Himmelbach weisen einen besseren Zustand auf. Bei den für die Wasserorganismen besonders kritischen Kenngrößen Ammonium und Nitrit konnten die Zielvorgaben nur im Dorfbach von Windlach nach der ARA Stadel nicht eingehalten werden. Die hohen Werte wurden während Ausbauarbeiten der ARA gemessen. Seit Mitte 2005 erfüllen die Werte die Anforderungen. Im Dorfbach Windlach wurden auch die höchsten Herbizid- und Insektizidkonzentrationen gemessen, wobei zu bemerken ist, dass bereits oberhalb der ARA Stadel hohe Konzentrationen erfasst wurden.

In den Sedimenten der Seitenbäche der Glatt wurden häufig erhöhte Gehalte von Schwermetallen gemessen. Dabei fallen insbesondere die hohen Kupfer- und Zinkgehalte auf, welche vermutlich durch den hohen Anteil Siedlungen im Einzugsgebiet verursacht werden.

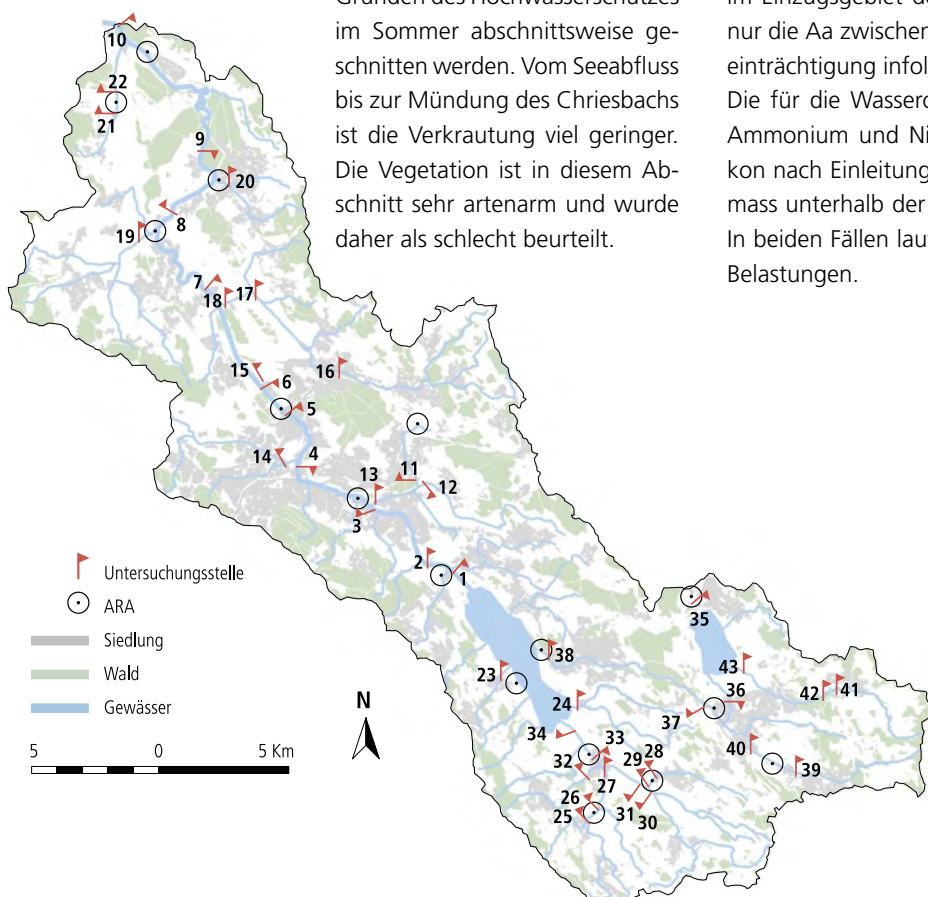
Die Summe aller Belastungen verursacht in der Glatt wie auch in den untersuchten Seitenbächen der Glatt eine starke Verarmung bei den Fischpopulationen und den Makroinvertebraten.

Einzugsgebiet Greifensee

Von den 21 untersuchten Stellen im Einzugsgebiet des Greifensees (23–43) konnten neun als wenig beeinträchtigt oder natürlich/naturnah bezüglich der Ökomorphologie beurteilt werden (Zustandsklassen gut und sehr gut). Der Anteil Stellen mit einer guten oder sehr guten Morphologie ist damit deutlich grösser als im Einzugsgebiet der Glatt. Bei den Abflussverhältnissen weist nur die Aa zwischen Pfäffikersee und Greifensee eine starke Beeinträchtigung infolge der Wasserkraftnutzung auf.

Die für die Wasserorganismen besonders kritischen Parameter Ammonium und Nitrit konnten nur beim Seezufluss in Pfäffikon nach Einleitung der ARA Pfäffikon und in geringerem Ausmass unterhalb der ARA Hinwil die Zielvorgaben nicht erfüllen. In beiden Fällen laufen zur Zeit Abklärungen zur Reduktion der Belastungen.

Mit Ausnahme des Lieburgerbachs nach der ARA Egg-Oetwil konnte trotz intensiver landwirtschaftlicher Nutzung des Einzugsgebiets die Zielvorgabe für Herbizide eingehalten werden. Die Insektizidbelastung überschritt hingegen bei 11 von 21 untersuchten Stellen die Zielvorgabe. Die Schwermetallbelastung der Sedimente ist insgesamt gesehen im Einzugsgebiet des Greifensees geringer als im Einzugsgebiet der Glatt. Für Kupfer und Zink mussten aber auch oberhalb des Greifensees bei der Mehrheit der Messstellen mässig bis stark erhöhte Gehalte festgestellt werden.



Die Kieselalgen indizierten mehrheitlich gute bis sehr gute Verhältnisse. Bezüglich der Wasserpflanzen weist das Einzugsgebiet einen hohen Anteil vegetationsarmer Bäche auf, die nicht beurteilt wurden, sowie Moosbäche, deren Zustand mehrheitlich als gut bewertet wurde. Die Fische konnten nur an ausgewählten Abschnitten untersucht werden. Bei 7 von 10 Abschnitten wurde

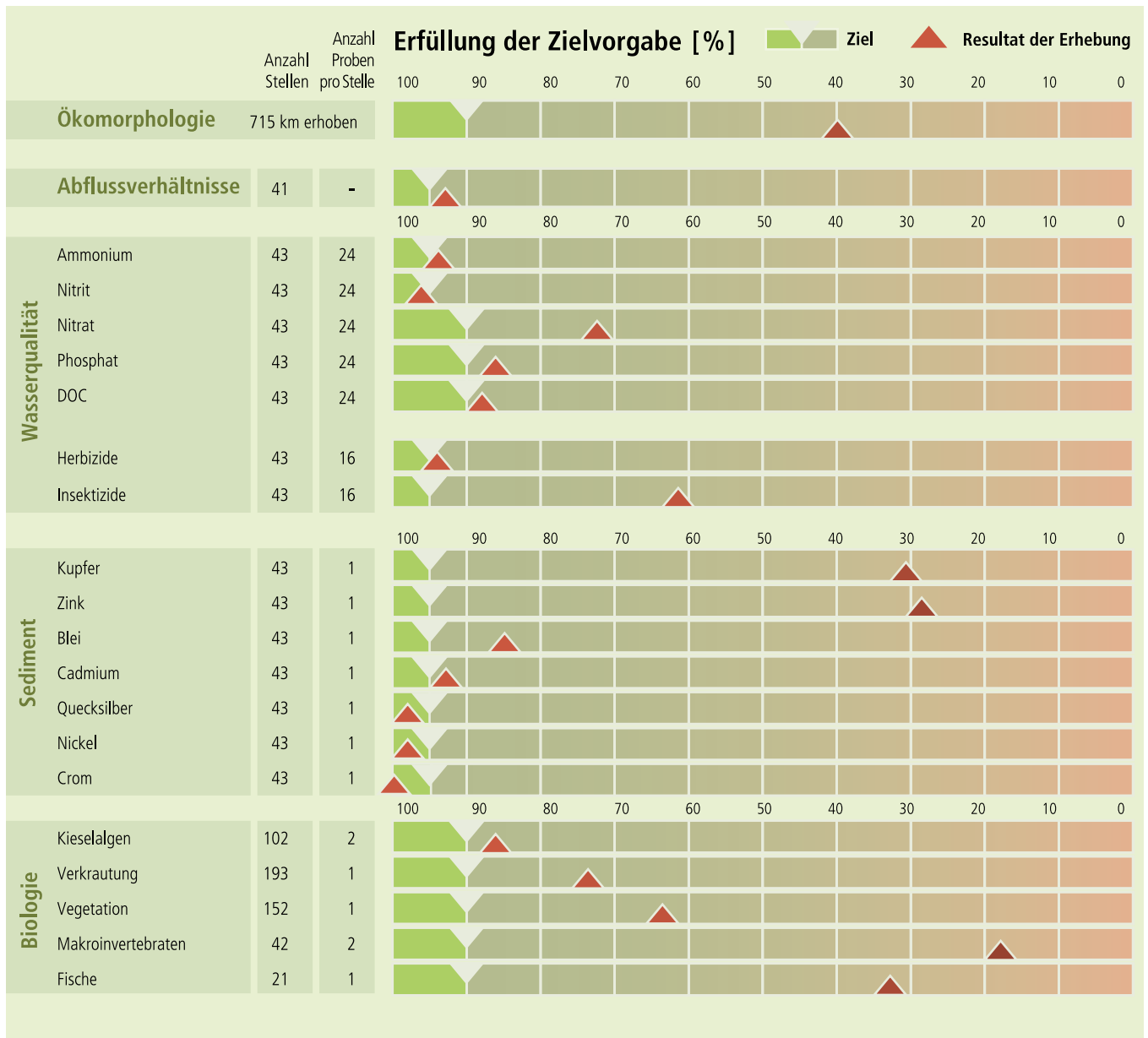
der Fischbestand als gut bis sehr gut beurteilt. Die Makroinvertebraten indizierten nur an 7 von 21 Stellen gute Verhältnisse. Die Verbauungen an den Gewässern, die Insektizidbelastung und möglicherweise auch die Schwermetallbelastung bewirken bei diesen tierischen Kleinlebewesen an vielen Untersuchungsstellen eine starke biologische Verarmung.

		Zustand		Wasserqualität										Sedimente				Biologie					
		sehr gut	gut	Ammonium	Nitrit	Nitrat	Phosphat	DOC	Herbizide	Insektizide	Kupfer	Zink	Blei	Cadmium	Quecksilber	Nickel	Chrom	Kieselalgen	Verkrautung	Vegetation	Makroinvertebraten	Fische	
		sehr gut	gut	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	schlecht	keine Beurteilung	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	schlecht	keine Beurteilung	sehr gut	gut	mässig	unbefriedigend	schlecht	keine Beurteilung		
		Nr.	Stellenname	Ökomorphologie	Abflussverhältnisse	Wasserqualität										Sedimente				Biologie			
Glatt	1	Glatt Abfluss Greifensee	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	2	Glatt nach ARA Fällanden VSFM	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	3	Glatt vor Chriesbach	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	4	Glatt ZSZ Hagenholz	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	5	Glatt vor ARA Opfikon	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	6	Glatt nach ARA Opfikon	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	7	Glatt bei Oberglatt	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	8	Glatt bei Niederhöri	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	9	Glatt bei Hochfelden	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	10	Glatt vor Rhein	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
Seitenbäche Glatt	11	Altbach Dietlikon vor Chriesbach	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	12	Chriesbach vor Altbach	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	13	Chriesbach vor Glatt	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	14	Leutschenbach vor Glatt	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	15	Altbach Kloten vor Glatt (Flughafen)	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	16	Altbach bei Kloten	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	17	Himmelbach vor Flughafenareal	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	18	Himmelbach vor Glatt	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	19	Fischbach vor Glatt	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	20	Furtbach Bülach vor Glatt	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	21	Dorfbach Windlach vor ARA Stadel	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	22	Dorfbach Windlach nach ARA Stadel	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
Einzugsgebiet Greifensee	23	Dorfbach bei Maur	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	24	Riedikerbach bei Riedikon	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	25	Lieburgerbach vor ARA Egg-Oetwil	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	26	Lieburgerbach nach ARA Egg-Oetwil	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	27	Mettlenbach vor Aabach	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	28	Gossauerbach vor ARA Gossau	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	29	Gossauerbach nach ARA Gossau	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	30	Aabach vor Gossauerbach	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	31	Aabach nach Gossauerbach	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	32	Tüftalerbach vor Aabach	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	33	Aabach bei Mönchaltorf	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	34	Aabach Silberweid	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	35	Seezufluss bei Pfäffikon	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	36	Aa Abfluss Pfäffikersee	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
	37	Aa nach ARA Wetzikon	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	
38	Aa bei Niederuster	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut		
39	Wildbach vor KEZO	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut		
40	Wildbach nach ARA Hinwil	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut		
41	Aabach vor ARA Bäretswil	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut		
42	Aabach nach ARA Bäretswil	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut		
43	Chäpntnerbach vor Pfäffikersee	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut		

Zusammenfassung nach Kenngrössen

Die öffentlichen Fließgewässer weisen in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee eine Länge von 715 Kilometer auf. Nur 40 % der Gewässerabschnitte konnten bezüglich der Ökomorphologie als natürlich/naturnah oder schwach beeinträchtigt beurteilt werden und erfüllten somit die Zielvorgabe. Damit kommt der schlechte morphologische Zustand vieler Fließgewässer in diesen Einzugsgebieten klar zum Ausdruck.

Die Abflussverhältnisse mussten nur für die Aa zwischen Pfäferikersee und Greifensee aufgrund der Wasserkraftnutzung als schlecht beurteilt werden. Bei den restlichen Untersuchungsstellen sind Beeinträchtigungen von untergeordneter Bedeutung oder nicht vorhanden.



Die Belastung der Fliessgewässer mit Nährstoffen und organisch abbaubaren Stoffen hat sich in den letzten Jahren bei vielen Untersuchungsstellen deutlich verbessert. Bezüglich der Abwasserreinigung sind die kritischen Anlagen bekannt. Massnahmen zur Reduktion der Belastungen befinden sich in Vorbereitung oder konnten bereits umgesetzt werden.

Die Methode zur stoffspezifischen Beurteilung der Pestizide kam in dieser Form für die Auswertung von Untersuchungsdaten für den Kanton Zürich erstmals zur Anwendung. Die Gefährdung der Wasserorganismen wird mit dieser neuen Methode für die Herbizide als deutlich geringer eingestuft als bisher angenommen. Zu beachten ist jedoch, dass Herbizide regelmässig in Konzentrationen über 0.1 µg/l gemessen werden und damit die geltende Anforderung gemäss Gewässerschutzverordnung nicht erfüllt wird. Insbesondere zum Schutz des Grundwassers muss die Belastung der Fliessgewässer mit Herbiziden noch deutlich reduziert werden. Bedeutender als bisher angenommen ist die Belastung der Gewässer durch Insektizide. Die gemessenen Konzentrationen des Wirkstoffs Diazinon stellen an vielen Untersuchungsstellen eine Gefährdung für die tierischen Kleinlebewesen im Wasser dar.

Erhöhte Gehalte der Schwermetalle Kupfer und Zink und in geringerem Ausmass von Blei und Cadmium wurden in den Sedimenten vieler Untersuchungsstellen gemessen. Die für die Beurteilung verwendeten Zielvorgaben der deutschen LAWA gelten als Werte für deutlich erhöhte Konzentrationen im Vergleich zur natürlichen Hintergrundbelastung. Sie geben aber keine direkte Auskunft über die Toxizität für die Gewässerorganismen. Sowohl für die Untersuchungsmethodik als auch für die Kriterien zur Beurteilung der Schwermetallbelastungen von Fliessgewässersedimenten

müssen noch Grundlagen erarbeitet werden. Die vorliegende Auswertung muss daher als provisorisch gelten. Durch die Verwendung von Kupfer und Zink in Baumaterialien und durch den Eintrag dieser beiden Schwermetalle zusammen mit Blei und Cadmium aus Strassenentwässerungen sowie durch die Restbelastung des gereinigten Abwassers kann im Einzugsgebiet von Glatt und Greifensee, wo ein hoher Anteil Siedlungsflächen und ein dichtes Netz von Verkehrsträgern vorhanden ist, eine Gefährdung der Wasserorganismen durch Schwermetalle nicht ausgeschlossen werden.

Die Kieselalgen, welche als biologische Zeiger für die Wasserqualität verwendet werden, indizierten nur an wenigen Stellen ungenügende Wasserqualität. Auch die 58 zusätzlich beprobten Stellen an kleinen Fliessgewässern, wo keine chemischen Untersuchungen durchgeführt wurden, ergaben keine Hinweise auf bisher unerkannte Belastungsquellen.

Eine starke Verkrautung wurde bei 50 der insgesamt 193 beurteilten Stellen (26 %) festgestellt. Bei 37 % der Stellen wurde die Artenvielfalt der Wasserpflanzengesellschaften als schlecht beurteilt. Als Hauptursache für diesen schlechten Befund ist die starke ökomorphologische Beeinträchtigung vieler Fliessgewässer zu sehen.

Makroinvertebraten und Fische gelten als biologische Gesamtindikatoren für Beeinträchtigungen des Gewässerraums, der Wasserführung und der Wasserqualität. Bei vielen Untersuchungsstellen bewirkte die Summe aller Belastungen, dass diese beiden Indikatoren die Zielvorgaben nicht erfüllen konnten. Der Schutz der Fliessgewässer als Lebensraum für Tiere und Pflanzen ist in den Einzugsgebieten von Glatt und Greifensee daher noch weit vom Zielzustand entfernt.

Handlungsbedarf

Ökomorphologie

- Verbesserung des ökomorphologischen Zustands durch Massnahmen zur Revitalisierung der Fliessgewässer. Sicherstellen des erforderlichen Gewässerraumes zur Gewährleistung des Hochwasserschutzes und zur Erhaltung der Fliessgewässer als Lebensraum.

Abflussverhältnisse

- Die Abflussverhältnisse an der Aa zwischen Pfäffikersee und Greifensee müssen mit einer detaillierteren Untersuchung beurteilt werden, damit die erforderlichen Massnahmen festgelegt werden können.

Wasserqualität

- Umsetzung der Projekte zur Erweiterung und Sanierung von ARA mit ungenügender Reinigungsleistung und Halten des hohen Standes bei den übrigen ARA.
- Standortgerechte landwirtschaftliche Bodennutzung fördern durch entsprechende Landwirtschaftspolitik. Beratung der Landwirte mit dem Ziel, die Nitrat-, Phosphat- und Pestizidbelastung weiter zu reduzieren.
- Festlegen einer schweizweit gültigen Methode zur stoffspezifischen Beurteilung von Pestiziden. Entwicklung und Umsetzung von Massnahmen zur Reduktion des Pestizideintrags in Gewässer.
- Festlegen einer schweizweit gültigen Untersuchungsmethode zur Beurteilung von Schwermetallen in Fliessgewässersedimenten.
- Weiterentwicklung der chemischen Analytik zur Erfassung von Umweltchemikalien, welche in tiefen Konzentrationen im Wasser enthalten sind, heute aber noch nicht erfasst werden können (Mikroverunreinigungen).





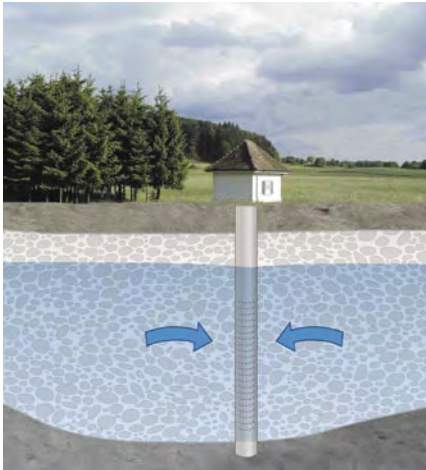
Grundwasser

Bedeutung und Schutz des Grundwassers

Quantitative Grundwasserüberwachung

Qualitative Grundwasserüberwachung

Aktuelle Grundwasserqualität



Grundwasserfassung in einem Schotter-Grundwasserleiter

Die Grundwasservorkommen des Kantons Zürich

Die wichtigsten und ergiebigsten Grundwasservorkommen des Kantons Zürich sind in den grossen Flusstälern von Limmat, Sihl, Glatt, Töss, Eulach, Thur und Rhein anzutreffen. Als Grundwasserleiter wirken in der Regel Schotter, welche im Vorfeld der eiszeitlichen Gletscher durch die Schmelzwässer geschüttet worden sind. Diese gut wasserdurchlässigen, kiesig-sandigen Lockergesteine erreichen in den Talsohlen meist eine grosse Mächtigkeit, was den Bau von Grundwasserfassungen mit hoher Entnahmeleistung erlaubt. Das im Schotter zirkulierende Grundwasser steht häufig in einer engen wechselseitigen Beziehung zu den Oberflächengewässern. Zusätzlich zum versickernden Niederschlagsanteil trägt die Infiltration von Fluss- und Bachwasser daher in vielen Gebieten massgeblich zur Grundwasserneubildung bei.

Neben den verbreitet anzutreffenden Schottervorkommen in den Talsohlen sind in höheren Lagen Relikte älterer Schotter vorhanden. Entlang der an die Erdoberfläche austretenden Schotterbasis tritt häufig Grundwasser in Form von Quellen zu Tage und bildet über dem darunter liegenden Grundwasserstauer oft eigentliche Quellhorizonte. Wegen der beschränkten Grundwassermächtigkeit sind diese Wasservorkommen für die Nutzung mit vertikalen Fassungen hingegen nur selten geeignet.

Rohstoff für unser Trinkwasser

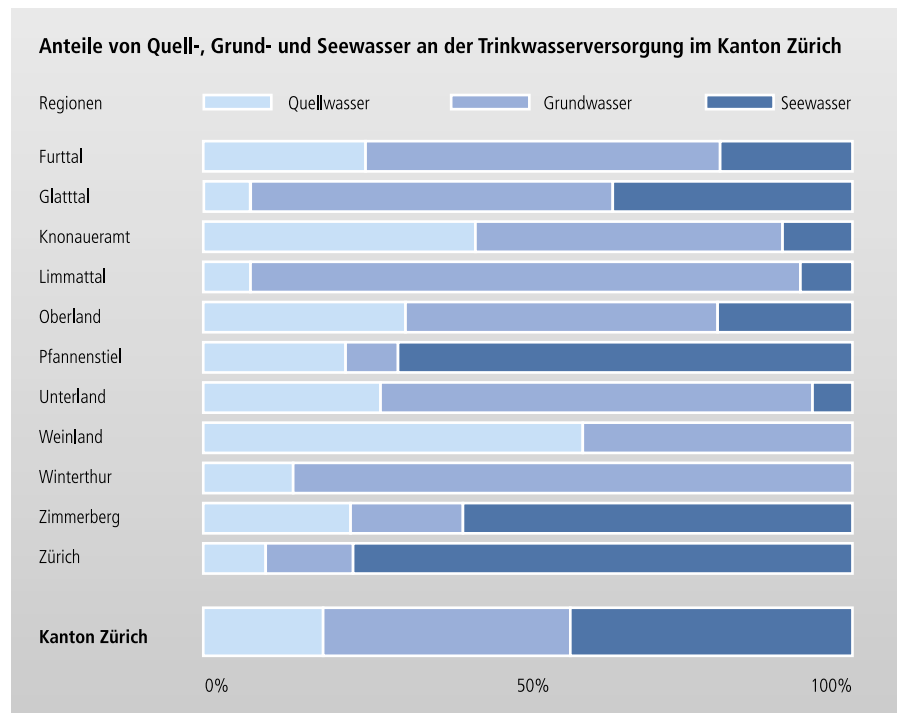
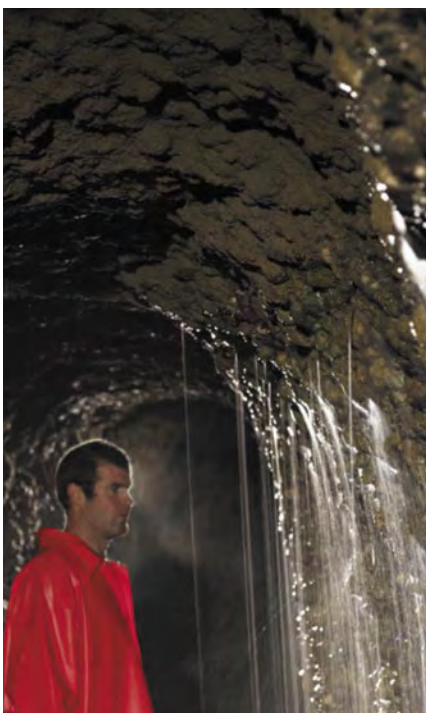
Wasser ist unser wichtigstes Lebensmittel. Die Wassergewinnung zur Versorgung der über 1,2 Millionen Einwohner im Kanton Zürich erfolgt zu 60 % aus unterirdischen Gewässern. Davon stammt rund ein Drittel aus Quellwasservorkommen, die anderen zwei Drittel werden mittels Grundwasserfassungen gewonnen.

In den Regionen Knonaueramt, Limmattal, Unterland, Weinland und Winterthur wird die Trinkwasserversorgung fast ausschliesslich durch Grund- und Quellwasser sichergestellt. In den übrigen Gebieten trägt zusätzlich auch aufbereitetes Wasser aus dem Zürichsee massgeblich zur Deckung des Trinkwasserbedarfs bei. Pro Tag liefern unsere Quell- und Grundwasserfassungen durchschnittlich ca. 250 Millionen Liter Wasser, welches in der Regel in naturnaher Qualität ohne jegliche Aufbereitung als Trinkwasser an die Bevölkerung abgegeben werden kann.

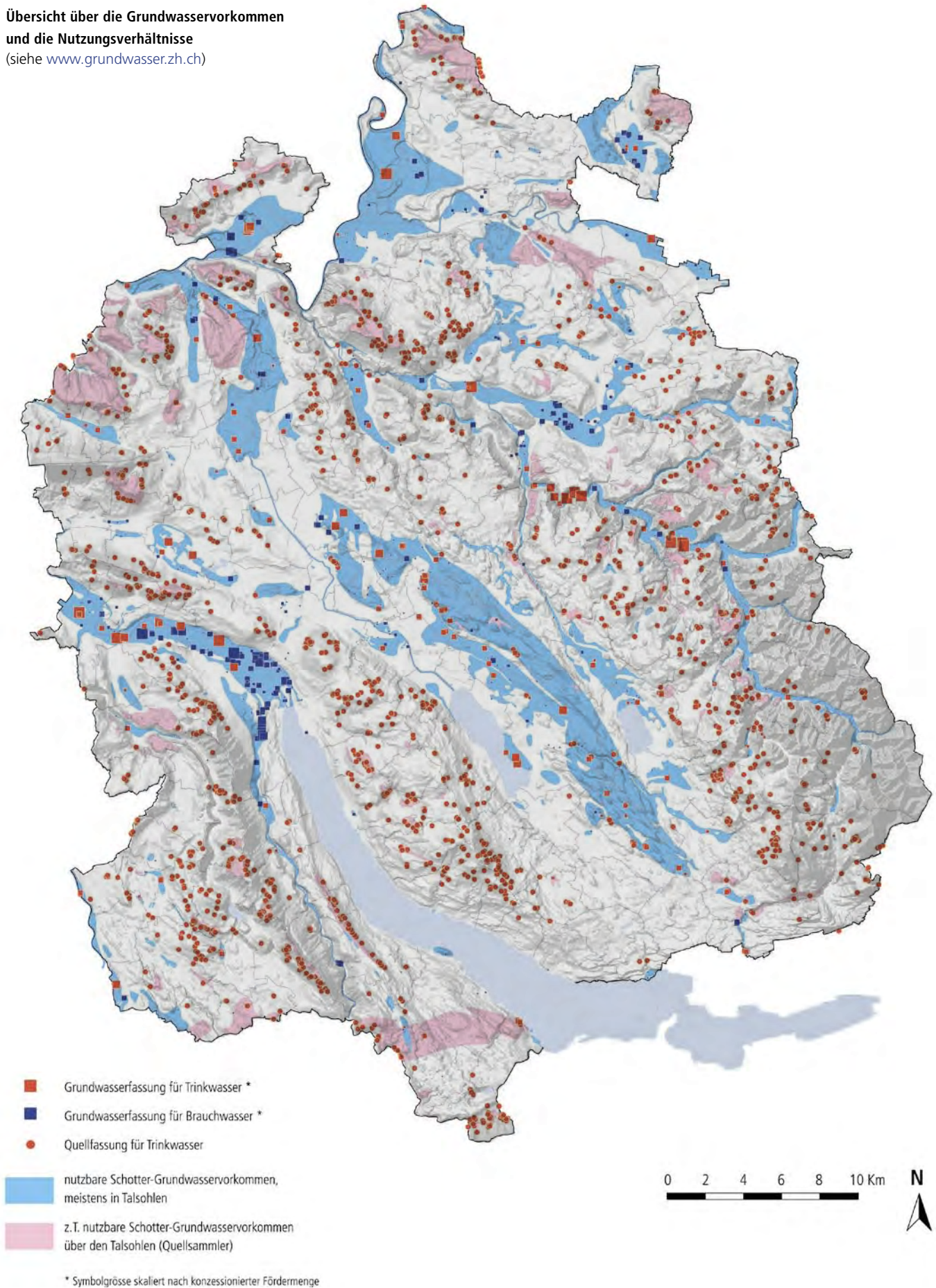


Grundwasser ist Trinkwasser

Stollenfassung Kohlboden, Lorzetal



**Übersicht über die Grundwasservorkommen
und die Nutzungsverhältnisse**
(siehe www.grundwasser.zh.ch)



Gefährdungen

Im dicht besiedelten und intensiv genutzten Gebiet des Kantons Zürich ist das Grundwasser vielfältigen Einflüssen wie z.B. aus Landwirtschaft, Siedlungen, Verkehr und Industrie ausgesetzt. Damit die Wasserversorgungen ihrer Verpflichtung, Trinkwasser in einwandfreier Qualität und in ausreichender Menge bereitzustellen, auch künftig nachkommen können, müssen unsere Grundwasservorkommen vor schädlichen Einflüssen geschützt werden. Nur so kann gewährleistet werden, dass das Wasser auch in Zukunft weitgehend ohne jegliche Aufbereitung und in hoher Qualität in die Versorgungsnetze eingespeist werden kann.

Sicherheit dank langfristiger Messreihen



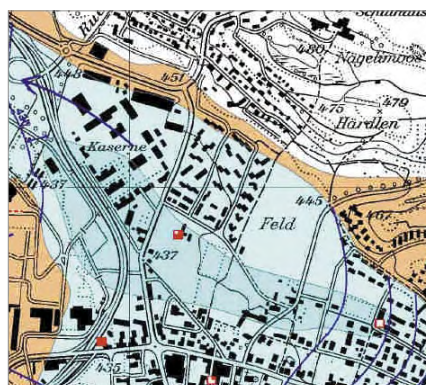
Der intensiven Überwachung und laufenden Kontrolle der vorhandenen Grundwasserquantität und -qualität kommen im Hinblick auf die Beurteilung von möglichen Gefahren und negativen Beeinflussungen infolge anthropogener Tätigkeiten grosse Bedeutung zu. Nur gestützt auf langfristige Messreihen können Schadstoffbelastungen und allfällige negative Entwicklungen rechtzeitig erkannt und die notwendigen Gegenmassnahmen ergriffen werden. Aus diesem Grund betreibt der Kanton Zürich seit vielen Jahren eine systematische Überwachung des Grundwassers sowohl bezüglich Menge als auch Güte.

Grundwasserschutz

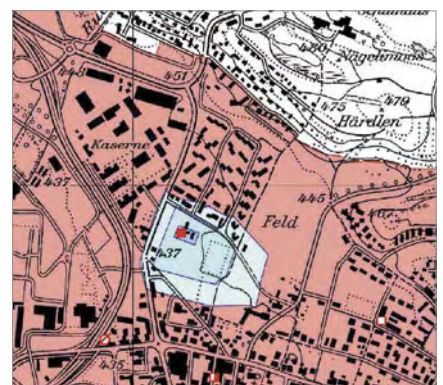


Es ist eine sehr anspruchsvolle Aufgabe, die Wasserressourcen so zu schützen, dass eine einwandfreie Trinkwassergewinnung den heutigen wie auch künftigen Generationen stets möglich ist. Undichte Heizöltanks, die Versickerung von belastetem Abwasser, Bauvorhaben im Grundwasser, Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen, Altlasten, Pflanzenschutzmittel und andere Risiken aus menschlichen Aktivitäten gefährden unser Trinkwasser.

Das entscheidende Instrument zum planerischen Schutz ober- und unterirdischer Gewässer ist die Gewässerschutzkarte. Sie ordnet das Kantonsgebiet verschiedenen Gewässerschutzbereichen zu und definiert für jeden Ort die massgebenden baulichen und betrieblichen Vorkehrungen zum Schutz des Wassers im Sinne des Bundesrechtes. Die Gewässerschutzkarte soll damit den nachhaltigen Schutz der Wasserressourcen und damit die Versorgung der Bevölkerung mit einwandfreiem Trinkwasser sicherstellen. Bei all diesen Massnahmen steht der Präventionsgedanke zum Schutz unseres wichtigsten Lebensmittels im Vordergrund.



Ausschnitt aus der Grundwasserkarte des Kantons Zürich (www.grundwasser.zh.ch)



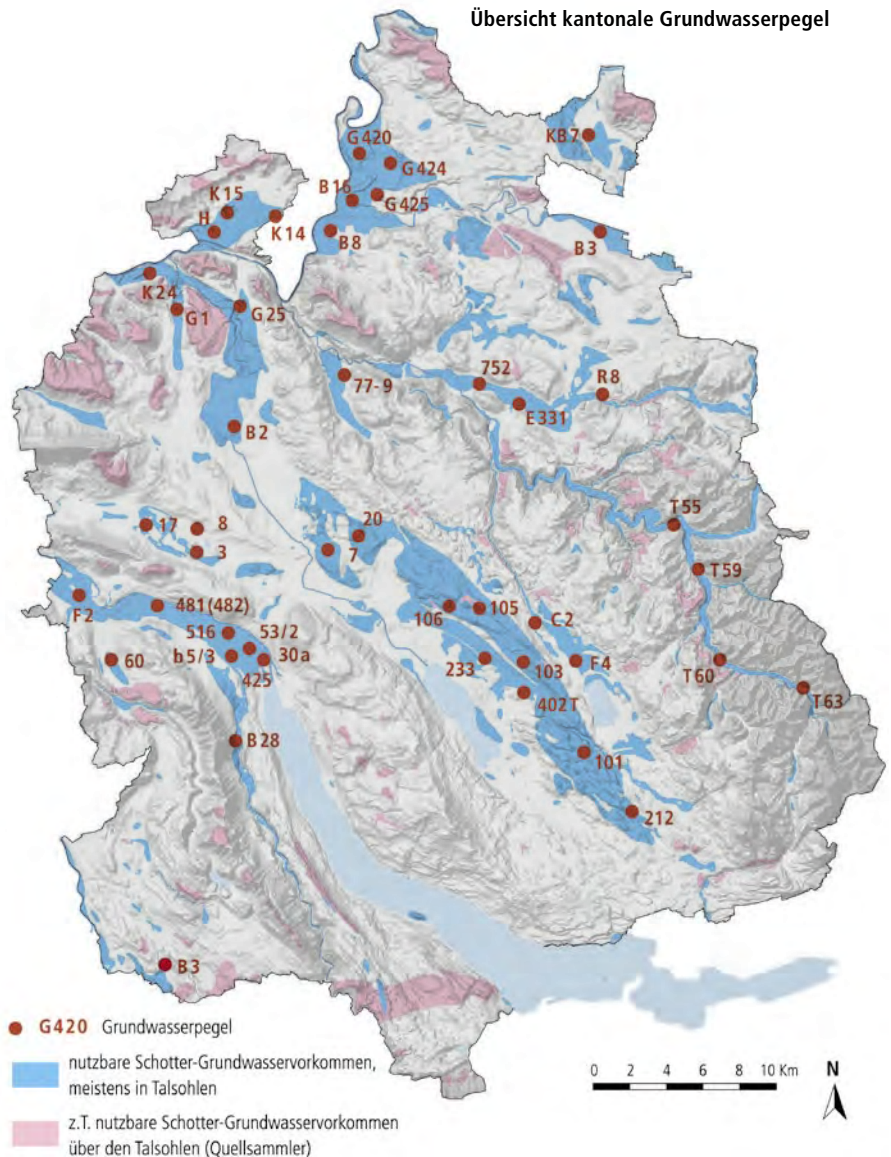
Ausschnitt aus der Gewässerschutzkarte des Kantons Zürich (www.grundwasser.zh.ch)

Messnetz

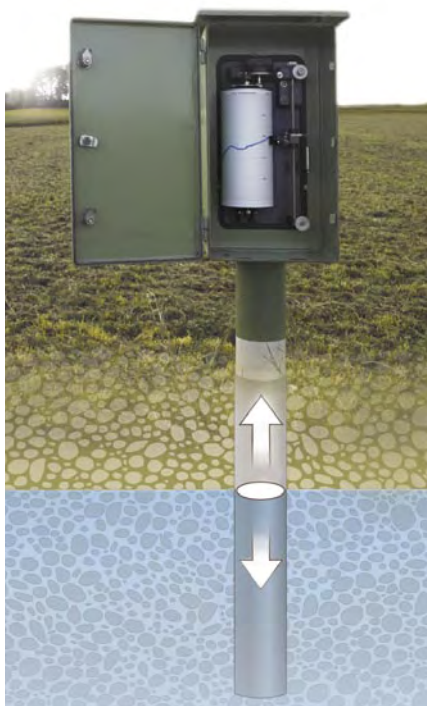
Um über das Grundwasserdargebot im Bild zu sein und diesbezügliche Entwicklungstendenzen frühzeitig erkennen zu können, werden die Grundwasserstände an insgesamt 47 Standorten mit Hilfe kontinuierlich registrierender Pegel gemessen. Dank diesen Messungen sind die langjährigen Schwankungen des Grundwasserspiegels der bedeutenden Grundwasservorkommen im Kanton gut bekannt. Die Daten werden monatlich ausgewertet und jährlich im «Hydrographischen Jahrbuch» zusammengestellt. Auf dem Internet können die Pegelblätter der einzelnen Messstationen mit numerischen Angaben und grafischen Auswertungen der Wasserspiegelmessungen unter www.grundwasser.zh.ch abgerufen werden.

Die kontinuierlichen Grundwasserspiegelmessungen bei den kantonalen Pegelstationen werden durch die von den Besitzern der konzessionierten Grundwasserpumpwerke wöchentlich durchgeführten Wasserstandsmessungen ergänzt. Sämtliche Messdaten werden vom AWEL in einer Datenbank erfasst. Sie bilden eine wichtige Grundlage für eine koordinierte, nachhaltige Nutzung der unterirdischen Gewässer.

Übersicht kantonale Grundwasserpegel



Grundwasser-Pegelschreiber



Messergebnisse und Bewertung

Die natürliche Grundwasserneubildung durch versickernde Niederschläge ist durch einen jahreszeitlichen Rhythmus geprägt. Entsprechend weisen die Grundwasserspiegel wie auch die Quellschüttungen saisonale Schwankungen auf. Grundwasservorkommen mit ausschliesslicher oder überwiegender Speisung durch Niederschläge zeichnen sich durch vergleichsweise grosse Grundwasserspiegelschwankungen aus. Lang anhaltende Trockenperioden mit geringer Grundwasserneubildung können in diesen Gebieten zu einem sukzessiven Absinken des Grundwasserspiegels und damit verbunden zu einem ausgeprägten Grundwasserdefizit bzw. zu Engpässen in der Wasserversorgung führen. Die nachfolgende

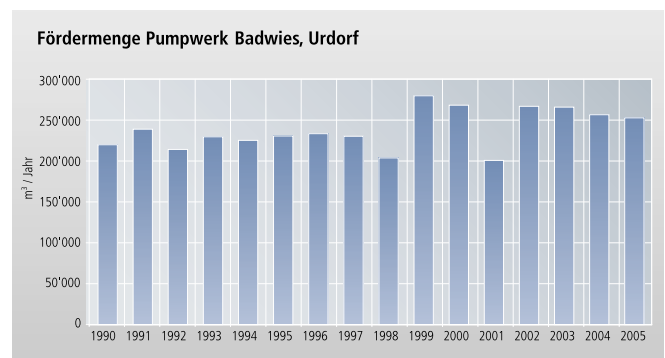
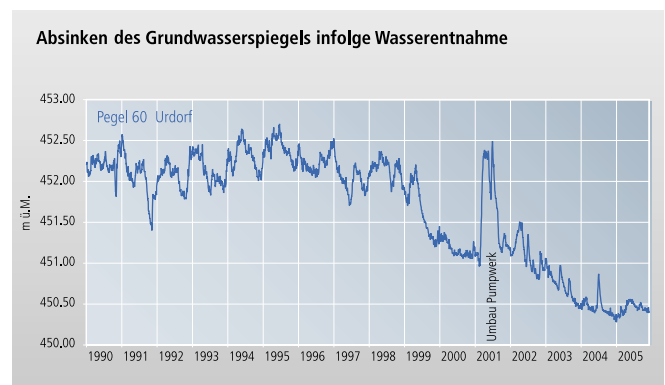
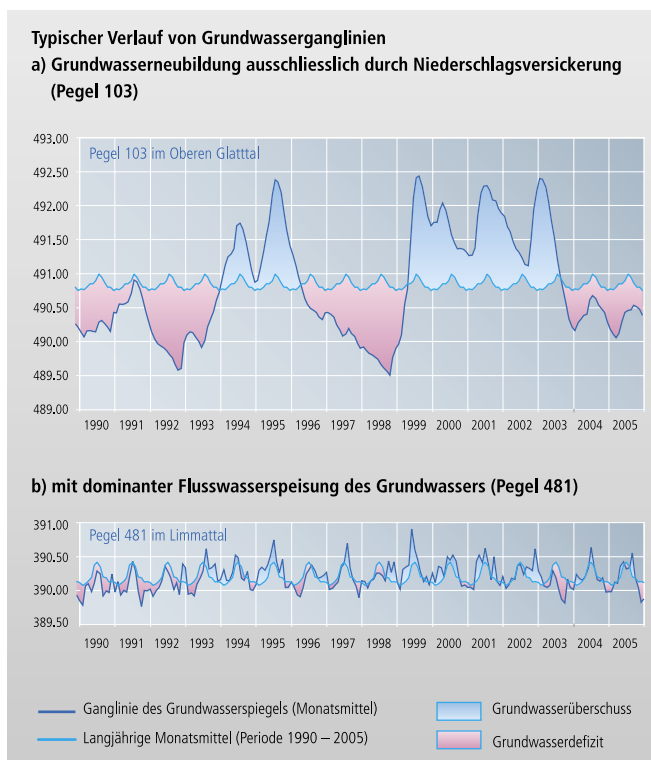
Grafik zeigt am Beispiel der Ganglinie eines Grundwasserpegels im Oberen Glattal (Pegel 103) die Auswirkungen von nassen bzw. trockenen Perioden auf die Schwankungen und die langfristige Entwicklung der Grundwasserstände in einem ausschliesslich durch Niederschlagsversickerung bestimmten Gebiet. Dort, wo die Speisung des Grundwassers überwiegend durch Infiltration aus den Oberflächengewässern erfolgt, werden die Schwankungen des Grundwasserspiegels im Wesentlichen durch das Abflussregime der Oberflächengewässer bestimmt. In Flussgebieten mit höher gelegenen Einzugsgebieten werden die höchsten Grundwasserstände in der Regel im Frühling und Frühsommer nach der Schneeschmelze



Trinkwasserfassung Hardhof, Zürich

und entsprechend hoher Wasserführung der Oberflächengewässer beobachtet. Generell zeichnen sich Grundwasservorkommen mit vorherrschender Flusswasserinfiltration und enger wechselseitiger Beziehung zum Oberflächengewässer durch vergleichsweise geringe Schwankungen des Grundwasserspiegels aus (vgl. Grafik, Pegel 481 im Limmattal). Selbst extreme Trockenperioden wie im Sommer 2003 führen hier zu keinem markanten Absinken des Grundwasserspiegels resp. zu keinem ausgeprägten Grundwasserdefizit.

Falls die aktuelle Grundwasserentnahme die verfügbare Feldergiebigkeit eines Grundwasservorkommens übersteigt, so führt dies zu einem nutzungsbedingten Absinken des Grundwasserspiegels. Solche Übernutzungen treten dank der vorausschauenden Vergabe der Konzessionen allerdings nur sehr selten auf und lassen sich, gestützt auf die langjährigen Messreihen, frühzeitig erkennen und beurteilen. Aktuell liegen lediglich in einem Fall Anzeichen für eine Übernutzung vor. Dieser betrifft den Pegel 60 bzw. die Trinkwasserfassung Badwies (Grundwasserrecht n3-2), welche das Grundwasser aus dem beckenförmigen Urdorfer Grundwasserstrom nutzt. Die Speisung dieses Grundwasservorkommens erfolgt in erster Linie durch versickernde Niederschläge, in bescheidenem Rahmen auch durch versickerndes Bachwasser und durch Randzuflüsse. Die Untersuchungen des festgestellten langfristigen Grundwasserspiegel-Abfalls sind noch nicht ganz abgeschlossen, doch konnten bis jetzt keine anderen Ursachen für das Absinken des Spiegels als die Wasserentnahme für die Trinkwassernutzung ermittelt werden.





Einleitung

Gesetzliche Anforderungen

Die numerischen Anforderungen an Grundwasser, welches als Trinkwasser genutzt wird bzw. für diese Nutzung vorgesehen ist, sind in der «Gewässerschutzverordnung» (GSchV) festgelegt. Werden die vorgegebenen Werte überschritten, müssen die zuständigen Behörden Art, Ausmass und Ursache der Verunreinigung abklären und geeignete Massnahmen zum Schutz des Grundwassers ergreifen (Art. 47 GSchV).

Ergänzend hierzu sind in der «Wegleitung Grundwasserschutz» (BUWAL, 2004) so genannte Indikatorwerte aufgeführt. Eine Überschreitung von Indikatorwerten weist in der Regel auf eine anthropogen bedingte Belastung des Grundwassers hin und gibt Anlass zu Abklärungen über die mögliche Ursache der Wertüberschreitung.

Hinsichtlich der Verwendung des Grundwassers als Trinkwasser sind die «Hygieneverordnung» (HyV) sowie die «Fremd- und Inhaltsstoffverordnung» (FIV) des Bundes massgebend. Die HyV legt die mikrobiologischen Anforderungen für Trinkwasser fest, und in der FIV sind die chemisch-physikalischen Anforderungen an die Trinkwasserqualität bei der Abgabe an die Konsumentinnen und Konsumenten definiert. Bei einer Überschreitung des FIV-Toleranzwertes gilt das Trinkwasser als verunreinigt oder sonst im Wert vermindert, bei einer Überschreitung des FIV-Grenzwertes gilt es als für die Ernährung von Menschen ungeeignet. Für die Kontrolle und Einhaltung der lebensmittelhygienischen Vorschriften

ist das Kantonale Labor Zürich zuständig. Weiter sind im Schweizerischen Lebensmittelbuch (SLMB) Erfahrungswerte für natürliches oder anthropogen wenig beeinflusstes Trinkwasser vorgegeben. Die entsprechenden Werte sind als Qualitätsziele zu verstehen und sind nicht rechtsverbindlich.

Massgebende Einflussfaktoren

Die Grundwasserqualität wird einerseits durch natürliche Faktoren bestimmt, andererseits kann sie durch zivilisatorische Einflüsse beeinträchtigt werden. Ohne detailliert auf Einzelfälle einzutreten, werden nachfolgend einige generelle Angaben zu den qualitativen Verhältnissen des Grundwassers im Kanton Zürich gemacht.

Grundwasservorkommen, welche fast ausschliesslich durch die direkte Versickerung der Niederschläge und nicht oder nur in stark untergeordnetem Mass durch die Infiltration von Bächen und Flüssen gespeist werden, zeichnen sich durch einen hohen Mineralisierungsgrad (hohe Härte



Probenahme im Pumpwerk

als Folge kalkreicher Böden) aus. Fassungen im Infiltrationsbereich grösserer Flüsse wie Limmat, Rhein, Thur oder Töss weisen demgegenüber weniger mineralisiertes, weiches Grundwasser auf. Hier treten oftmals besonders deutliche und von der Abflussmenge abhängige, z. T. jahreszeitliche Schwankungen im Grundwasserchemismus auf.

Anthropogen, d.h. durch menschliche Aktivitäten ins Grundwasser eingebrachte Stoffe wie Chlorid, Nitrat, Sulfat oder Schwermetalle und Kohlenwasserstoffe überlagern die natürlich bedingten hydrochemischen Grundwerte in Abhängigkeit der Aktivitäten im Einzugsgebiet. Bewaldete Einzugsgebiete weisen diesbezüglich deutlich bessere Verhältnisse auf als überbaute oder intensiv landwirtschaftlich genutzte.



Das Trinkwasserlogo des Schweizerischen Gas- und Wasserfachs (SVGW) ist ein Erkennungszeichen für frisches «Hahnenwasser»

Kantonales Beobachtungsnetz

Die Grundwasserqualität wird an rund 100 ausgewählten Messstellen überwacht. Neben einer gleichmässigen Verteilung über alle Grundwassergebiete im Kanton Zürich wurden bei der Messstellenauswahl auch Kriterien wie unterschiedliche Grundwassertypen und Einzugsgebiete berücksichtigt (z. B. Fassungen im Wald, im Landwirtschafts- oder Überbauungsgebiet). Das Überwachungsnetz soll ein repräsentatives Bild über die Grundwasserbeschaffenheit im Kantonsgebiet ermöglichen

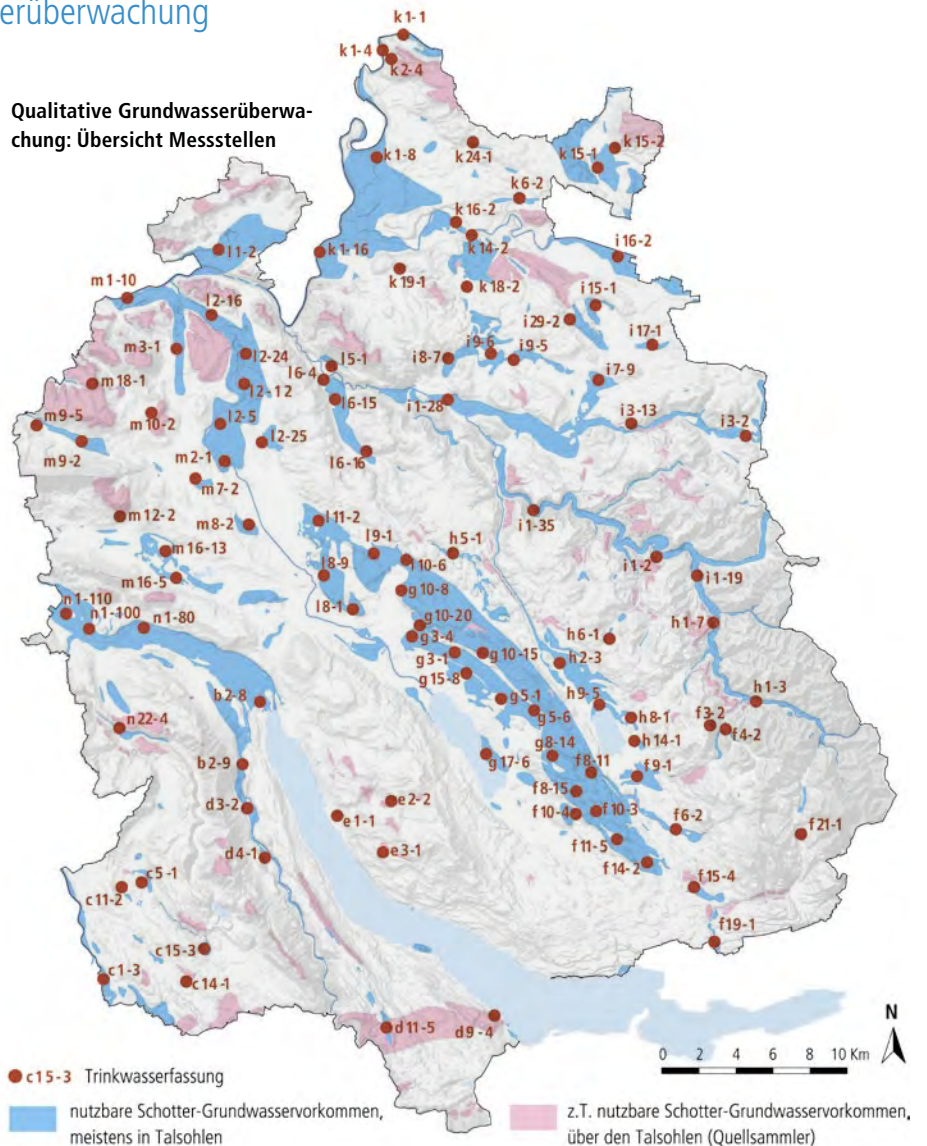
Als Beobachtungsstellen für die qualitative Grundwasserüberwachung dienen ausschliesslich Grund- und Quellwasserfassungen, welche zur Trinkwassergewinnung genutzt werden.

Analytik und Messprogramme

Für das qualitative Grundwassermonitoring werden systematisch periodische Wasseranalysen in den Fassungen des kantonalen Beobachtungsnetzes vorgenommen. Die physikalisch-chemischen und bakteriologischen Analysen werden jeweils alternierend im Herbst und im Frühling durchgeführt.

Die Grundwasserproben werden mit Ausnahme der Analyse von organischen Verbindungen durch das Kantonale Labor Zürich, Bereich Trink- und Badewasser, analysiert. Die Spezialuntersuchungen auf organische Mikroverunreinigungen wie flüchtige organische Verbindungen VOC (FHKW, BTEX, MTBE u.a.), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe PAK und Komplexbildner (EDTA, NTA, DTPA) werden im Gewässerschutzlabor des AWEL durchgeführt (vgl. Seite 102).

Qualitative Grundwasserüberwachung: Übersicht Messstellen



Parameterliste der Grundwasseranalysen
Routineuntersuchungen
PHYSIKALISCHE PARAMETER
Temperatur des Wassers
Leitfähigkeit (20°C)
BAKTERIOLOGIE
Aerobe mesophile Keime pro 1 ml
Escherichia coli
Enterokokken
CHEMISCHE HAUPT- UND NEBENPARAMETER
Gesamthärte
Resthärte
Oxidierbarkeit
Ammonium
Nitrit
Nitrat
Chlorid
Phosphat (als P)
Sulfat
Eisen
Mangan
Freie Kohlensäure
Sauerstoff (gelöst)
Sauerstoffsättigung
FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN (VOC)
Messkampagnen
PESTIZIDE
SCHWERMETALLE
WEITERE ORGANISCHE MIKROVERUNREINIGUNGEN

Spezielle Messkampagnen

Angesichts von zivilisationsbedingten, persistenten Schadstoffen drängen sich neben Untersuchungen der wichtigsten Wasserinhaltsstoffe vermehrt auch Spezialuntersuchungen auf. Das Auftreten und die Verbreitung dieser Problemstoffe im Grundwasser werden durch gezielte Messprogramme untersucht.

So wurden beispielsweise im Zeitraum 1989 bis 1994 sowie nochmals im Jahre 2004 sämtliche Grundwasserproben auf das Vorhandensein der als gesundheits-schädlich geltenden Schwermetalle wie z.B. Cadmium (Cd), Quecksilber (Hg) oder Blei (Pb) untersucht (vgl. Seite 101).

Ein besonderes Augenmerk wird zudem seit vielen Jahren auf die Entwicklung der Nitratkonzentration im Grundwasser gelegt. Aus diesem Grund wurden sämtliche Trinkwasserfassungen mit erhöhten Nitratgehalten einem speziellen Nitratbeobach-

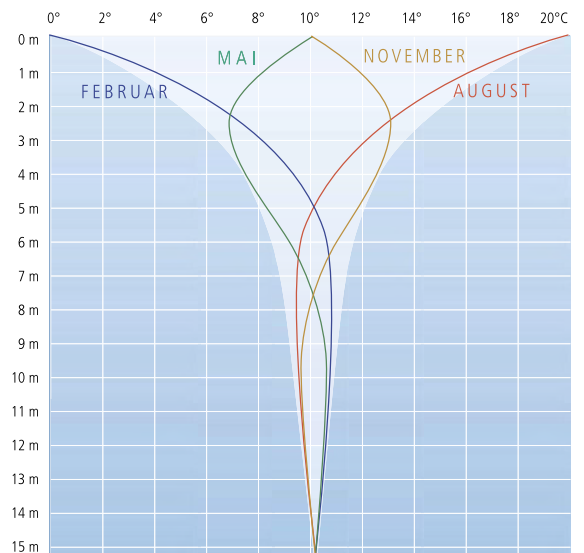
tungsprogramm unterworfen. Dabei handelt es sich teils um Probenahmestellen des kantonalen Grundwasser-Beobachtungsprogramms, teils um zusätzliche Grund- und Quellwasserfassungen. Aktuell werden an rund 100 Messstellen monatlich Wasserproben durch die Fassungseigentümer entnommen und durch das Labor für Boden- und Umweltanalytik (Ibu) in Thun spezifisch auf Nitrat analysiert.

Rückstände von Arzneimitteln, Röntgenkontrastmitteln und hormonaktiven Substanzen sind heute verbreitet im Abwasser nachweisbar und können vereinzelt auch im Grundwasser nachgewiesen werden. Im Rahmen einer breit angelegten Messkampagne im Limmattal wurden im Jahre 2004 das Auftreten und die Ausbreitungspfade dieser Mikroverunreinigungen genauer untersucht (vgl. Seite 104).

Methodik der Datenauswertung

Für die Beurteilung der aktuellen Grundwasserqualität und allfälliger Veränderungen werden die in den vergangenen 5 Jahren erhobenen Analysedaten mit den Werten der Beobachtungsperiode 1991–2000 verglichen. Um der jeweiligen Bedeutung der untersuchten Grund- oder Quellwasserfassung hinsichtlich der Trinkwassergewinnung Rechnung zu tragen, wurden die zugehörigen Förder- resp. Schüttungsmengen der Fassungen mitberücksichtigt. Die Auswertung der Analysedaten erfolgt daher in der Regel gewichtet nach der jeweiligen Konzessionsmenge.

Temperaturverlauf im Boden bzw. im Grundwasser anfangs Februar, Mai, August und November (schematisch)



Grundwassertemperatur

Natürliche Verhältnisse

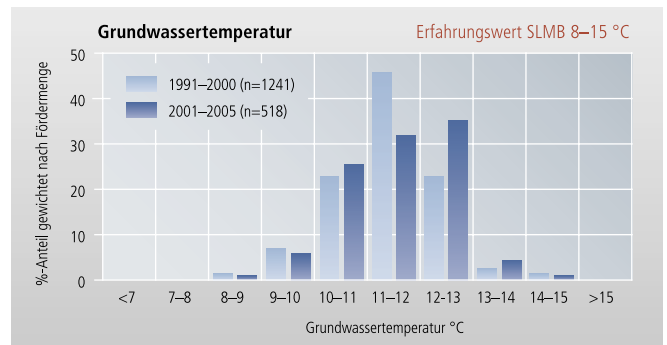
Ab etwa 10 m Tiefe unter der Geländeoberfläche herrschen im Grundwasser weitgehend homotherme Verhältnisse vor. Im Mittelland betragen die natürlichen Grundwassertemperaturen in der Regel etwa zwischen 10 und 12°C und entsprechen damit etwa der Jahresmitteltemperatur der Luft. Die relativ tiefe Wassertemperatur zählt zu den Qualitätsmerkmalen unserer Grund- und Quellwasservorkommen.

Unter dicht überbauten Gebieten ist die Grundwassertemperatur in der Regel anthropogen um 1–3°C erhöht (z.B. durch beheizte Untergeschosse, Abwasseranlagen, Versickerung von erwärmtem Dach- und Platzwasser). Stärkere jahreszeitliche Temperaturschwankungen treten im Nahbereich infiltrierender Oberflächengewässer auf.

Seit einigen Jahren kommt der Grundwassertemperatur eine vermehrte Bedeutung im Zusammenhang mit der Wärmegewinnung aus dem Grundwasser zu. Aufgrund seiner relativ konstanten Temperatur eignet sich Grundwasser ideal für die Nutzung mittels Wärmepumpen. Eine Abkühlung des Grundwassers um höchstens 3°C ist grundsätzlich unproblematisch, so dass entsprechende Anlagen in der Regel bewilligt werden können. Um das Havarierisiko und die Eingriffe in die schützenden Deckschichten zu minimieren, sollen jedoch möglichst nur Grossanlagen mit einer bestimmten Mindestgrösse erstellt werden. Eine Grundwassernutzung zu Kühlzwecken mit Rückgabe von erwärmtem Wasser wird hingegen im Normalfall nicht zugelassen, da eine Temperaturerhöhung des Grundwassers nicht erwünscht ist.

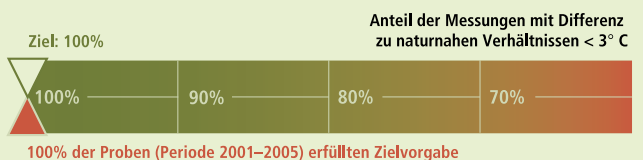
Beurteilung

Die in den Grund- und Quellwasserfassungen gemessenen Grundwassertemperaturen liegen durchwegs im normalen Wertebereich. Tendenziell war das Temperaturmittel der vergangenen 5 Jahre etwas höher als zuvor. Der Grund hierfür dürfte grösstenteils im extrem heissen Sommer 2003 zu suchen sein, welcher vorübergehend zu einer spürbaren Zunahme der Grundwassertemperatur geführt hat.



Handlungsbedarf

Aktuell sind keine grösseren anthropogen bedingten Temperaturveränderungen feststellbar.



Bakteriologische Beschaffenheit

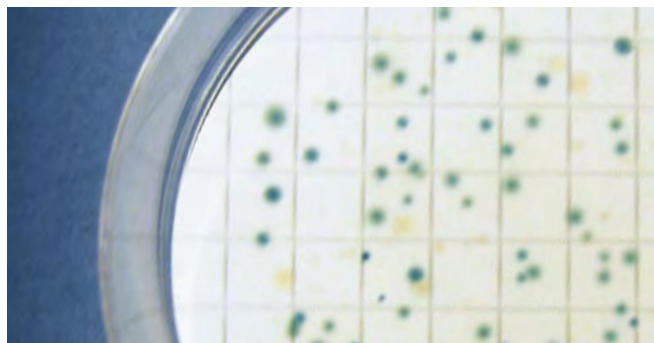
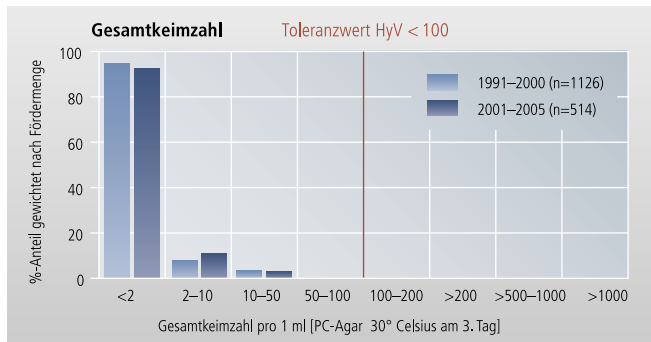
Problem und Verursacher

Für die langfristige Beurteilung der Qualitätsveränderung eines Grundwasservorkommens ist die bakteriologische Beschaffenheit des Grundwassers im Gegensatz zur chemischen von untergeordneter Bedeutung, da die Bakteriologie meist von lokalen Faktoren im Umfeld der Fassungen beeinflusst wird.

Coliforme Keime und Enterokokken (Darmbakterien) dürfen im Trinkwasser nicht vorhanden sein. Die Anzahl der aeroben mesophilen Keime (Gesamtkeimzahl) soll gemäss HyV unter 100 Keimen pro 1 ml Wasser liegen. Erhöhte Gesamtkeimzahlen weisen auf Beeinträchtigungen durch ungenügend filtriertes Oberflächenwasser hin und bedeuten auch ein erhöhtes Potenzial an Krankheitserregern.

Beurteilung

In bakteriologischer Hinsicht gibt die Qualität des als Trinkwasser genutzten Grundwassers nur in einzelnen Fällen zu Beanstandungen Anlass und darf gesamthaft betrachtet als gut bis sehr gut bezeichnet werden. Die Gesamtkeimzahl war lediglich in wenigen Fällen leicht erhöht und nur ganz vereinzelt konnten Coliforme Keime oder Enterokokken nachgewiesen werden.



Darmbakterien vom Typ *Escherichia coli*

Foto: Kantonales Labor Zürich



Quelleinstieg

Gesamthärte

Problem und Verursacher

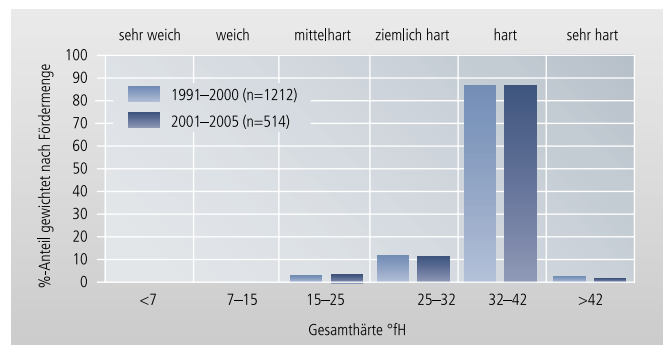
Die Gesamthärte eines Wassers entspricht der Gesamtkonzentration an Erdalkali-Ionen (Härtebildner). Es handelt sich dabei vorwiegend um die Gehalte an Calcium und Magnesium (als Karbonate, Bikarbonate, Sulfate, Nitrate und Chloride). Die Härte wird weitgehend durch natürliche geochemische Prozesse (Kalklösung) bestimmt. Sie kann aber auch durch Verschmutzungen beeinflusst sein. In der Schweiz wird die Gesamthärte in so genannten französischen Härtegraden angegeben ($1^\circ\text{fH} = 10\text{ mg CaCO}_3/\text{l}$).

Weder eine hohe noch eine tiefe Wasserhärte sind für den Menschen schädlich. Allerdings führt eine hohe Wasserhärte zu unerwünschten Kalkausscheidungen im Haushalt, z.B. im Warmwasserboiler, in der Waschmaschine oder beim Kochen.

Beurteilung

Die Grundwässer im Kanton Zürich sind mehrheitlich «hart», mit einer Gesamthärte zwischen 32 und 42°fH . Aus diesem Grund mischen viele Wasserversorgungen nach Möglichkeit «weiches» Seewasser bei.

Die Gesamthärte-Verhältnisse haben sich in den vergangenen Jahren nicht verändert.



Chlorid (Cl)

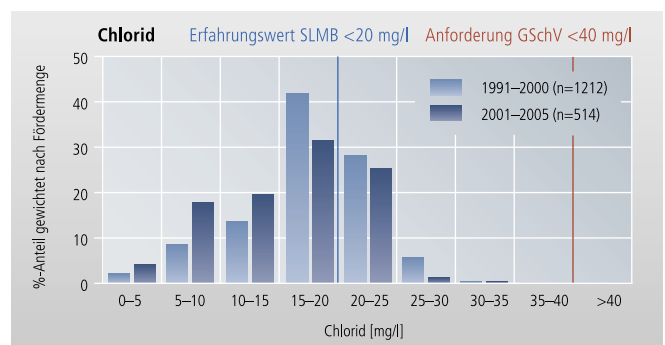
Problem und Verursacher

Die meisten natürlichen Gewässer enthalten im Allgemeinen recht geringe Mengen an Chlorid. Eine Zunahme der Chloridgehalte kann eine Verunreinigung des Grundwassers anzeigen, verursacht beispielsweise durch Infiltration häuslicher oder industrieller Abwässer, durch Deponie-Sickerwässer, durch Schmelzwässer mit Tausalzen oder durch Überdüngung. Gehalte über 80 mg/l können die Korrosion von verzinktem Leitungsmaterial fördern, solche über 200 mg/l machen sich im Geschmack bemerkbar.

Beurteilung

Der Chloridgehalt des geförderten Grundwassers liegt mehrheitlich zwischen 15 und 25 mg/l und damit in einem «normalen» Wertebereich. Im Beobachtungszeitraum 2001–2005 erfüllten lediglich 1.6 % der untersuchten Grundwasserproben die numerischen Anforderungen der GSchV (< 40 mg/l) nicht. Der höchste gemessene Chloridgehalt lag bei 56 mg/l. Betroffen waren einige kleine bis mittlere Fassungen, weshalb in der gewichteten Darstellung diese vereinzelt Überschreitungen des Chlorid-Grenzwertes nicht erkennbar sind (< 0.02 % bezogen auf konzessionierte Entnahmemenge).

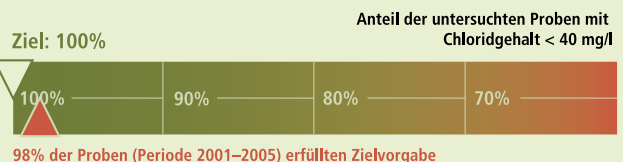
Insgesamt zeigt sich in den vergangenen Jahren eine spürbare Abnahme der Chloridkonzentration im Grundwasser. Diese dürfte im Wesentlichen auf den verminderten Einsatz von Tausalzen im Strassenunterhalt sowie auf eine veränderte Düngepraxis zurückzuführen sein.



Handlungsbedarf

Die Chloridkonzentration liegt allgemein in einem unauffälligen Wertebereich.

Die Ursache für die bei einzelnen Fassungen zeitweise erhöhten Chloridgehalte ist näher abzuklären.



Nitrat (NO₃)

Problem und Verursacher

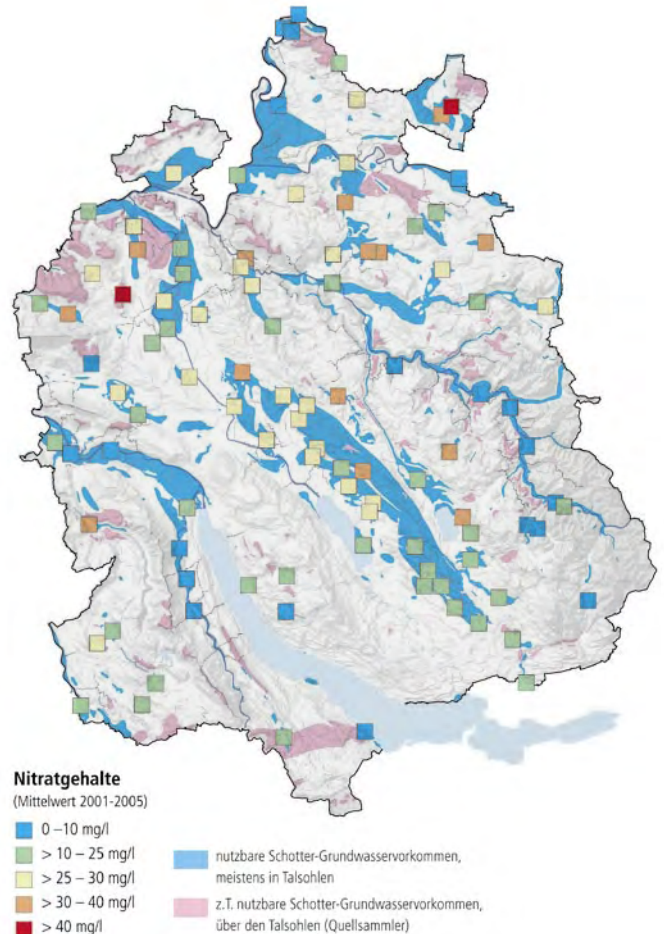
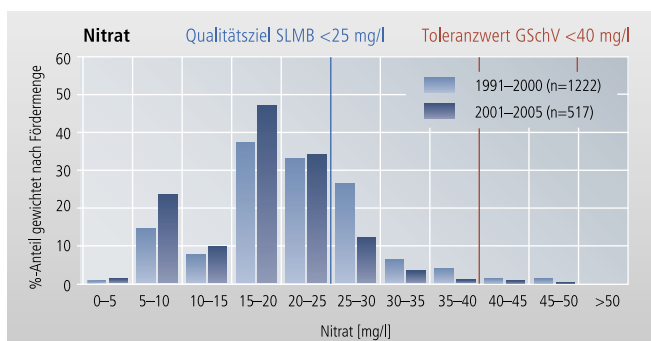
Nitrat ist eine für Pflanzen leicht verfügbare, wasserlösliche Form von Stickstoff. Dieser wird als Gülle, Mist, Kompost oder Mineraldünger ausgebracht und im Boden von Bakterien in Nitrat umgewandelt. Da das im Boden gebildete Nitrat von den Pflanzen nur unvollständig aufgenommen wird, kann das überschüssige Nitrat mit den versickernden Niederschlägen ins Grundwasser gelangen. Erhöhte Nitratgehalte im Grundwasser sind daher in erster Linie auf die Auswaschung landwirtschaftlich intensiv genutzter und gedüngter Ackerböden zurückzuführen.

Die Primärtoxizität von Nitrat ist von geringer Bedeutung. Selbst eine orale Aufnahme grosser Mengen führt lediglich zu Magen- und Darmreizungen. Da Nitrat aber im menschlichen Körper bakteriell zu Nitrit reduziert werden kann, resultiert eine Sekundärtoxizität mit der Gefahr von Methämoglobinämie (Blausucht) bei Säuglingen. Daneben besteht der Verdacht, dass sich das sekundär gebildete Nitrit im Körper mit Aminen umsetzt und dabei Nitrosamine gebildet werden, die krebserregend sein können.

Beurteilung

In den vergangenen Jahren konnte eine deutliche Verbesserung der Nitratsituation im Grundwasser beobachtet werden. Während in der Beobachtungsperiode 1991–2000 lediglich 56 % der untersuchten Grundwasserproben das Qualitätsziel gemäss Schweizerischem Lebensmittelbuch bzw. die Anforderungen der GSchV erfüllten, stieg der Anteil der Wasserproben mit Nitratgehalten < 25 mg/l im Zeitraum 2001–2005 signifikant auf knapp 80 %. Der Grenzwert gemäss FIV bzw. Toleranzwert gemäss GSchV (40 mg/l) konnte nur in wenigen Fassungen nicht eingehalten werden.

Diese deutliche Verbesserung ist im Wesentlichen auf erfolgte Betriebsumstellungen mit einem verstärkten Trend in Richtung einer umweltschonenderen Landwirtschaft (z. B. ökologischer Leistungsnachweis ÖLN, biologische Produktion) zurückzuführen. Zusätzlich hat in der aktuellen Beobachtungsperiode der Jahrhundertssommer 2003 merklich zum Nitratrückgang beigetragen, was aber letztlich nur ein kurzfristiger Effekt ohne Nachhaltigkeit war, kam es doch im Nachgang zu diesem Trockenjahr zu einer teilweise massiven Ausschwemmung der im Boden angehäuften Nitratdepots. Dies hatte dann einen erneuten markanten Anstieg der Nitratwerte in einigen Grundwasserfassungen zur Folge.



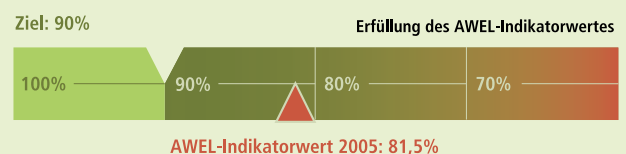
Indikatorwert

Zur Beurteilung der Nitratbelastung hat das AWEL einen Grundwasser-Indikatorwert IGW für Nitrat festgelegt. Dieser Wert berücksichtigt die Nitratgehalte der kantonalen Grundwasserbeobachtungsstellen während der letzten 3 Jahre, gewichtet nach der Grösse des Grundwasservorkommens und der gemessenen Nitratgehalte. Hohe Nitratkonzentrationen (> 30 mg/l) werden bis zu 4-mal höher gewichtet als niedrige Gehalte. Der IGW soll gemäss dem konsolidierten Entwicklungs- und Finanzplan (KEF) des Regierungsrates bis zum Jahre 2020 das Ziel von mindestens 90 % erfüllen. Im Jahr 2000 lag der IGW noch bei tiefen 64,6 %, während 2005 der Indikatorwert immerhin bereits 81,5 % erreichte.

Handlungsbedarf

Die Nitratsituation in überwiegend landwirtschaftlich genutzten Grundwassergebieten ist weiterhin sorgfältig zu überwachen. Gleichzeitig sind die Anstrengungen für einen gezielten Einsatz der Düngemittel und die Extensivierung von Ackerland fortzuführen.

Bei Fassungen mit Nitratgehalten über dem Toleranzwert sind, soweit nicht bereits erfolgt, die Zuströmbereiche Z_u auszuscheiden und Massnahmen zur Nitratreduktion einzuleiten.



Pflanzenschutzmittel (Pestizide)



Problem und Verursacher

Der Einsatz von Pestiziden zum Schutze von Pflanzen und Pflanzenerzeugnissen vor Krankheiten und Schädlingen ist weit verbreitet. Die jährlichen Verkaufsmengen von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in der Schweiz liegen bei rund 1500 Tonnen. Mit ihnen werden vor allem Unkraut oder jeglicher Pflanzenwuchs vernichtet (Herbizide), Pilze (Fungizide) oder Insekten (Insektizide) bekämpft. Die Hauptanwendungen erfolgen in der Landwirtschaft. Daneben werden PSM auch auf Grünflächen, Sportplätzen, entlang von Verkehrswegen und bei Unterhaltsarbeiten ausgebracht.

Ein Teil der über 400 in der Schweiz zugelassenen Wirkstoffe können durch Auswaschungen auch ins Grundwasser gelangen. Gemäss GSchV soll das Grundwasser grundsätzlich keine langlebigen künstlichen Substanzen und somit auch keine PSM enthalten. Aus Vorsorgegründen legt die GSchV einen Anforderungswert von 0.1 µg/l je Einzelstoff für Grundwasser fest, das als Trinkwasser genutzt wird oder dafür vorgesehen ist.

Der Einsatz von PSM in Grundwassergebieten, insbesondere im Nahbereich von belasteten Grundwasserfassungen, ist sorgfältig zu überwachen und bei erhöhter Belastung weiter einzuschränken.

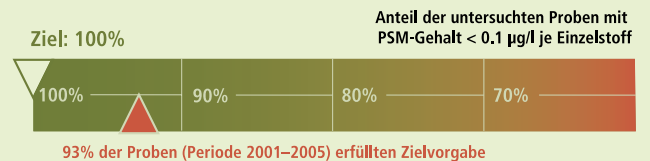
Beurteilung

In den vergangenen Jahren wurde eine Anzahl ausgewählter Grundwasserfassungen des kantonalen Beobachtungsnetzes hinsichtlich PSM untersucht. Dabei konnte in der Mehrheit der untersuchten Wasserproben Atrazin und dessen Abbauprodukt Desethylatrazin in Spuren nachgewiesen werden. In 8 Grundwasserfassungen wurden die numerischen Anforderungen der GSchV von 0.1 µg/l je Einzelstoff nicht eingehalten, wobei die Überschreitungen des Grenzwertes mehrheitlich nur geringfügig waren. Die Maximalkonzentration für Atrazin lag bei 0.3 µg/l. Andere Pestizide sind im Grundwasser vereinzelt in Spurenkonzentrationen unter dem Grenzwert feststellbar.

Insgesamt zeigt sich eine geringe Belastung des Grundwassers mit PSM. Die festgestellten Konzentrationen stellen nach derzeitigem Wissensstand für den Menschen eine vernachlässigbare Gesundheitsgefährdung dar.

Handlungsbedarf

Der Einsatz von PSM in Grundwassergebieten, insbesondere im Nahbereich von belasteten Grundwasserfassungen, ist sorgfältig zu überwachen und bei erhöhter Belastung weiter einzuschränken.



Schwermetalle

Problem und Verursacher

Das Auftreten von Schwermetallen im Grundwasser – wie z. B. Zink (Zn), Cadmium (Cd), Quecksilber (Hg) oder Blei (Pb) – ist fast ausschliesslich auf anthropogene Ursachen zurückzuführen. Mögliche Schadstoffquellen stellen insbesondere ehemalige Deponieauffüllungen mit Industrieabfällen dar.

Daneben treten punktuelle Schwermetallbelastungen in den obersten Bodenschichten auch infolge der Versickerung von Strassen-, Platz- und Dachabwässern auf. Zudem kann das Ausbringen von Klärschlamm auf Acker- und Wiesland zu flächenhaften Belastungen mit Schwermetallen führen. Seit 1. Oktober 2006 ist im Kanton Zürich jedoch die Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft verboten.

In unseren kalkhaltigen Böden werden die Schwermetalle im Ober- und Unterboden grösstenteils zurückgehalten und die Gefahr, dass Schwermetalle durch Auswaschungsprozesse zu erhöhten Belastungen im Grundwasser führen, ist wegen der geringen Mobilität vergleichsweise klein. Diese Feststellung ist umso bedeutender, da bekannt ist, dass bei andauernder Aufnahme auch kleiner Mengen sich Schwermetalle im Körper anreichern und mit der Zeit chronische Schädigungen bewirken können.

Dabei verdrängen Schwermetalle wie z.B. Blei, Cadmium oder Quecksilber lebensnotwendige Spurenelemente, was langfristig zu pathologischen Veränderungen, insbesondere der Nieren, der Knochen, des Blut bildenden Systems oder des Nervensystems, führen kann.

Beurteilung

Die in den Jahren 1989 bis 1994 und erneut 2004 durchgeführten Schwermetall-Screenings haben gezeigt, dass Schwermetalle im Grundwasser nur in Einzelfällen nachweisbar waren. Bei den mehr als 500 untersuchten Wasserproben wurde maximal 10-mal das Qualitätsziel gemäss SLMB knapp überschritten. Überschreitungen von Toleranz- oder Grenzwerten der FIV waren nie zu beanstanden.

Wie die Messergebnisse zeigen, stellen Schwermetalle im Grundwasser aktuell kein Problem dar. Mit angemessenen Beobachtungsmassnahmen gilt es jedoch, allfällige Neuentwicklungen frühzeitig zu erfassen.

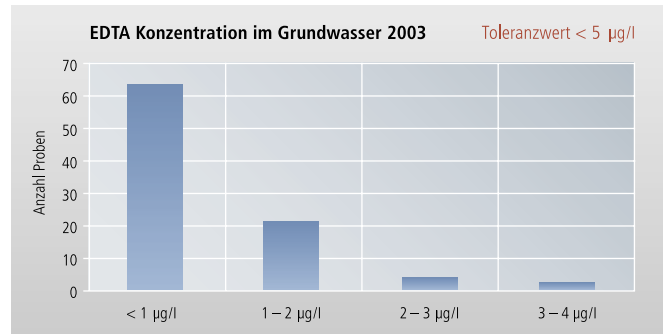
Komplexbildner (EDTA, NTA, DTPA)

Problem und Verursacher

Die Komplexbildner Ethylendiamintetraacetat (EDTA), Nitritoltriacetat (NTA) und Diäthylentriaminpentaacetat (DTPA) werden in der Metallveredelung, der Fotoindustrie sowie der chemischen Industrie eingesetzt. Daneben sind sie Bestandteile von Reinigungs- und Waschmitteln sowie Kosmetika. Die Komplexbildner können über industrielle und häusliche Abwässer bzw. undichte Kanalisationen oder durch Infiltration aus Oberflächengewässern ins Grundwasser eingetragen werden.

Im Gegensatz zu NTA ist EDTA biologisch sehr schlecht abbaubar. Eine besondere Eigenschaft der Komplexbildner besteht darin, dass in ihrer Gegenwart Schwermetalle als wasserlösliche Chelatkomplexe mobilisiert werden können, welche über weite pH-Bereiche stabil sind.

Gemäss FIV gilt ein Toleranz- bzw. Indikatorwert von 5 µg/l für EDTA und von 3 µg/l für NTA. Gleiche Gehaltswerte werden als Indikatorwerte in der «Wegleitung Grundwasserschutz» (BUWAL, 2004) Nitritoltriacetat vorgegeben. Als Grenzwert legt die FIV für die beiden Komplexbildner eine Konzentration von 200 µg/l fest.



Beurteilung

Im Jahre 2003 wurden in einer einmaligen Messkampagne die Beobachtungsstellen des qualitativen Grundwasser-Überwachungsprogramms auf das Vorhandensein der Komplexbildner NTA, EDTA und DTPA untersucht.

Die Laboranalysen zeigten, dass NTA und DTPA im Grundwasser nicht nachweisbar sind (Bestimmungsgrenze 1 µg/l). Hingegen konnte EDTA in 27 der 90 untersuchten Wasserproben nachgewiesen werden. Allerdings wurde in keiner Probe der Toleranzwert von 5 µg/l überschritten. Die höchste gemessene EDTA-Konzentration lag bei 3.8 µg/l.

Aktuell stellen die im Grundwasser feststellbaren Konzentrationen des Komplexbildners EDTA kein Problem dar. Durch Wiederholungsmessungen soll dieser günstige Befund in Zukunft periodisch überprüft resp. bestätigt werden.

Flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (FHKW)

Problem und Verursacher

Zu den flüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen (FHKW) gehören z. B. Dichlormethan (Methylenchlorid), Chloroform, 1.1.1-Trichlorethan, Tetrachlorkohlenstoff, Trichlorethylen, Dibromchlormethan, Tetrachlorethylen (Per) und Bromoform. FHKW werden häufig in der Industrie und im Gewerbe verwendet, z. B. als Lösungsmittel in Farben und in der Metallverarbeitung sowie in chemischen Reinigungen.

Einige FHKW sind krebserregend. Eine langfristige Belastung mit diesen Stoffen kann auch zu physiologischen Schäden führen (z. B. der Nieren und der Leber durch Trichlorethylen).

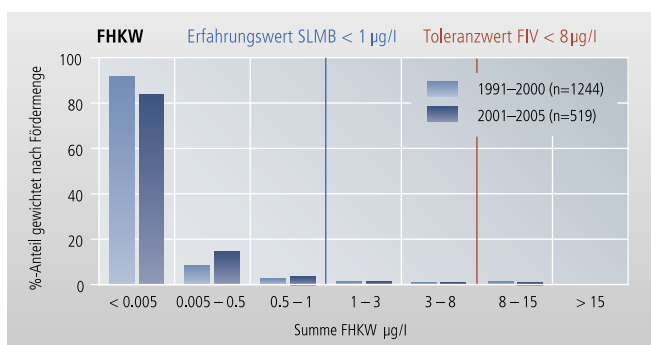
Beurteilung

Der überwiegende Anteil der untersuchten Grundwasserproben weist keine nachweisbaren Belastungen bezüglich FHKW auf. In rund 15 % der beprobten Grundwasserfassungen sind einzelne FHKW-Verbindungen in Spuren vorhanden.

Einige wenige Fassungen weisen FHKW-Gehalte auf, welche das Qualitätsziel gemäss SLMB von 1 µg/l und ganz vereinzelt sogar den Toleranzwert gemäss FIV von 8 µg/l überschreiten. Die Ursache der FHKW-Verschmutzung ist in den meisten Fällen bekannt.

Die Zahl der Grundwasserfassungen mit einer erhöhten FHKW-Gesamtkonzentration (> 1 µg/l) ist in den vergangenen Jahren auf niedrigem Niveau konstant geblieben. Hingegen ist die Anzahl Proben, in denen Spuren von FHKW-Verbindungen nachgewiesen werden konnten, angestiegen.

Die FHKW-Gehalte im Grundwasser werden weiterhin sorgfältig überwacht, damit allfällige Konzentrationsanstiege frühzeitig erkannt und deren Ursache abgeklärt werden können.



Methyl-tertiär-Butyl-Ether (MTBE)



Problem und Verursacher

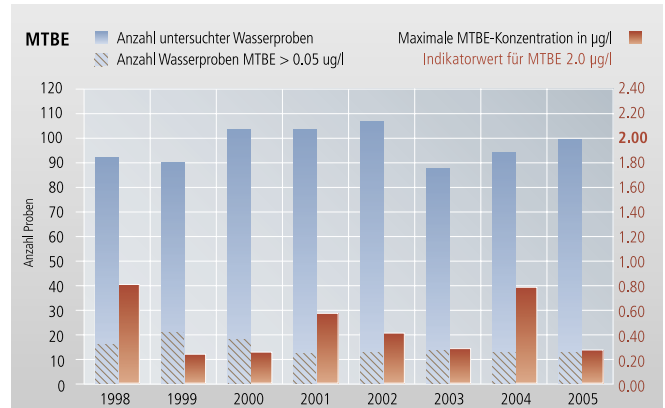
MTBE ist ein Benzin-Additiv, mit welchem der Bleizusatz als Anti-klopfmittel ersetzt wurde. Zur Zeit liegt der jährliche Verbrauch an MTBE in der Schweiz bei fast 100 000 Tonnen. Der Stoff ist hochflüchtig und sehr gut wasserlöslich. MTBE wird im Untergrund praktisch nicht adsorbiert, und der natürliche Abbau ist sehr gering. Er kann durch Unfälle, undichte Tanks oder durch Überfüllen an Tankstellen in die Umwelt resp. in das Grundwasser gelangen und dort über grosse Entfernungen transportiert werden.

Die Toxizität von MTBE ist gering. Nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen im Zusammenhang mit Trinkwasser-Standards in Kalifornien soll die Substanz weder geburtsschädigend noch krebserregend sein. In Konzentrationen ab ca. 3–5 µg/l führt MTBE aber zu einem deutlich wahrnehmbaren «Terpentin»-Geruch, welcher das Wasser für die Verwendung als Trinkwasser unbrauchbar macht.

Gesetzlich vorgeschriebene Toleranz- oder Grenzwerte für MTBE im Grund- oder Trinkwasser gibt es zurzeit in der Schweiz keine. In der «Wegleitung Grundwasserschutz» (BUWAL, 2004) wird für MTBE ein Indikatorwert von 2 µg/l angegeben. Falls dieser Wert im Grundwasser überschritten wird, so sind genauere Abklärungen zur Ursache der erhöhten MTBE-Werte und allenfalls Sanierungsmassnahmen angezeigt.

Beurteilung

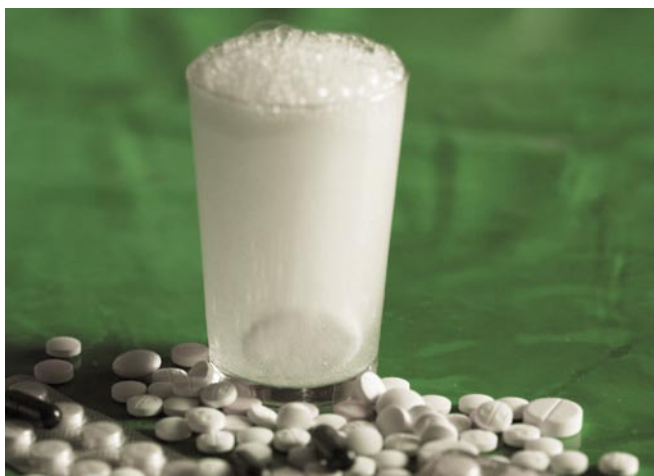
Im Jahr 1998 zeigten die Beprobungen erstmals ein Auftreten von MTBE in 16 Grundwasserfassungen (Nachweisgrenze 0.05 µg/l). Die Maximalkonzentration der rund 90 untersuchten Grundwasserproben lag bei 0.8 µg/l. Seither kann das Benzin-Additiv in einer etwa gleich bleibenden Anzahl Fassungen nachgewiesen werden. Die maximalen Konzentrationswerte schwanken zwischen 0.25 und 0.8 µg/l und liegen damit deutlich unter dem Indikatorwert von 2 µg/l.



Handlungsbedarf

Tendenziell ist weder eine signifikante Zu- noch Abnahme der MTBE-Gehalte im Förderwasser der betroffenen Grundwasserfassungen feststellbar. Die Situation bezüglich MTBE im Grundwasser gibt damit derzeit zu keinen Bedenken Anlass. Sie muss aber weiterhin genau beobachtet werden.

Arzneimittel und weitere Mikroverunreinigungen



Problem und Verursacher

Rückstände von Arzneimitteln, Röntgenkontrastmitteln und hormonaktiven Substanzen sind heute verbreitet im Abwasser nachweisbar. In Ausläufen von Kläranlagen sind in der Regel Schmerzmittel, Betablocker, Lipidsenker, Antiepileptika und Antibiotika im Mikrogramm-Bereich zu finden. Über die gereinigten ARA-Abwässer gelangen diese Stoffe, welche in den ARA nicht oder nur zum Teil eliminiert werden, in die Fliessgewässer und können via Infiltration auch in das Grundwasser eingetragen werden. Dank neuester Analysetechnik lassen sich seit einigen Jahren solche organischen Spurenstoffe auch in geringsten Konzentrationen nachweisen.

Beurteilung

Nachdem im Frühjahr 2004 an einzelnen untersuchten Grundwasserproben des Zürcher Limmattals Röntgenkontrastmittel sowie ein Antibiotikum im Nanogramm-Bereich (milliardstel Gramm) pro Liter gefunden worden waren, wurden das Auftreten und die Ausbreitungspfade der organischen Spurenstoffe in einer breit angelegten Messkampagne im Limmattal untersucht.

Bei den entsprechenden, Ende 2004 durchgeführten Abklärungen konnten im Grundwasser zweier limmatnaher Pumpwerke Spuren des Antibiotikums Sulfamethoxazol und des Röntgenkontrastmittels Amidotrizoessäure nachgewiesen werden. Die gemessenen Konzentrationswerte waren allerdings äusserst gering, so dass negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit nach heutigem Kenntnisstand ausgeschlossen werden können. Zum Vergleich: Ein Mensch, der täglich 2 Liter Grundwasser des untersuchten Pumpwerkes trinkt, müsste dies 115 000 Jahre tun, um eine therapeutische Tagesdosis des nachgewiesenen Antibiotikums aufzunehmen.

Weitergehende Informationen sind in der AWEL-Publikation «Organische Spurenstoffe im Grundwasser des Limmattales» zu finden (www.grundwasser.zh.ch).

Handlungsbedarf

Durch gezielte Einzeluntersuchungen soll das Vorhandensein von Mikroverunreinigungen im Grundwasser weiterhin beobachtet werden. Gleichzeitig werden auch Überlegungen angestellt, wie der Eintrag von organischen Spurenstoffen in die aquatischen Systeme reduziert werden kann.



Glossar

Adsorption: Anlagerung gelöster Stoffe an der Oberfläche fester Körper

aerob: in Gegenwart von Sauerstoff

Akarizid: Wirkstoff zur Bekämpfung von Milben, Zecken oder Spinnen

Ammoniak: NH_3 ; farbloses, stechend riechendes Gas

Ammonium: NH_4^+ ; wichtiger Düngerbestandteil

anaerob: in Abwesenheit von Sauerstoff

Anomalie: Abweichung vom Normalzustand

anorganisch: zum unbelebten Bereich der Natur gehörend

anthropogen: durch den Menschen beeinflusst oder verursacht

ARA: Abwasserreinigungsanlage oder -anlagen

BAFU: Bundesamt für Umwelt

Bakterien: einzellige Kleinstlebewesen ohne Zellkern

Bakterizid: Wirkstoff zur Bekämpfung von Bakterien

Belebtschlamm: entsteht durch Wachstum und Zusammenballung von \rightarrow *Bakterien* und Einzellern bei der biologischen Abwasserreinigung

biochemischer Sauerstoffbedarf: BSB_5 ; Sauerstoffverbrauch während einer Zeitdauer von fünf Tagen für den mikrobiellen Abbau \rightarrow *organischer Substanzen*

Biofilm: auf einer Oberfläche festsitzende \rightarrow *Biomasse*

Biomasse: Gesamtheit in einem bestimmten Raum lebender und toter Organismen

BUWAL: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; heute \rightarrow *BAFU*

Chlorid: Cl^- ; Chlorverbindung (Salz), z. B. Kochsalz

Chlorophyll: grüner Farbstoff der \rightarrow *Produzenten* für die \rightarrow *Photosynthese*

Deformation: durch äusseren Einfluss entstandene Missbildung

Denitrifikation: Umwandlung von \rightarrow *Nitrat* (NO_3^-) über \rightarrow *Nitrit* (NO_2^-) zu elementarem Luft-Stickstoff (N_2) durch \rightarrow *Bakterien* (Denitrifikanten); Prozess zur Elimination von Stickstoff in der Abwasserreinigung

Deposition: trockene oder nasse Ablagerung

Diatomeen: \rightarrow *Kieselalgen*

DI-CH: Kieselalgenindex zur Beurteilung der Wasserqualität gemäss BAFU-Modul Kieselalgen

Drainage: Röhre zur Entwässerung einer landwirtschaftlichen Nutzfläche

Durchlässigkeit: Kapazität von Locker- oder Festgesteinen, Wasser weiterzuleiten; auch Permeabilität oder hydraulische Leitfähigkeit genannt

EAWAG: Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz; Wasserforschungs-Institut der ETH

Eisensulfid: FeS ; Hinweis auf ungenügende Sauerstoffversorgung

Epilimnion: die obere, den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzte und im Sommer erwärmte Wasserschicht eines Sees

Erosion: Abtragung durch Wasser, Eis oder Wind

eutroph: übermässige Biomasseproduktion aufgrund von zu hohem Nährstoffangebot

Extensivierung: Umstellung von landwirtschaftlichen Betrieben auf eine umweltfreundlichere Betriebsform

Fassung: Oberbegriff für \rightarrow *Grundwasserfassungen* (vertikale und horizontale Filterbrunnen) und Quelfassungen

Filterbrunnen: Eine mit vertikalen oder horizontalen Filterrohren ausgestattete Anlage zur Förderung von \rightarrow *Grundwasser*

Faulung: in Abwesenheit von Sauerstoff ablaufender, biologischer Abbau der organischen Substanzen unter Bildung von Faulgas

Fauna: Tierwelt (eines Gebietes)

FIV: Verordnung des EDI über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln vom 26. Juni 1995 (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung)

Flockungsfiltration: Filtration von gereinigtem Abwasser unter Zugabe von Flockungsmitteln

Flora: Pflanzenwelt (eines Gebietes)

Fracht: Gesamtmenge eines Stoffs, welche eine Messstelle passiert

Fungizid: Wirkstoff, der Pilze oder ihre Sporen abtötet oder ihr Wachstum für die Zeit seiner Wirksamkeit verhindert

gelöster organischer Kohlenstoff: DOC (dissolved organic carbon); Messgrösse zur Bestimmung der gelösten organischen Substanzen

Geschiebetrieb: Transport von Kies und Geröll (Geschiebe) durch die Schleppekraft in Fließgewässern

Grundwasser: Wasser, das die natürlichen Hohlräume (Poren, Spalten, Klüfte) im Untergrund zusammenhängend ausfüllt.

Grundwasserfassung: Bauwerk zur Grundwasserentnahme

Grundwasserleiter: Bei höchstmöglicher Lage des \rightarrow *Grundwasserspiegels* gesättigter Bereich einer hydrogeologischen Einheit (Locker- oder Festgestein), welche \rightarrow *Grundwasser* aufnehmen und weiterleiten kann.

Grundwasserneubildung: Entstehung von \rightarrow *Grundwasser* durch Versickerung von Niederschlägen oder Infiltration von Oberflächenwasser

Grundwasserspiegel: an einer Beobachtungsstelle messbarer Grundwasserstand

Grundwasserstauer: Hydrogeologische Einheit, an der sich das \rightarrow *Grundwasser* aufgrund zu geringer Durchlässigkeit staut bzw. entlang derer das \rightarrow *Grundwasser* der Schwerkraft folgend fliesst.

Grundwasservorkommen: In einem \rightarrow *Grundwasserleiter* gespeichertes Wasser. Als nutzbar werden Vorkommen bezeichnet, die von ihrer Mächtigkeit, Durchlässigkeit und Ergiebigkeit her eine Grundwassernutzung zulassen.

GSchG: Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer; Gewässerschutzgesetz

GSchV: Gewässerschutzverordnung

Helophyten: Wasserpflanzen, die im Sediment wurzeln und mit Stängeln weit über die Wasseroberfläche hinaus ragen können (z. B. Schilf)

Herbizid: Chemische Substanzen, welche selektiv oder nicht selektiv (Totalherbizid) wirtschaftlich uninteressante oder störende Begleitkräuter abtötet

heterotrophe Organismen: Lebewesen, die zu ihrer Ernährung auf fremd produzierte, organische Substanzen angewiesen sind.

homogen: gleichmässige Verteilung eines Merkmals über den Betrachtungsraum

Huminstoff: aus Resten abgestorbener Lebewesen im Boden gebildete Substanzen

Hydrologie: Lehre vom Wasser und seinen Erscheinungsformen über, auf und unter der Erdoberfläche. Hauptanwendung ist das Messen und Prognostizieren von Abflüssen.

Hydrometrie: Messung der Abflussmengen an einer Messstelle

Hypolimnion: den atmosphärischen Einflüssen entzogene, ganzjährig kalte Tiefenschicht eines Sees

HyV: Hygieneverordnung des EDI vom 23. November 2005. Die HyV legt unter anderem Grenz- und Toleranzwerte für Mikroorganismen in Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen fest.

Infiltration: Einsickern von Wasser aus oberirdischen Gewässern in den Untergrund

Insektizid: Substanz zur Abtötung von Insekten und deren Entwicklungsstadien

integrale Bewertung: gesamtheitliche Beurteilung (von Gewässern)

Ion: elektrisch geladenes Teilchen

Kieselalgen: Algenklasse mit einer glasartigen Zellwand (Schale) aus Kieselsäure, in der Fachsprache als \rightarrow *Diatomeen* bezeichnet

Klärschlamm: bei der Abwasserreinigung entstehender Schlamm

Kohlendioxid: CO_2 ; Gas, Hauptprodukt jeder Verbrennung

Kohlenstoff: C; chemisches Element, kommt auf der Erde in reiner Form z. B. als Graphit oder Diamant vor

Kolmation: Verdichtung, Verfestigung und Verstopfung der Gewässersohle durch feine Schwebeteilchen

Konzentration: Stoffmenge in einem bestimmten Volumen einer Flüssigkeit. Masseinheit z. B. Milligramm pro Liter [mg/l] oder Mikrogramm pro Liter [$\mu\text{g/l}$].

Leitfähigkeit, elektrolytische: Fähigkeit von salzhaltigen Lösungen, elektrische Ladungen zu übertragen

Lockergestein: Unverfestigtes Gesteinsmaterial (z.B. Sand, Kies)

Makroinvertebraten: mit blossen Auge erkennbare, wirbellose tierische Kleinlebewesen in Fließgewässern

Makrophyten: Moose und höhere Wasserpflanzen der Gewässer

Makrozoobenthos: mit blossen Auge erkennbare, tierische Kleinlebewesen des Gewässergrunds (Benthos)

mesotroph: mittlere Biomassenproduktion

Metalimnion: im Sommer zwischen \rightarrow *Epilimnion* und \rightarrow *Hypolimnion* liegende Wasserschicht eines Sees mit grossem Temperaturgradient (Sprungschicht)

Methan: CH_4 ; farb- und geruchloses, brennbares Gas

Mikroorganismen: Kleinstlebewesen (Bakterien, Pilze, Algen, Ciliaten, ...)

Mikroverunreinigungen: Verschiedene Substanzgruppen (Pestizide, Medikamentenrückstände, Umweltchemikalien), welche im Wasser in geringsten Konzentrationen eine Gefährdung der Lebewesen oder des Trinkwassers darstellen können.

Mineralisierung: vollständiger biologischer Abbau von \rightarrow *organischen Substanzen* in anorganische Bestandteile

Mobile Stoffe: Im Untergrund leicht transportierbare, gelöste Stoffe

Morphologie: Gestaltlehre, die äussere Form betreffend

Nachhaltigkeit: Entwicklung, welche den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.

Niederwasserabfluss: \rightarrow Q_{347} ; Abflussmenge, die während 347 Tagen eines Jahres vorhanden ist oder überschritten wird.

Nitrat: NO_3^- ; Als Stickstoffdünger verwendetes Salz der Salpetersäure

Nitrifikation: Umwandlung von \rightarrow *Ammonium* (NH_4^+) über \rightarrow *Nitrit* (NO_2^-) zu \rightarrow *Nitrat* (NO_3^-) durch \rightarrow *Bakterien* (Nitrifikanten)

Nitrit: NO_2^- ; Salz der salpetrigen Säure

Nitrosamine: eine Gruppe von krebserregenden Stickstoffverbindungen

Oberflächengewässer: stehende Gewässer, Flüsse und Bäche

Ökologie: Lehre von den Wechselbeziehungen zwischen den Lebewesen und ihrer Umwelt

Ökomorphologie: Beurteilung der strukturellen Gegebenheiten im und am Gewässer im Hinblick auf dessen ökologische Funktion als Lebensraum

Ökotoxikologie: Lehre, welche die Auswirkung von \rightarrow *anthropogen* bedingten Stoffen auf

die belebte Umwelt untersucht.

oligotroph: geringe Biomassenproduktion

organische Substanzen: natürliche und synthetische Stoffe aus Kohlenstoffverbindungen

oxidieren: Aufnahme von Sauerstoff bzw. Abgabe von Elektronen

Parameter: kennzeichnende Messgrösse

Pathogene Keime: krankheitserregende Keime

Persistente Stoffe: Stoffe, die nur schwer oder gar nicht abbaubar sind

Pestizid: Zusammenfassende Bezeichnung für chemische Schädlingsbekämpfungsmittel, die lästige oder schädliche Lebewesen töten, vertreiben oder in Keimung, Wachstum oder Vermehrung hemmen.

Pflanzenschutzmittel (PSM): Sammelbegriff für chemische Stoffe, die Organismen (Tiere, Pflanzen, Mikroorganismen, Viren) abtöten bzw. Pflanzen vor Schädlingen schützen oder ein unerwünschtes Pflanzenwachstum verhindern.

Phosphat: PO_4^{3-} ; als Düngemittel und als Wasserenthärter in Reinigungsmitteln eingesetztes Salz der Phosphorsäure

Phosphatfällung: Verfahren zum Entfernen von \rightarrow *Phosphat* aus dem Abwasser durch Beigabe von Fällmitteln (Metallsalze)

Phosphor: P; chemisches Element, kommt auf der Erde nur in Form von Verbindungen vor

Phosphorelimination: Entfernung von im Abwasser gelöstem \rightarrow *Phosphor* durch \rightarrow *Phosphatfällung* und \rightarrow *Flockungsfiltration*

Photosynthese: Aufbau \rightarrow *organischer Substanzen* aus anorganischen unter Lichteinwirkung (\rightarrow *Produzenten*)

pH-Wert: Mass für den Säuregrad einer Lösung

Phytoplankton: Gesamtheit der im Wasser schwebenden pflanzlichen Organismen (Algen)

Population: Gesamtheit aller Individuen einer Art in einem abgrenzbaren Gebiet

Produzenten: Lebewesen, die mit Hilfe von Licht aus anorganischem Material Biomasse aufbauen

Protozoen: tierische Einzeller

Q_{347} : Kenngrösse für den \rightarrow *Niederwasserabfluss* (= Trockenwetterabfluss)

Q_{mittel} : mittlerer Abfluss

Quelle: Ort, an welchem \rightarrow *Grundwasser* in freiem Gefälle an der Erdoberfläche austritt.

Quellhorizont: Reihe von Quellaustritten entlang einem \rightarrow *Grundwasserstauer*

reduzieren: Abgabe von Sauerstoff bzw. Aufnahme von Elektronen

Referenzstelle: vergleichbare Untersuchungsstelle in naturnahem Zustand

Reproduktion: Vermehrung; geschlechtliche Fortpflanzung von Organismen

resistent: widerstandsfähig gegen Krankheit und Gift

Ressourcen: Mittel, welche benötigt wer-

den um eine bestimmte Aufgabe zu lösen (Betriebsmittel, Geldmittel, Boden, Rohstoffe, Energie, Personen).

revitalisieren: überführen eines Fließgewässers in einen naturnäheren Zustand

Salmoniden: Lachse und lachsartige Fische (z. B. Forellen)

Sauerstoff: O_2 ; als farb-, geruch- und geschmackloses Gas zu ca. 21 % in der Luft enthalten

Schotter: Durch Fließgewässer abgelagerte, sandig-kiesige \rightarrow *Lockergesteine*.

Schwebstoffe: im Wasser schwebende kleinste Partikel

Schwefelwasserstoff: H_2S ; übel riechendes Gas (faule Eier)

Schwermetall: Metalle mit einem spezifischen Gewicht von mehr als 4.5 g/cm^3

Sediment: Ablagerung am Gewässergrund

Senke: Ort der Ablagerung eines Stoffs

Sickerwasser: Wasser, das unter Einwirkung der Schwerkraft durch den nicht wassergesättigten Untergrund sickert.

Siedlungsentwässerung: technisches System zur Ableitung von Abwasser (Kanalisation, Regenbecken, Regenüberläufe, Pumpwerke, ...)

SLMB: Schweizerisches Lebensmittelbuch (2005). Das Lebensmittelbuch ist eine amtliche Sammlung von Empfehlungen des Bundesrates, die er teilweise auch als verbindlich erklären kann, wie Lebensmittel, Zusatzstoffe und Gebrauchsgegenstände zu untersuchen und zu beurteilen sind.

Stagnationsphase: temperatur- und dichtege-schichteter Seezustand im Sommerhalbjahr

Stickstoff: N_2 ; als farb-, geruch- und geschmackloses Gas, zu ca. 78 % in der Luft enthalten

submers: untergetaucht, im Wasser treibend

Sulfat: SO_4^{2-} ; Salz der Schwefelsäure

toxisch: giftig

Trinkwasser: Wasser, das natürlich belassen oder nach Aufbereitung dem menschlichen Genuss dient und bezüglich Aussehen, Geruch und Geschmack sowie in mikrobiologischer, chemischer und physikalischer Hinsicht den gesetzlichen Anforderungen entspricht.

Vegetation: Gesamtheit aller Pflanzengesellschaften in einem Gebiet

Zirkulationsphase: vertikale Mischung der Wassermassen im See bis zum Grund (Winter)

Zooplankton: Gesamtheit im Wasser schwebender tierischer Kleinorganismen

Zuströmbereich: Der Zuströmbereich Z_U umfasst das Gebiet, aus dem etwa 90 % des \rightarrow *Grundwassers* stammen, das zu einer \rightarrow *Grundwasserfassung* gelangt (Definition nach GSchV).



**Baudirektion
Kanton Zürich**

AWEL Amt für
Abfall, Wasser, Energie und Luft