



Wasserqualität

Der Indikator zeigt, wie sich die Wasserqualität von Schweizer Steh- und Fließgewässern sowie des Grundwassers in Bezug auf Nährstoffe entwickelt. Die Wasserqualität der Schweizer Gewässer ist heute, von einigen kleineren Fließgewässern im Mittelland abgesehen, gut. Das wirkt sich positiv auf die Gewässerfauna aus, denn saubere Flüsse und Seen sind artenreicher als verschmutzte Gewässer.

Die Grundwasserqualität in Bezug auf Nährstoffe ist im Allgemeinen ebenfalls gut. Die Nitrat-Konzentrationen sind jedoch in den intensiv genutzten Ackerbau- und Siedlungsgebieten oft zu hoch.

Stand: Oktober 2010

Inhalt

Entwicklung in der Schweiz.....	2
Entwicklung im Mittelland.....	6
Zusätzliche Angaben.....	8
Bedeutung für die Biodiversität.....	12
Definition des Indikators.....	13
Methodik.....	13
Weiterführende Informationen.....	15

Im Einzelnen zeigt der Indikator die Entwicklungen von Nitrat und Ortho-Phosphat in Fliessgewässern, von Gesamtphosphor in Seen und Nitrat im Grundwasser auf. Zusätzlich wird die Veränderung der Wassertemperatur bei den Fliessgewässern ausgewiesen. Für die Beurteilung der Gewässerqualität sind auch Wasserentnahmen und Verbauungen von grosser Bedeutung (siehe E11 und E12).

Da bisher vor allem Daten von vollzugsorientierten Messungen vorliegen, sind zurzeit nur Aussagen für die Schweiz und für ausgewählte Beispiele möglich.

Entwicklung in der Schweiz

Die Konzentration von Nitrat und der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB₅) sind in den meisten grossen Flüssen seit den 1980er Jahre gering und gefährden die Wasserqualität nicht. Der BSB₅-Wert gibt an, wieviel Sauerstoff die Bakterien im Wasser innerhalb von fünf Tagen verbrauchen, um organische Substanzen abzubauen. Je höher der Wert, desto stärker ist das Wasser durch organische Stoffe belastet. Die BSB₅-Werte in Schweizer Gewässern sind so niedrig, dass sie oft gar nicht mehr erhoben werden. Auch die Ortho-Phosphat-Konzentrationen sind seit dem Verbot von Phosphat in Textilwaschmitteln stark rückläufig. In einigen kleineren Fliessgewässern im Mittelland sind die Nitrat- und Ortho-Phosphat-Konzentrationen jedoch auch heute noch zu hoch.

Auch die meisten Seen weisen gegenwärtig wieder eine gute Wasserqualität auf. In sehr vielen Schweizer Seen ist die Konzentration des Gesamtphosphors in den letzten zwanzig Jahren zurückgegangen, was unter anderem auf den Ausbau von Abwasserreinigungsanlagen zurückzuführen ist.

Die Wassertemperatur ist in den letzten 30 Jahren in vielen Fliessgewässern im Mittelland gestiegen – sowohl im Winter, als auch im Sommer. Dies stellt manche Wasserbewohner vor Probleme, etwa die Bachforelle.

Die Qualität des Grundwassers blieb seit Beginn der Untersuchungen durch die Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA¹ im Jahr 1997 im Allgemeinen gut. Vor allem in Gebieten mit intensivem Ackerbau sind die Nitrat-Konzentrationen jedoch oft zu hoch.

Fliessgewässer

Die folgende Tabelle zeigt die Nitrat-Konzentrationen an 12 Messstationen der nationalen Daueruntersuchung der schweizerischen Fliessgewässer (NADUF) zwischen 1976 und 2005. Die Konzentration wird in Milligramm Stickstoff pro Liter (mg/l N) angegeben. Von jeweils fünf Jahren wird das 90%-Perzentil angegeben, n = Anzahl Messungen. Die Farben entsprechen der Einstufung nach Modul-Stufen-Konzept Chemie (MSK-Chemie, vgl. Methodik), wobei der Zustand folgendermassen charakterisiert wird: blau «sehr gut», grün «gut», gelb «mässig», orange «unbefriedigend» und rot «schlecht».

¹ Bundesamt für Umwelt 2004: NAQUA – Grundwasserqualität in der Schweiz 2002/2003. Bern. 204 S.

Tab. 1: Nitrat-Konzentrationen an 12 NADUF-Messstationen (1976 – 2005)

Gewässer	Ort	Messperioden					
		1976–1980	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005
		mg/l N (n)	mg/l N (n)	mg/l N (n)	mg/l N (n)	mg/l N (n)	mg/l N (n)
Aare	Hagneck	1,6 (104)	1,6 (52)	1,8 (78)	1,7 (51)	2,1 (25)	1,8 (72)
Aare	Brugg	2,0 (125)	2,3 (128)	2,6 (130)	2,7 (127)	2,5 (124)	2,3 (101)
Glatt	Rheinsfelden	5,9 (106)	7,2 (128)	7,4 (129)	7,8 (128)	6,3 (129)	4,5 (52)
Kl. Emme	Littau-Reussbühl	-	2,1 (74)	2,2 (47)	2,3 (76)	1,6 (25)	1,7 (122)
Reuss	Mellingen	1,1 (129)	-	1,5 (104)	1,6 (78)	1,1 (25)	1,4 (128)
Rhein	Diepoldsau	0,7 (106)	0,8 (128)	0,9 (130)	0,8 (130)	0,8 (130)	0,8 (131)
Rhein	Rekingen	1,6 (127)	1,7 (130)	2,0 (131)	1,8 (129)	1,7 (127)	1,7 (130)
Rhein	Village Neuf/Weil	1,9 (104)	2,0 (129)	2,2 (130)	2,3 (129)	2,0 (130)	1,9 (131)
Rhone	Porte du Scex	0,8 (129)	0,8 (130)	1,0 (129)	0,9 (130)	0,8 (125)	0,8 (126)
Rhone	Chancy	0,5 (69)	0,6 (52)	0,9 (129)	0,9 (131)	0,8 (127)	0,9 (123)
Saane	Gümmenen	-	-	2,0 (103)	1,8 (52)	2,2 (26)	2,1 (50)
Ticino	Riazzino	0,6 (83)	0,6 (50)	1,2 (74)	1,1 (26)	1,1 (76)	1,2 (26)

© BDM (Indikator E13). Datenquelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU). Stand: 2010

Kommentar

- Die Zuordnung der verschiedenen Stoffkonzentrationen zu den Klassen (Farbskala) entspricht jener des Modul-Stufen-Konzepts Chemie (siehe Methodik). Gute und sehr gute Werte (blau und grün) erfüllen die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung.
- Die Nitrat-Konzentrationen liegen seit Jahrzehnten in einem Bereich, der als unbedenklich gelten kann. Einzig in der Glatt bei Rheinsfelden wurden bis Ende der 1990er Jahre noch Konzentrationen über dem gesetzlich festgelegten Anforderungswert von 5,6 Milligramm pro Liter Stickstoff gemessen.
- Der Wert von 1 mg/l N entspricht 4,43 mg/l Nitrat.
- An den folgenden Stationen wurde nicht durchgehend gemessen: Hagneck, Littau, Mellingen, Gümmenen, Riazzino.
- Für folgende Perioden liegen keine Messdaten vor: Kleine Emme 1976–1980, Reuss 1981–85, Saane 1976–80 und 1981–85.
- Es wurden 14-tägige Sammelproben erhoben.

Die folgende Tabelle zeigt die Ortho-Phosphat-Konzentrationen, an 12 Messstationen der nationalen Daueruntersuchung der schweizerischen Fliessgewässer (NADUF) zwischen 1976 und 2005. Die Konzentration wird in Milligramm pro Liter Phosphor (mg/l P) angegeben. Von jeweils fünf Jahren wird das 90%-Perzentil angegeben, n = Anzahl Messungen. Die Farben entsprechen der Einstufung nach MSK-Chemie (vgl. Methodik), wobei der Zustand folgendermassen charakterisiert wird: blau «sehr gut», grün «gut», gelb «mässig», orange «unbefriedigend» und rot «schlecht».

Tab. 2: Ortho-Phosphat-Konzentrationen an 12 NADUF-Messstationen (1976 – 2005)

Gewässer	Ort	Messperioden					
		1976–1980	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005
		mg/l P (n)	mg/l P (n)	mg/l P (n)	mg/l P (n)	mg/l P (n)	mg/l P (n)
Aare	Hagneck	0,04 (103)	0,03 (52)	0,02 (72)	0,02 (51)	0,02 (25)	0,01 (72)
Aare	Brugg	0,15 (124)	0,11 (125)	0,08 (124)	0,05 (127)	0,03 (124)	0,03 (100)
Glatt	Rheinsfelden	1,38 (105)	1,0 (125)	0,41 (125)	0,13 (130)	0,13 (130)	0,08 (52)
Kl. Emme	Littau-Reussbühl	-	0,08 (75)	0,07 (47)	0,04 (76)	0,03 (25)	0,03 (123)
Reuss	Mellingen	0,1 (128)	-	0,06 (98)	0,05 (78)	0,01 (25)	0,02 (128)
Rhein	Diepoldsau	0,03 (105)	0,02 (130)	0,01 (124)	0,01 (130)	0,01 (130)	0,01 (130)
Rhein	Rekingen	0,12 (126)	0,09 (130)	0,06 (125)	0,04 (129)	0,02 (128)	0,02 (128)
Rhein	Village Neuf/Weil	0,16 (103)	0,14 (129)	0,09 (124)	0,06 (129)	0,03 (130)	0,03 (131)
Rhone	Porte du Scex	0,05 (128)	0,03 (130)	0,02 (123)	0,02 (130)	0,02 (124)	0,01 (126)
Rhone	Chancy	0,06 (68)	0,08 (52)	0,08 (123)	0,06 (131)	0,05 (126)	0,04 (124)
Saane	Gümmenen	-	-	0,03 (97)	0,02 (52)	0,02 (26)	0,01 (50)
Ticino	Riazzino	0,01 (82)	0,02 (50)	0,02 (67)	0,02 (26)	0,02 (76)	0,01 (26)

© BDM (Indikator E13). Datenquelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU). Stand: 2010

Kommentar

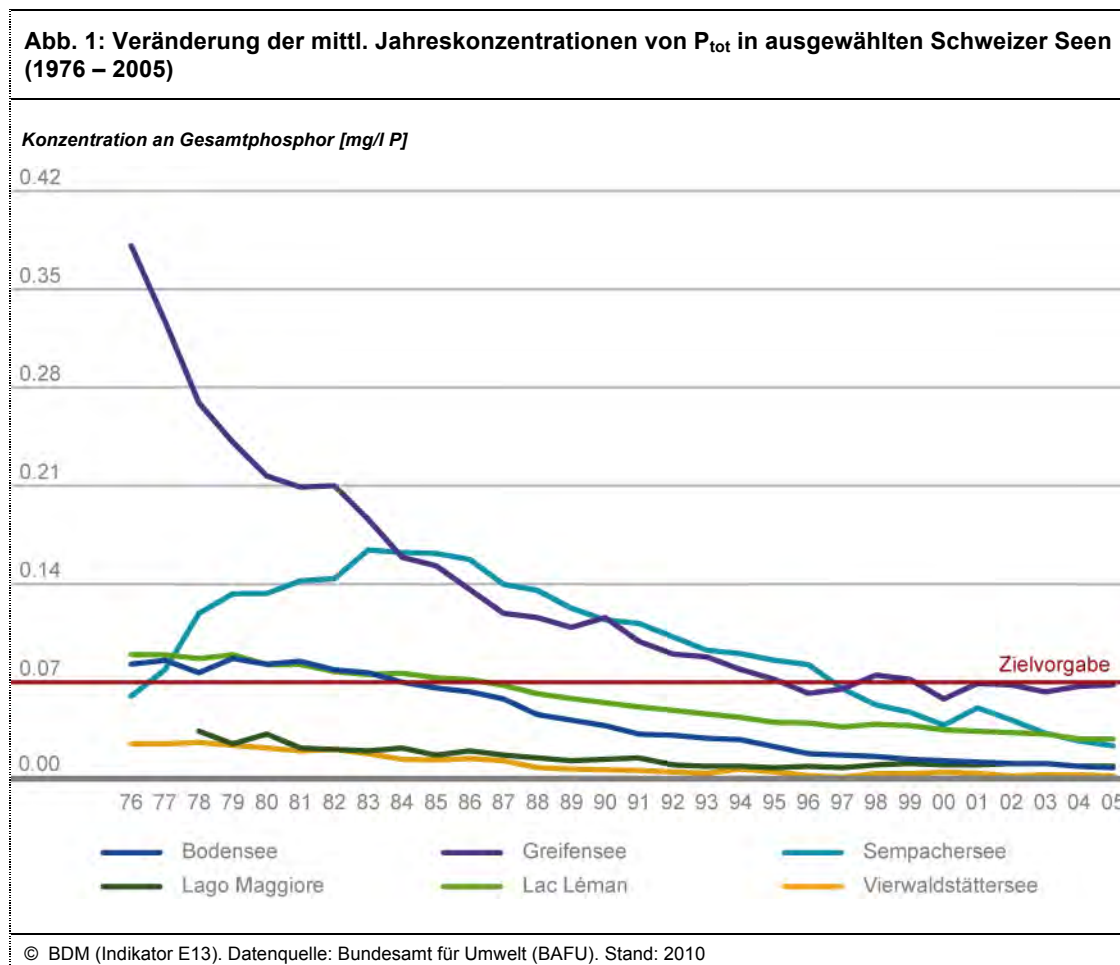
- Die Zuordnung der verschiedenen Stoffkonzentrationen zu den Klassen (Farbskala) entspricht jener des Modul-Stufen-Konzepts Chemie. Gute und sehr gute Werte (blau und grün) erfüllen die Zielvorgabe. Für die Klasseneinteilung siehe Methodik.
- Die Phosphat-Konzentrationen (PO_4^-) sind heute meist unbedenklich. Das Verbot von Phosphaten in Textilwaschmitteln, das seit 1986 in Kraft ist, führte zu einem deutlichen Rückgang der Phosphat-Konzentrationen.
- Messstation Porte du Scex: Seit dem Jahr 2000 fallen etliche Messwerte für Ortho-Phosphat unter die Bestimmungsgrenze. Diese Messwerte wurden mit Werten ersetzt, die dem halbierten unteren Bestimmungsgrenzwert entsprechen.
- An den folgenden Stationen wurden nicht durchgehend gemessen: Littau, Gümmenen, Hagneck, Mellingen, Riazzino.
- Für folgende Perioden liegen keine Messdaten vor: Kleine Emme 1976–80, Reuss 1981–85, Saane 1976–80 und 1981–85.
- Es wurden 14-tägige Sammelproben erhoben.

Seen

Bis zu Beginn der 1980er Jahre waren die Gesamtphosphor-Werte (P_{tot}) in einigen Seen noch weit über der heutigen Zielvorgabe (MSK-Chemie). Heute ist die Wasserqualität in den meisten Schweizer Seen in Bezug auf Phosphor wieder gut. Die Anforderungen gemäss Modul-Stufen-Konzept Chemie bezüglich der Gesamt-Phosphor-Konzentrationen werden jedoch noch nicht überall eingehalten. Vor allem in Seen in

dicht besiedelten Regionen oder in solchen mit grossen landwirtschaftlichen Einzugsgebieten wie dem Zugersee oder dem Greifensee werden die angestrebten Werte zum Teil auch heute noch überschritten.

Die Abbildung zeigt, wie sich die mittlere Gesamtphosphor-Konzentration in ausgewählten Schweizer Seen zwischen 1976 und 2005 entwickelt hat. Dargestellt sind die Mittelwerte in Milligramm pro Liter Phosphor (mg/l P).



Kommentar

- Die Gesamtphosphor-Konzentration ist in den letzten zwanzig Jahren in sehr vielen Schweizer Seen zurückgegangen. Dies ist auf den Ausbau von Abwasserreinigungsanlagen und das Verbot von Phosphat in Waschmitteln (1986) zurückzuführen.
- Für den Lago Maggiore fehlen für die Jahre 1976 und 1977 Messdaten zur Gesamtphosphor-Konzentration.
- Die Gesamtphosphor-Konzentration wird während der Frühjahrszirkulation gemessen, wenn der Wasserkörper der Seen vollständig durchmischt ist.
- Ausgewiesen sind die Phosphor-Konzentrationen von unfiltrierten Wasserproben (Rohwasser).
- Heute sind nur noch kleinere Seen mit grossen landwirtschaftlichen Einzugsgebieten von erhöhten Gesamtphosphor-Konzentrationen betroffen, so zum Beispiel der Greifensee.
- Ausgewertet wurden Proben aus Seen, für die möglichst vollständige Messreihen vorliegen.

Grundwasser

Die Daten zum Grundwasser stammen von der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA. Das NAQUA-Messnetz umfasst knapp 550 Messstellen, welche repräsentativ über die ganze Schweiz verteilt sind.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die prozentualen Anteile an Messstellen je Kategorie von 2002 bis 2009. Die Messstellen wurden aufgrund der dort maximal gemessenen Nitrat-Konzentrationen einer Kategorie zugeteilt. Die Klassierung erfolgt entsprechend BAFU (2009).

Nitrat-Konzentration [mg/L]	Prozentualer Anteil an Messstellen je Klasse							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
≤ 10	40	39	38	44	36	39	47	47
10–25	42	42	42	37	39	40	37	36
25–40	15	16	14	15	19	17	13	14
> 40	3	4	5	4	6	5	4	3
Anzahl Messstellen	448	445	456	526	469	482	526	531

© BDM (Indikator E13). Datenquelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU). Stand: 2010

Kommentar

- Die Zuordnung der Nitrat-Konzentrationen zu den Klassen basiert auf BAFU (2009).
- Die knapp 550 Messstellen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA sind repräsentativ über die ganze Schweiz verteilt. Die Messstellen werden ein- bis viermal pro Jahr beprobt.
- Etwas mehr als 80 Prozent der Messstellen werden hinsichtlich Nitratgehalt als gut eingestuft. Die Nitrat-Konzentrationen im Grundwasser sind von 2003 bis 2006 leicht gestiegen. Anschliessend war wieder ein leichter Rückgang zu verzeichnen.
- Gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) gilt für Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird oder werden soll, ein gesetzlicher Anforderungswert von 25 mg/l Nitrat. Der Toleranzwert für Trinkwasser liegt gemäss der Verordnung des EDI vom 26. Juni 1995 über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV) bei 40 Milligramm Nitrat pro Liter (mg/l Nitrat). Der Anforderungswert der GSchV wird an rund 20 Prozent der Messstellen überschritten.
- Die minimale Abweichung von ±1% auf den totalen prozentualen Anteil von 100% in den Jahren 2003, 2004, 2007 und 2008 sind auf Rundungsdifferenzen zurückzuführen.

Entwicklung im Mittelland

Nebst den Messstationen der nationalen Daueruntersuchung der schweizerischen Fliessgewässer (NADUF) gibt es eine Vielzahl kantonaler Messstellen an Fliessgewässern. Die meisten Messungen – sowohl die kantonalen, als auch jene der NADUF – sind jedoch «vollzugsorientiert». Regelmässige Messungen über Jahre hinweg sind daher selten.

Die folgende Tabelle zeigt die Ammonium-, Nitrat-, und Ortho-Phosphat-Konzentrationen in Fliessgewässern im Mittelland zwischen 1986 und 2005. Von jeweils fünf Jahren werden an jeder Station

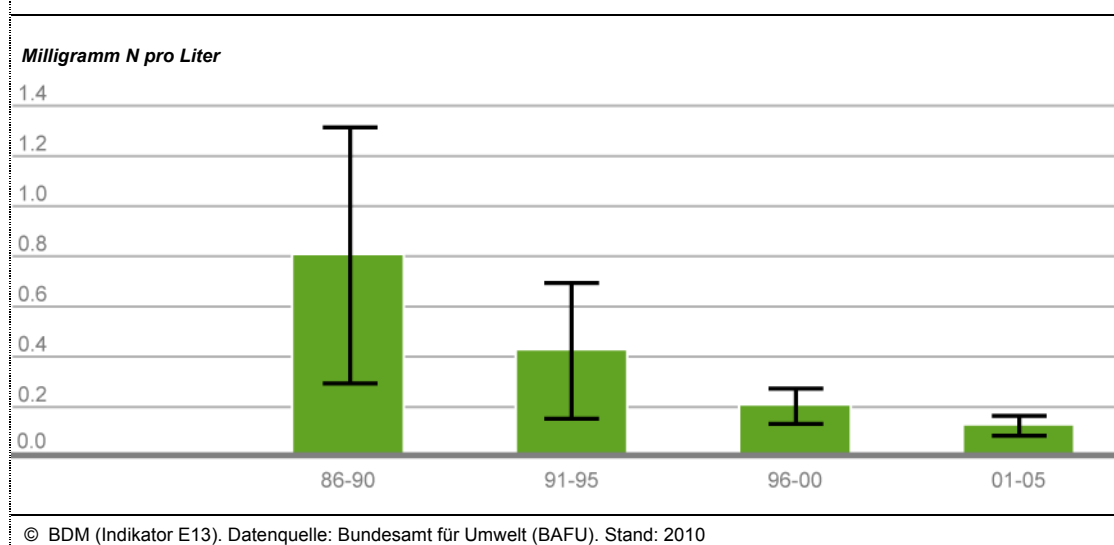
die 90%-Perzentile berechnet. Angegeben sind Mittelwerte und 95 Prozent Vertrauensbereich von 57 Messstationen.

Tab. 4: Ammonium-, Nitrat-, und Ortho-Phosphat-Konzentrationen in Fließgewässern im Mittelland (1986 – 2005)

	Messperioden			
	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005
Ammonium (mg/l N)	0,81 (0,30–1,33)	0,43 (0,17–0,70)	0,21 (0,14–0,28)	0,13 (0,10–0,17)
Nitrat (mg/l N)	5,0 (4,3–5,8)	4,9 (4,1–5,7)	4,3 (3,7–5,0)	4,0 (3,5–4,6)
Ortho-Phosphat (mg/l P)	0,16 (0,12–0,20)	0,13 (0,09–0,17)	0,09 (0,06–0,12)	0,07 (0,05–0,09)

© BDM (Indikator E13). Datenquelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU). Stand: 2010

Abb. 2: Entwicklung der mittleren Ammoniumkonzentration im Mittelland anhand der durchschnittlichen 90%-Perzentile aufgeteilt in 5-Jahres Perioden (1986 – 2005)



Kommentar

- Die mittlere Ammonium-Konzentration lag zu Beginn der Messreihe und bis Mitte der 1990er Jahre noch über dem gesetzlich festgelegten Anforderungswert von 0,4 Milligramm pro Liter Stickstoff.
- Die mittlere Nitrat-Konzentration lag zwischen 1986 und 2005 unter dem in der Gewässerschutzverordnung festgelegten Anforderungswert von 5.6 mg/l Stickstoff.
- Die mittlere Phosphat-Konzentration lag zwischen 1986 und 2005 über dem gemäss MSK-Chemie festgelegten Anforderungswert und wird als unbefriedigend bis schlecht beurteilt.
- Die Wasserproben werden in vielen Fällen vollzugsorientiert erhoben, wodurch sich sowohl örtliche wie auch zeitliche Unterschiede bei der Probeentnahme ergeben. Aus diesem Grund sind Art und Häufigkeiten der Erhebungen in der Regel von Kanton zu Kanton sehr unterschiedlich. Den Fließgewässern werden pro Jahr 4, 12 oder mehr Proben entnommen, oder es werden 12 bis 365 24-Stunden-Sammelproben erhoben.

- Das BDM berücksichtigt nicht alle Messstationen, die im hydrologischen Atlas aufgeführt sind, sondern konzentriert sich im Mittelland auf jene 57 kantonalen Messstellen, für welche vollständige Messreihen zu den Parametern Ammonium, Nitrat und Phosphat vorliegen.

Zusätzliche Angaben

Biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB₅)

Der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB₅) ist eine Messgrösse für die Verschmutzung mit biologisch abbaubaren Substanzen. Heutzutage ist diese Art der Verschmutzung in den allermeisten Schweizer Fließgewässern unproblematisch, so dass der BSB₅ an den meisten Messstellen nicht mehr erhoben wird. An einigen kleineren Problemgewässern im Mittelland wie dem Furtbach in den Kantonen Zürich und Aargau wird die BSB₅-Konzentration allerdings auch heute noch durchgehend ermittelt.

Die folgende Tabelle zeigt den biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB₅), sowie Nitrat- und Ortho-Phosphat-Konzentrationen in Milligramm pro Liter im Furtbach zwischen 1990 und 2009. Die Farben entsprechen der Einstufung nach MSK-Chemie (vgl. Methodik), wobei der Zustand folgendermassen charakterisiert wird: blau «sehr gut», grüne «gut», gelb «mässig», orange «unbefriedigend» und rot «schlecht». Gute und sehr gute Werte erfüllen die Anforderungswerte der Gewässerschutzverordnung.

Tab. 5: Der biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅), sowie Nitrat- und Ortho-Phosphat-Konzentrationen im Furtbach (1990 – 2009).										
Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
BSB ₅ (mg/l O ₂)	7,2	6,0	7,9	8,3	4,5	2,5	3,1	1,9	2,7	3,2
Nitrat	11,0	12,0	12,6	11,5	10,1	9,1	9,4	11,1	10,2	8,7
Ortho-Phosphat	0,41	0,54	0,44	0,30	0,32	0,10	0,10	0,12	0,14	0,08
Jahr	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BSB ₅ (mg/l O ₂)	1,9	2,0	2,2	2,9	2,6	2,3	1,7	3,4	1,8	3,2
Nitrat	8,6	7,7	9,1	12,2	10,7	10,4	10,6	9,7	8,6	10,1
Ortho-Phosphat	0,09	0,07	0,09	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12	0,10	0,14

© BDM (Indikator E13). Datenquelle: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abteilung Gewässerschutz, Oberflächengewässerschutz (AWEL). Stand: 2010

Kommentar

- Die Zuordnung der verschiedenen Stoffkonzentrationen zu den Klassen (Farbskala) entspricht jener des Modul-Stufen-Konzepts Chemie (siehe Methodik). Gute und sehr gute Werte erfüllen die Anforderungswerte gemäss Gewässerschutzverordnung.

- Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅) stellt die Menge an gelöstem Sauerstoff dar, welche die im Wasser enthaltenen Mikroorganismen beim Abbau organischer Substanzen verbrauchen. Der BSB₅-Gehalt wird bei 20°C nach einer Inkubationszeit von 5 Tagen gemessen.²
- Die für das AWEL wichtige Messstation «Furtbach» liegt in der Gemeinde Würenlos (AG). Kläranlagen beeinflussen die Wasserqualität des Furtbaches stark. Etwa ein Drittel des Furtbach-Wassers besteht aus gereinigtem Abwasser. Bis Mitte der 1990er Jahre war die Wasserqualität des Furtbaches ungenügend, vor allem wegen des Abwassers aus der überlasteten Kläranlage Regensdorf. Zwar liegt die Konzentration an biochemischem Sauerstoffbedarf seit 1993 unter dem gesetzlich festgelegten Anforderungswert von 4 Milligramm Sauerstoff pro Liter. Doch die Nitrat- und Phosphatwerte sind weiterhin zu hoch. Dies dürfte vor allem auf den hohen Anteil an Landwirtschaftsfläche in der unmittelbaren Umgebung des Furtbaches zurückzuführen sein (AWEL, 2007).
- Seit 2007 werden anstelle von Tagesproben nur noch Wochenproben entnommen.

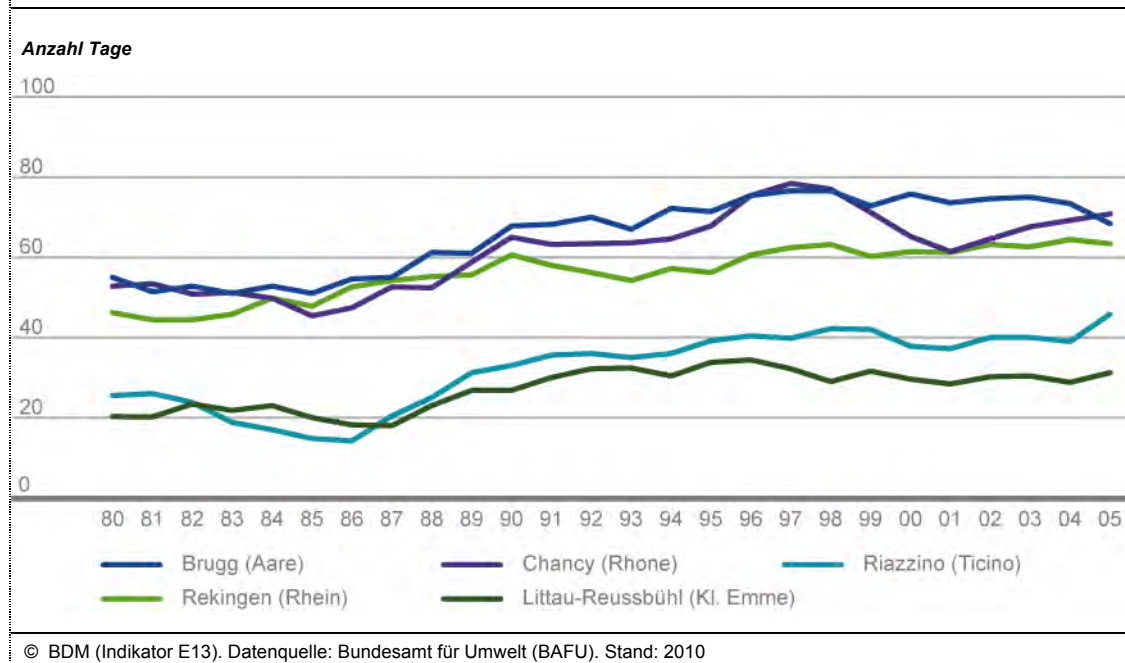
² AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abteilung Gewässerschutz, Oberflächengewässerschutz, 2007. http://www.hw.zh.ch/chemie/fg/913_B.pdf (Zugriff: 16.09.2008).

Wassertemperatur

Die Wassertemperatur beeinflusst die Entwicklung von Wasserorganismen, wirkt sich aber auch auf das Vorkommen von Krankheitserregern und die Löslichkeit von Sauerstoff aus. Die Wassertemperatur wird von den meisten Messstationen deshalb schon seit vielen Jahren gemessen. Ausgewiesen werden die Tagesmittelwerte.

Die folgende Abbildung zeigt die Veränderung der Wassertemperaturen an fünf ausgewählten Stationen in den Monaten November bis Mai in den Jahren 1976 bis 2005 (Ganglinien gemessen vom BAFU). Angegeben ist die Anzahl Tage (gleitend über fünf Jahre gemittelt), während denen der Tagesmittelwert mindestens 9 Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) war. Bei Temperaturen unter 1°C und über 9°C erhöht sich die Mortalitätsrate der Bachforellen-Eier. Die Bachforelle laicht vorwiegend in den Monaten Oktober bis Januar ab. Die optimalen Temperaturbedingungen für die Eier von Bachforellen liegen bei ungefähr 5°C .³ Die Wassertemperatur hat also einen entscheidenden Einfluss auf die Biologie dieser für unsere Fließgewässer typischen Fischart.

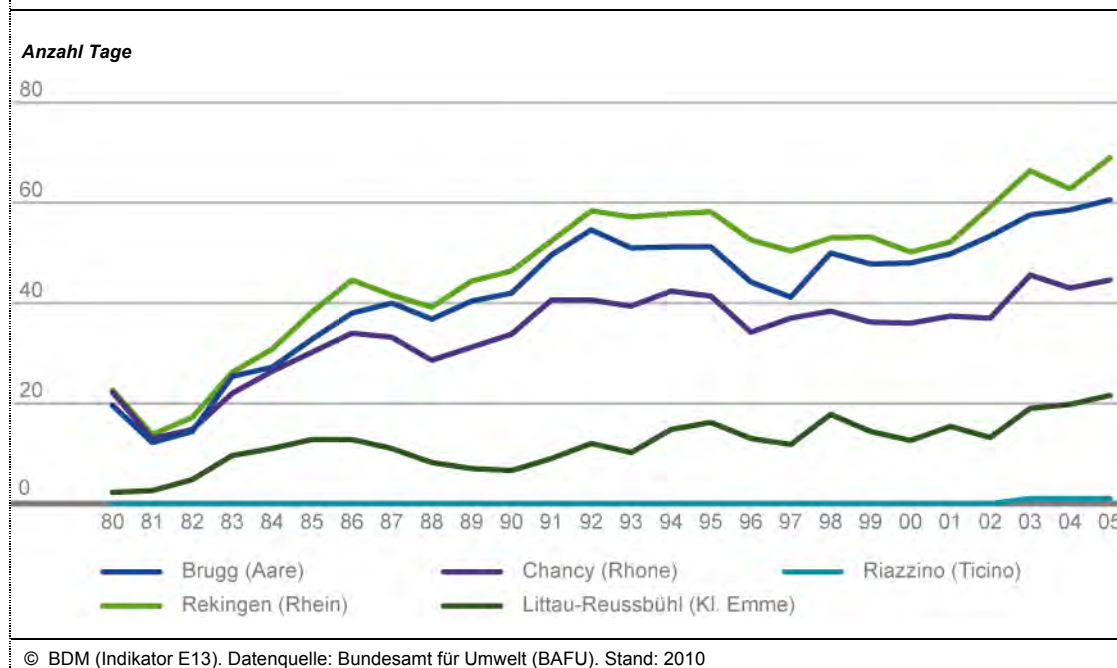
Abb. 3: Veränderung der Anzahl Tage an ausgewählten Stationen zwischen November und Mai mit Wassertemperaturen $\geq 9^{\circ}$ Celsius (1976 – 2005)



³ Güttinger, H., 2004: Hypothese: Veränderungen der Wassertemperatur haben zu einem Rückgang der Fischpopulation und des Fisch-fangertrages geführt. In: Dem Fischrückgang aus der Spur. Schlussbericht des Projekts Fischnetz: EAWAG. Dübendorf. 109-116 S.

Die folgende Abbildung zeigt die Veränderung der Wassertemperaturen an fünf ausgewählten Stationen in den Sommermonaten Juni bis Oktober in den Jahren 1976 bis 2005 (Ganglinien gemessen vom BAFU). Angegeben ist die Anzahl Tage (gleitend über fünf Jahre gemittelt), während denen die Tagesmittelwerte über 19°C lagen. Erwachsene Bachforellen bevorzugen Temperaturen zwischen 7°C und 19°C. Der optimale Temperaturbereich liegt bei 13°C bis 14°C. Temperaturen von über 15°C, die zwei bis vier Wochen andauern, können den Ausbruch einer tödlich verlaufende Nierenkrankheit (PKD) begünstigen. Temperaturen von über 25°C führen nach kurzer Zeit zum Tod. Hohe Wassertemperaturen sind also eine ernste Bedrohung für die Bachforellen.⁴

Abb. 4: Veränderung der Anzahl Tage mit Wassertemperaturen über 19° Celsius zwischen Juni und Oktober an ausgewählten Stationen (1976 – 2005)



Kommentar

- Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) misst an allen Messstationen kontinuierlich die Wassertemperatur.
- Die Temperaturen der Stationen Diepoldsau (Rhein), Hagneck (Aare), Melligen (Reuss) und Porte Du Scex (Rhône) werden aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht in der Grafik dargestellt.
- Während der letzten 25 Jahre sind die Wassertemperaturen im Winterhalbjahr (November bis Mai) gestiegen. Die Anzahl Tage, an denen die Wassertemperatur mindestens 9°C betrug, hat deutlich zugenommen.
- Auch während des Sommerhalbjahres sind die Wassertemperaturen gestiegen. Die Anzahl Tage mit einer durchschnittlichen Wassertemperatur von über 19°C hat im Mittelland zugenommen. Bei der Messstation Riazzino, die am Rand der Alpen liegt, ist diese Grenze trotz Erwärmung noch nicht erreicht.

⁴ Güttinger, H., 2004: Hypothese: Veränderungen der Wassertemperatur haben zu einem Rückgang der Fischpopulation und des Fisch-fangertrages geführt. In: Dem Fischrückgang aus der Spur. Schlussbericht des Projekts Fischnetz: EAWAG. Dübendorf. 109-116 S.

- Zwischen 1976 und 2005 wurden an 32 Tagen Temperaturen über 25°C gemessen. 22 dieser 32 Tage fallen in den Jahrhundertsssommer von 2003. Der Rhein bei Rekingen war in der erwähnten Zeitperiode (1976-2005) 21 Tage lang wärmer als 25°C und liegt somit an der Spitze dieser Skala. In der Reuss bei Mellingen wurden 10 Tagesmittelwerte von über 25° Celsius gemessen. Auch die Rhone bei Chancy übertraf diesen Wert an einem Tag. An den übrigen Stationen wurden keine Tagesmittelwerte über 25°C gemessen.

Bedeutung für die Biodiversität

In der Schweiz gibt es eine grosse Vielfalt an Fliess- und Stehgewässern. Darüber hinaus verfügt unser Land über beachtliche Grundwasservorkommen. Dementsprechend trägt die Schweiz eine grosse Verantwortung für den Erhalt der Gewässer und ihrer Lebewesen. Für die Qualität der Gewässer als Lebensraum sind nebst der Wasserqualität auch Wasserentnahmen (siehe E11), die Verbauung von Gewässersohle und Ufern sowie Schwellen, Flusskraftwerke oder Staudämme (siehe E12) von grosser Bedeutung.

Bis Mitte des 20. Jahrhunderts wurden die ungereinigten Abwässer direkt in die Oberflächengewässer geleitet, was die Wasserqualität stark beeinträchtigte. 1957 wurde in der Schweiz mit dem Bau von Kläranlagen begonnen, was sich positiv auf die Wasserqualität auswirkte. Modernere Klärtechniken führten dazu, dass sich die Wasserqualität in den letzten Jahrzehnten stark verbessert hat.⁵

Das Nitrat stammt in erster Linie aus der Landwirtschaft, aus Abwässern und verschiedenen Verbrennungsprozessen (Stickoxid-Emissionen). Gefässpflanzen nehmen Stickstoff vor allem als Nitrat auf (siehe E6). Gelangt es jedoch ins Grundwasser, deutet dies auf eine nicht-standortgerechte Bewirtschaftung hin. Im Grundwasser werden noch heute erhöhte, in knapp 20 Prozent der Fälle sogar zu hohe (über 25 Milligramm Nitrat pro Liter), Nitrat-Konzentrationen gemessen. Dies trifft vor allem auf landwirtschaftlich stark genutzte und intensiv besiedelte Gebiete, etwa im Mittelland oder in den Juratälern, zu.

Seit 1986 ist Phosphat in Textilwaschmitteln verboten. Seither sind die Phosphor- und Phosphat-Konzentrationen in den Gewässern deutlich zurückgegangen. Phosphor und Phosphat stammen wie Nitrat vor allem aus Abwässern und aus der Landwirtschaft. Dieser Rückgang ist positiv, denn Phosphat ist für Algen und andere Wasserpflanzen in der Schweiz der limitierende Nährstoff. Hohe Phosphat-Konzentrationen können zu einem starken Wachstum der pflanzlichen Biomasse führen. Für den Abbau der abgestorbenen Biomasse benötigen Mikroorganismen Sauerstoff, der dann beispielsweise den Fischen fehlt. Als Abbauprodukte pflanzliche Biomasse entstehen zudem Zellgifte, etwa Ammonium. Sowohl der Sauerstoffmangel als auch die giftigen Abbauprodukte können dazu führen, dass ein Gewässer «kippt», also für die meisten Wasserorganismen unbewohnbar wird. Der Sempacher-, der Hallwiler- und der Baldeggersee werden seit mehr als 20 Jahren mit Sauerstoff oder Luft belüftet, um ein Absterben der Gewässer zu verhindern.⁶

Ammonium wirkt auf gewisse Organismen als Nervengift und ist deshalb bereits in geringen Konzentrationen sehr schädlich. Zudem steht Ammonium (NH_4^+) mit Ammoniak (NH_3), einem gefährlichen Gift für Fische, in einem chemischen Gleichgewicht. Dieses Gleichgewicht hängt unter anderem von der Wassertemperatur ab. Höhere Wassertemperaturen bewirken eine Verlagerung des Gleichgewichts in Richtung Ammoniak, was auf die Fischfauna erhebliche Auswirkungen haben kann.

Die Überdüngung ist für die meisten Gewässer nicht mehr ein wesentliches Problem. Die Wasserqualität wird jedoch insbesondere in kleinen bis mittleren Gewässern im stark genutzten schweizerischen

⁵ Bundesamt für Umwelt, 2006: *Wege des Wassers. Magazin UMWELT*. 4/2006. S.63.

⁶ Spreafico, M.; Weingartner, R., 2005: *Hydrologie der Schweiz. Ausgewählte Aspekte und Resultate. Berichte des BWG Serie Wasser Nr. 7. Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie*. 137 S.

Mittelland durch Pflanzenschutzmittel, Treibstoffzusätze oder Mikroverunreinigungen beeinträchtigt. Bei den Mikroverunreinigungen handelt es sich um Rückstände aus unzähligen Anwendungen des täglichen Lebens, wie beispielsweise Körperpflegeprodukte, Medikamente, Hormone, Reinigungs-, Desinfektions- oder Holzschutzmitteln. Diese Stoffe werden in sehr tiefen Konzentrationen (Nano- bis Mikrogramm pro Liter) im Gewässer nachgewiesen. Einige dieser Stoffe können bereits in sehr tiefen Konzentrationen nachteilige Wirkungen auf aquatische Ökosysteme haben.

Hohe Wassertemperaturen beeinflussen nicht nur die Gewässerchemie, sondern wirken sich auch direkt auf die Biologie von Wasserorganismen aus. Eine höhere Umgebungstemperatur führt zu erhöhter Aktivität und somit zu grösserem Energie- und Sauerstoffbedarf. Gleichzeitig nimmt die Sauerstoffkonzentration im Wasser bei steigenden Temperaturen jedoch ab. Die Bachforelle, welche auf kühle und sauerstoffreiche Fliessgewässer angewiesen ist, reagiert insbesondere in den wärmeren Fliessgewässern des Mittellandes empfindlich auf steigende Wassertemperaturen. Weil die Gewässer wärmer werden, verschiebt sich ihr Lebensraum in höhere Lagen.⁷ Umgekehrt kann sich ein Anstieg der Wassertemperatur in den kalten Bächen und Flüssen der Voralpen und Alpen positiv auf die Entwicklung der Bachforelle auswirken, da die Lebensbedingungen für die Bachforellen dadurch günstiger werden.

Eine Verschlechterung der Wasserqualität und ein Anstieg der Wassertemperaturen können sich in der Artenzusammensetzung der Makroinvertebraten widerspiegeln. Aus ökologischer Sicht weniger anspruchsvolle Arten (Ubiquisten) dominieren über weite Gewässerabschnitte, währenddessen spezifischere Arten verschwinden.⁸

Definition des Indikators

Veränderung des Gehalts problematischer organischer Stoffe sowie der Wassertemperatur in Schweizer Fliess- und Stehgewässern, sowie Veränderung der Nitrat-Konzentration im Grundwasser.

Methodik

Der Indikator E13 weist die Wasserqualität von Fliessgewässern, Seen und dem Grundwasser aus und zeigt, wie sich die Gewässerqualität bezüglich der Nährstoffe Nitrat und Phosphor sowie der Temperatur in der Schweiz entwickelt. Weiterführende Aussagen sind im hydrologischen Atlas der Schweiz zu finden. Die Messwerte sind in Milligramm pro Liter angegeben.

Die Aussagen zur Entwicklung der Fliessgewässer in der Schweiz basieren auf den Daten von 12 Stationen der «nationalen Daueruntersuchung der schweizerischen Fliessgewässer» (NADUF). Die NADUF überprüft seit 1972 die Konzentrationen der Wasserinhaltsstoffe in den wichtigen Fliessgewässern. Das NADUF-Messnetz wird vom Bundesamt für Umwelt (BAFU), der Eawag, das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs, und der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) betrieben. 14-tägige Sammelproben werden auf verschiedene chemische Parameter hin analysiert. Stellvertretend für die gesamte Stofffracht in einem Fliessgewässer wurde aufgrund der Verfügbarkeit von Datensätzen die beiden Parameter Nitrat und Ortho-Phosphat ausgewählt.

⁷ Güttinger, H., 2004: *Hypothese: Veränderungen der Wassertemperatur haben zu einem Rückgang der Fischpopulation und des Fisch-fangertrages geführt. In: Dem Fischrückgang aus der Spur. Schlussbericht des Projekts Fischnetz: EAWAG. Dübendorf. 109-116 S.*

⁸ Rey, P.; Ortlepp, J., 2002: *Koordinierte biologische Untersuchungen am Hochrhein 2000; Makroinvertebraten. BUWAL-Schriftenreihe Umwelt, 345. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 98 S.*

Ausgewiesen werden die 90%-Perzentile. Die Werte werden gemäss dem Modul-Stufen-Konzept Chemie eingefärbt.

Um die Entwicklung der Gewässerqualität von Schweizer Seen zu verfolgen, wurden die Daten von kantonalen Messstellen an sechs Schweizer Seen ausgewertet. Im Frühjahr werden 2 bis 12 Stichproben aus unterschiedlichen Wassertiefen entnommen. Für Gesamtphosphor wird die mittlere Jahreskonzentration ausgewiesen.

Die Daten zum Grundwasser werden im Rahmen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA erhoben. Seit 2002 wird die Entwicklung der Grundwasserqualität an knapp 550 Messstellen, die repräsentativ über die ganze Schweiz verteilt sind, verfolgt. Die einzelnen Messstellen werden ein- bis viermal pro Jahr beprobt. Ausgewiesen wird die maximal gemessene Nitrat-Konzentration.

Um die Entwicklung der Wasserqualität in Bezug auf Nährstoffe im Mittelland zu bewerten, wurden die Daten von 57 kantonalen Messstellen ausgewertet. Diese Messstellen weisen für die Jahre 1986 bis 2005 durchgehende Messreihen zu den Parametern Ammonium, Nitrat und Ortho-Phosphat auf. Den Fliessgewässern werden pro Jahr 4, 12 oder mehr Stichproben entnommen, oder es werden 12 bis 365 24-Stunden-Sammelproben erhoben. Es wurde jeweils von 5 Jahren das 90%-Perzentil berechnet. Davon wurden Mittelwerte und 95%-Vertrauensbereiche ausgewiesen. Die Messstellen liegen in den Kantonen Aargau (5), Bern (5), Luzern (13), St.Gallen (1), Thurgau (1), Waadt (6) und Zürich (26).

Aus den Messungen der Wassertemperaturen bei den Stationen werden die Tagesmittelwerte ermittelt (Ganglinien gemessen vom BAFU). Die Temperaturen wurden, gleitend über fünf vorangegangene Jahre gemittelt, in drei Temperaturbereiche eingeteilt:

- $\geq 9^{\circ}\text{C}$ zwischen dem 1. November und dem 31. Mai des Folgejahres (212 Tage).
- $> 19^{\circ}\text{C}$ zwischen dem 1. Juni und dem 31. Oktober (153 Tage).
- $> 25^{\circ}\text{C}$ zwischen dem 1. Juni und dem 31. Oktober (153 Tage).

Die Einteilung entspricht Temperaturwerten, die in direktem Zusammenhang mit der Biologie der Bachforelle stehen (siehe oben).

Die Daten zum Biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB₅) werden vom Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich erhoben. Seit 2007 werden nicht mehr Tagesmischproben sondern nur noch Wochenmischproben entnommen.

Das Modul-Stufen-Konzept ist ein gemeinsames Projekt des Bundesamts für Umwelt (BAFU) und der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG). Ziel des Projektes ist die Entwicklung standardisierter Methoden für die Untersuchung und Bewertung des Zustandes schweizerischer Fliessgewässer. Im Modul-Stufen-Konzept Chemie wird die Qualität eines Gewässers anhand der Stoffkonzentration in fünf Stufen von sehr gut bis schlecht beurteilt. Den einzelnen Abstufungen wurde ein Farbcode zugeteilt, wobei rot der schlechtesten und blau der besten Klassierung entspricht. Werte, welche im blauen oder grünen Bereich liegen, halten die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung ein, sofern die Stoffe in der Verordnung festgehalten sind.

Tab. 6: Klassierung der Stoffkonzentrationen gemäss Modul-Stufen-Konzept Chemie					
Beurteilung	Nitratgehalt (mg/l N)	Ortho-Phosphat (mg/l P)	Ammonium ($< 10^{\circ}\text{C}$) (mg/l N)	Gesamt-Phosphor (mg/l P)	BSB₅ (mg/l O₂)
Sehr gut	< 1,5	< 0,02	< 0,08	< 0,035	< 2,0
Gut	1,5–5,6	0,02–0,04	0,08–0,4	0,035–0,07	2,0–4,0
Mässig	5,6–8,4	0,04–0,06	0,4–0,6	0,07–0,105	4,0 - 6,0
Unbefriedigend	8,4–11,2	0,06–0,08	0,6–0,8	0,105–0,14	6,0–8,0
Schlecht	$\geq 11,2$	$\geq 0,08$	$\geq 0,8$	$\geq 0,14$	$\geq 8,0$

© BDM (Indikator E13). Datenquelle: Liechti, 2010.

Weiterführende Informationen

Kontaktperson für den Indikator E13

Lukas Kohli, kohli@hintermannweber.ch +41 (0)31 310 13 02

Fachkontakt BAFU:

Adrian Jakob, adrian.jakob@bafu.admin.ch, +41 (0)31 324 76 71 (Oberflächenwasser)

Ronald Kozel, ronald.kozel@bafu.admin.ch, +41 (0)31 324 77 64 (Grundwasser)

Weitere Indikatoren zum Thema

- > E6: Nährstoffangebot im Boden
- > E11: Wasserentnahmen aus Fließgewässern
- > E12: Anteil beeinträchtigter Fließgewässerabschnitte

Weitere Informationsmöglichkeiten

- > www.umwelt-schweiz.ch (Website BAFU)
- > www.bafu.admin.ch/grundwasser/index.html?lang=de (Website: Grundwasser)
- > www.gewaesserqualitaet.zh.ch (Website AWEL)
- > www.modul-stufen-konzept.ch (Website EAWAG)

Literatur

- > AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abteilung Gewässerschutz, Oberflächengewässerschutz, 2007. http://www.hw.zh.ch/chemie/fg/913_B.pdf (Zugriff: 16.09.2008).
- > Bundesamt für Umwelt, 2004: NAQUA – Grundwasserqualität in der Schweiz 2002/2003. Bern. 204 S.
- > Bundesamt für Umwelt, 2006: Wege des Wassers. Magazin UMWELT. 4/2006. S.63.
- > Bundesamt für Umwelt (BAFU), Daten der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA. Auswertungen NAQUA: Nitrat 2008. <http://www.bafu.admin.ch/grundwasser/07500/07563/07577/index.html?lang=de>
- > Bundesamt für Umwelt (BAFU), (2009): Ergebnisse der Grundwasserbeobachtung Schweiz (NAQUA). Zustand und Entwicklung 2004-2006. <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01021/index.html?lang=de>
- > Güttinger, H., 2004: Hypothese: Veränderungen der Wassertemperatur haben zu einem Rückgang der Fischpopulation und des Fischfangertrages geführt. In: Dem Fischrückgang aus der Spur. Schlussbericht des Projekts Fischnetz: EAWAG. Dübendorf. 109-116 S.
- > Jakob, A.; Geissel, A., 2003: Hydrologischer Atlas der Schweiz. Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie. Tafel 7.12, 7.2, 7.6.
- > Liechti, P., 2010: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. Umwelt-Vollzug Nr. 1005. Bundesamt für Umwelt, Bern. 44 S.
- > Rey, P.; Ortlepp, J., 2002: Koordinierte biologische Untersuchungen am Hochrhein 2000; Makroinvertebraten. BUWAL-Schriftenreihe Umwelt, 345. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 98 S.
- > Spreafico, M.; Weingartner, R., 2005: Hydrologie der Schweiz. Ausgewählte Aspekte und Resultate. Berichte des BWG Serie Wasser Nr. 7. Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie. 137 S.