Bericht Nr. 42



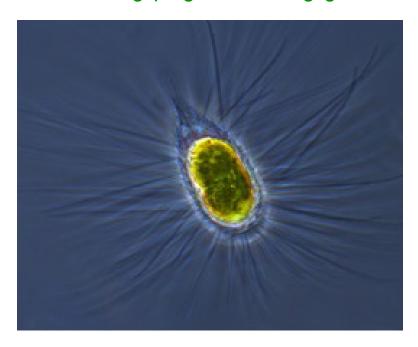
Limnologischer Zustand des Bodensees

A - Aktueller Teil

B - Jahresbericht 2016/2017

Untersuchungsprogramm Freiwasser

Untersuchungsprogramm Einzugsgebiet



Herausgeber: Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)

Titelbild: Phytoplankton: Mallomonas • Länge ca. 50 µm • Institut für Seenforschung der

LUBW • Bildrechte: LUBW.

Bearbeitung: Institut für Seenforschung an der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg

(LUBW) • Argenweg 50/1, 88085 Langenargen

Nachdruck - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der IGKB unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Internet: http://www.igkb.org

© IGKB 2018

ISSN 1011-1271

Jahresbericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee: Limnologischer Zustand des Bodensees Nr. 42 (2016-2017)

Bericht Nr. 42

Limnologischer Zustand des Bodensees

A - Aktueller Teil

B - Jahresbericht 2016/2017

Untersuchungsprogramm Freiwasser

Untersuchungsprogramm Einzugsgebiet

Die "GRÜNEN BERICHTE" der IGKB

Seit 1976 veröffentlicht die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) alljährlich einen Bericht über den limnologischen Zustand des Bodensees. Diese sogenannten "Grünen Berichte" enthalten die Ergebnisse der regelmäßigen limnologischen Freiwasseruntersuchungen des Bodensees ab dem Jahr 1974. Neben den Ergebnissen der Freiwasseruntersuchungen von Obersee und Untersee enthalten einzelne Ausgaben Informationen zu weiteren Themen wie Seebodenuntersuchungen (Nr. 10, 21, 27, 29), die radioaktive Belastung nach dem Unfall von Tschernobyl (Nr. 15), Pestizide (Nr. 19), Zuflussuntersuchungen (Nr. 26), sowie Ergebnisse einer mathematischen Modellierung zur Fernausbreitung des winterlichen Alpenrhein-Einstroms (Nr. 30). Ab Nr. 30 sind die Berichte des Fachbereichs "Einzugsgebiet" Teil der Grünen Berichte. Bis auf zwei Änderungen 1985 (Formatwechsel von A5 auf A4) und 2004 (neues Layout mit zweispaltigem Text) blieb das äußere Erscheinungsbild nahezu unverändert und war durch einen unbebilderten Textteil sowie einen Anhang mit Grafiken und Tabellen charakterisiert.

Anlässlich der Kommissionstagung 2007 wurde von den Sachverständigen der IGKB eine Neugestaltung der Grünen Berichtsreihe vorgeschlagen, mit dem Ziel, die Berichte insgesamt leichter lesbar zu gestalten.

Als Zielgruppe wurden IGKB-Gremien, Behörden, Kommunen, Verwaltungen, Wissenschaftler, Studenten, Schüler sowie die interessierte Öffentlichkeit identifiziert.

In einem ersten Hauptteil werden herausragende, aktuelle Ereignisse im Seejahr vorgestellt, während im darauf folgenden Teil physikalische, chemische und biologische Untersuchungsergebnisse zu finden sind.

Die Ergebnisse von Bregenzer Bucht, Fischbach-Uttwil, Überlingersee, Zellersee und Rheinsee werden möglichst auf einer Seite als farbige Isoplethen oder Diagramme mit knappen, erläuternden Bildunterschriften dargestellt. Da die Anzahl der Datensätze von Messjahr zu Messjahr – aufgrund unterschiedlicher Messreihen und Messtiefen – variiert, können die interpolierten Werte und damit auch die Isoplethendarstellungen zum Vorjahresbericht leicht abweichen.

Der aktuelle Bericht des Fachbereichs "Einzugsgebiet" folgt als dritter und letzter Hauptteil des Grünen Berichts vor einem Anhang mit Informationen zum Untersuchungsprogramm und Hinweisen auf weitere Informationsquellen.

Bei der 59. Kommissionstagung im Jahr 2013 wurde beschlossen, künftig die Berichte der Fachbereiche im Zweijahresturnus zu erstellen. Damit wird ab der vorliegenden Ausgabe auch die Reihe der "Grünen Berichte" alle zwei Jahre veröffentlicht und enthält im B-Teil die Ergebnisse zu den Untersuchungsprogrammen Freiwasser und Einzugsgebiet aus jeweils zwei Untersuchungsjahren.

Am Bericht mitgearbeitet haben:

M.Sc. Caroline Brosy, Langenargen

Dipl. nat. ETH Heinz Ehmann, Frauenfeld

Dr. Harald Hetzenauer, Langenargen

Dr. Karoline Härtl-Brandl, Langenargen

Dipl.-Ing. Gerhard Hutter, Bregenz

Dipl.-Ing. (FH) Günther Kuhn, Langenargen

Dr. Anna Noffke, Langenargen

Dipl.-Ing. (FH) Robert Obad, Langenargen

Dr. Irene Purtschert, Frauenfeld

Dr. Petra Teiber-Sießegger, Langenargen

Mag. Lucia Walser, Bregenz

Dr. Thomas Wolf, Langenargen

INHALTSVERZEICHNIS

Α	- AKTUELLER TEIL	10
	Bodenseeuferbewertung – Stand der Renaturierungen	11
R	- JAHRESBERICHT	14
	Einleitung	15
	Zustandsbeschreibung 2016	16
	Bodensee-Obersee	16
	Bodensee-Untersee	23
	Fazit und Handlungsbedarf	27
	Zustandsbeschreibung 2017	28
	Bodensee-Obersee	
	Bodensee-Untersee	35
	Fazit und Handlungsbedarf	39
	Untersuchungsprogramm Freiwasser	40
	Meteorologie	
	Hydrologie	
	Windverteilung	
	Wassertemperaturen an der Oberfläche und über Grund	
	Wärmeinhalt	
	Wassertemperatur	51
	Langzeitentwicklung von Sauerstoff, Gesamtphosphor, Ammonium und Nitrat	55
	Sauerstoff	56
	Gesamtphosphor	58
	Orthophosphat	59
	Nitrat	61
	Ammonium	62
	Silikat	63
	Chlorid	64
	Mangan	65
	Eisen	66
	Phytoplankton	67
	Langzeitentwicklung Phytoplankton im Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil)	68
	Langzeitentwicklung Phytoplankton im Bodensee-Obersee (Überlingersee)	70
	Langzeitentwicklung Phytoplankton im Bodensee-Untersee (Zellersee)	72
	Langzeitentwicklung Phytoplankton im Bodensee-Untersee (Rheinsee)	74

	Entwicklung Phytoplankton und Leitpigmente im Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil)	75
	Leitpigmente 2016/2017 im Bodensee-Obersee (Bregenzer Bucht)	78
	Entwicklung Phytoplankton in 2016/2017 im Bodensee-Obersee (Überlingersee)	79
	Entwicklung Phytoplankton und Leitpigmente in 2016/2017 im Bodensee-Untersee (Zellerse	e) 80
	Entwicklung Phytoplankton in 2016/2017 im Bodensee-Untersee (Rheinsee)	82
	Hauptarten Phytoplankton in 2016/2017 Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil)	83
	Hauptarten Phytoplankton in 2016/2017 Bodensee-Obersee (Überlingersee)	85
	Hauptarten Phytoplankton in 2016/2017 Bodensee-Untersee (Zellersee)	86
	Hauptarten Phytoplankton in 2016/2017 Bodensee-Untersee (Rheinsee)	88
	Pigmente	89
	Langzeitentwicklung Chlorophyll-a	89
	Zooplankton	90
	Langzeitentwicklung Crustaceen	90
	Saisonale Entwicklung des Zooplanktons	91
	Bakterien	97
	Fischfang-Erträge im Obersee	99
	Fischfang-Erträge im Untersee	101
ι	Jntersuchungsprogramm Einzugsgebiet	102
	Bericht der Sachverständigen zum Fachbereich Einzugsgebiet	
	1. Abwasserbeseitigung 2015/2016	
	2. Übersichtskarten	
	Spezielle Tätigkeiten im Untersuchungsgebiet	106
	4. Abschätzung des Phosphoreintrags in den Obersee	
	5. Organische Spurenstoffe	
	6. Abwasserbeseitigung 2016/2017	
	7. Abschätzung des Phosphoreintrags in den Obersee	111
	8. Organische Spurenstoffe	111
	Kläranlagenkarte zum Stand der Reinhaltungsmassnahmen im Einzugsgebiet 2016	112
	Kläranlagenkarte zum Stand der Reinhaltungsmassnahmen im Einzugsgebiet 2017	113
	Fliessgewässer-Messstellenkarte im Einzugsgebiet 2013-2016	114
	Fliessgewässer-Messstellenkarte im Einzugsgebiet 2016	115
	Fliessgewässer-Messstellenkarte im Einzugsgebiet 2014-2017	116
	Fliessgewässer-Messstellenkarte im Einzugsgebiet 2017	117
AN	HANG	. 118
ΔΙΙ	SKÜNFTF	. 133

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

A - A	KTUELLER TEIL	
ABB. 1:	AUSZUG AUS DER ARBEITSLISTE (STAND 28.11.2017).	12
ABB. 2:	AUFLISTUNG DURCHGEFÜHRTER RENATURIERUNGEN SEIT 2011 UND DARSTELLUNG DER GEMITTELTEN EINSTUFUNG (BEWERTUNGSSTUFE UND BEWERTUNGSINDEX) VOR UND NACH ERFOLGTER RENATURIERUNG FÜR DEN JEWEILS BETROFFENEN UFERBEREICH.	13
B – J.	AHRESBERICHT	
Zusta	ndsbeschreibung 2016	
ABB. 1:	WASSERSTANDSVERLAUF AM PEGEL KONSTANZ.	16
ABB. 2:	ÜBERFLUTETER UFERBEREICH MIT TREIBHOLZANSCHWEMMUNGEN AN DER MALERECKE, LANGENARGEN, AM 20.06.2016.	17
ABB. 3:	LANGJÄHRIGE ENTWICKLUNG DER TEMPERATUREN VON LUFT (ROT) UND DES OBERFLÄCHENWASSERS IM OBERSEE (BLAU).	18
ABB. 4:	LANGFRISTIGE ENTWICKLUNG DER GESAMTPHOSPHORKONZENTRATIONEN, DER ZIRKULATION UND DER MINIMALEN SAUERSTOFFKONZENTRATIONEN ÜBER GRUND IM BODENSEE-OBERSEE (FISCHBACH-UTTWIL).	19
ABB. 5:	GESAMTPHOSPHORVERTEILUNG IN SEEMITTE (FU) VON 2007-2016.	20
ABB. 6:	LANGFRISTIGE ENTWICKLUNG DER STICKSTOFF- UND CHLORIDKONZENTRATIONEN IM BODENSEE-OBERSEE (FISCHBACH-UTTWIL).	20
ABB. 7:	AUFNAHMEN VON <i>PLANKTOTHRIX RUBESCENS</i> IM LEBENDFANG AN DER STATION FISCHBACH-UTTWIL VOM 05.10.2016 (EINZELNE ZELLFÄDEN MIT ROTEM PFEIL GEKENNZEICHNET) UND AM 22.11.2016.	21
ABB. 8:	IM VERGLEICH: ZEBRA-DREIKANTMUSCHEL (<i>DREISSENA POLYMORPHA</i>) UND QUAGGAMUSCHEL (<i>DREISSENA ROSTRIFORMIS BUGENSIS</i>) LINKS AUFSICHT, RECHTS: SEITENANSICHT.	22
ABB. 9:	TEMPERATURISOPLETHEN IM JAHRESVERLAUF 2016 AN DEN STATIONEN IM OBERSEE (FISCHBACH-UTTWIL, OBEN), ZELLERSEE (MITTE) UND RHEINSEE (UNTEN).	24
Zusta	ndsbeschreibung 2017	
ABB. 1:	PEGELVERLAUF AN DER STATION BREGENZ (BEZUGSZEITRAUM DER SEEJAHRESGANGLINIEN: 1864-2014, DATEN: AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG).	28
ABB. 2:	LANGFRISTIGE ENTWICKLUNG DER GESAMTPHOSPHORKONZENTRATIONEN (OBEN), DER ZIRKULATION (MITTE) UND DER MINIMALEN SAUERSTOFFKONZENTRATIONEN ÜBER GRUND (UNTEN) IM BODENSEE-OBERSEE (FISCHBACH-UTTWIL).	30
ABB. 3:	GESAMTPHOSPHORVERTEILUNG IN SEEMITTE (FISCHBACH-UTTWIL) VON 2008-2017.	31
ABB. 4:	LANGFRISTIGE ENTWICKLUNG DER STICKSTOFF- UND CHLORIDKONZENTRATIONEN IM BODENSEE-OBERSEE (FISCHBACH-UTTWIL).	31

ABB. 5:	LINKS: DREISSENA-VELIGERLARVEN AN DER STATION FISCHBACH-UTTWIL AUS DER 0- 100 M PROBE, RECHTS: DREISSENA-VELIGERLARVE.	33
ABB. 6:	LINKS: VORKOMMEN VON <i>DAPHNIA CUCULLATA</i> IM BODENSEE-OBERSEE AN DER STATION FISCHBACH-UTTWIL VON 1962 BIS 2017, RECHTS: <i>DAPHNIA CUCULLATA</i> MIT EI.	33
ABB. 7:	TEMPERATURISOPLETHEN IM JAHRESVERLAUF 2017 AN DEN STATIONEN IM OBERSEE (FISCHBACH-UTTWIL, OBEN), ZELLERSEE (MITTE) UND RHEINSEE (UNTEN).	36
Unter	suchungsprogramm Freiwasser	
ABB. 1:	ÜBERSICHTSKARTE DER IGKB-MESSSTELLEN IM BODENSEE.	41
ABB. 2:	METEOROLOGISCHE GRÖßEN MIT BEREICHEN ZWISCHEN MAXIMA UND MINIMA LANGJÄHRIGER TAGESMITTEL.	42
ABB. 3:	HYDROLOGISCHE GRÖßEN; WASSERSTAND PEGEL KONSTANZ UND ABFLUSS ALPENRHEIN PEGEL LUSTENAU.	44
ABB. 4:	HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DES WINDES FÜR DIE JAHRE 2016 UND 2017 (OBERE ABBILDUNGEN) BZW. DIE LETZTEN 30 JAHRE (UNTERE ABBILDUNG).	47
ABB. 5:	LANGZEITLICHE WASSERTEMPERATURENTWICKLUNG AN DER OBERFLÄCHE UND ÜBER GRUND FÜR DIE SEETEILE OBERSEE (MESSSTELLE FISCHBACH-UTTWIL), ZELLERSEE UND RHEINSEE.	48
ABB. 6:	WÄRMEINHALT IN DEN SEETEILEN OBERSEE (0-250M), ZELLERSEE (0-22M) UND RHEINSEE (0-46M).	50
ABB. 7:	WASSERTEMPERATURVERTEILUNG IN DER BREGENZER BUCHT, IN SEEMITTE (FU) IM OBERSEE, IM ÜBERLINGERSEE, SOWIE IM ZELLERSEE UND RHEINSEE IM UNTERSEE.	51
ABB. 8:	WASSERTEMPERATURVERTEILUNG IN DEN JAHREN 2016/2017 IN DER BREGENZER BUCHT, IN SEEMITTE IM OBERSEE (MESSSTELLE FISCHBACH-UTTWIL), IM ÜBERLINGERSEE, SOWIE IM ZELLERSEE UND RHEINSEE IM UNTERSEE.	53
ABB. 9:	ÜBERSICHT ÜBER DIE LANGZEITENTWICKLUNG DER SAUERSTOFFMINIMA IN 1 M ÜBER GRUND, SOWIE DER GESAMTPHOSPHOR-, AMMONIUM-N- UND NITRAT-N-JAHRESMITTELWERTE IN SEEMITTE OBERSEE (FU), ZELLERSEE UND RHEINSEE.	55
ABB. 10:	SAUERSTOFFVERTEILUNG IN DER BREGENZER BUCHT, IN SEEMITTE (FU) IM OBERSEE, IM ÜBERLINGERSEE, SOWIE IM ZELLERSEE UND RHEINSEE IM UNTERSEE.	56
ABB. 11:	GESAMTPHOSPHORVERTEILUNG IN DER BREGENZER BUCHT, IN SEEMITTE (FU) IM OBERSEE, SOWIE IM ZELLERSEE UND RHEINSEE IM UNTERSEE.	58
ABB. 12:	ORTHOPHOSPHATVERTEILUNG IN DER BREGENZER BUCHT, IN SEEMITTE (FU) IM OBERSEE, IM ÜBERLINGERSEE, SOWIE IM ZELLERSEE UND RHEINSEE IM UNTERSEE.	59
ABB. 13:	NITRAT-N-VERTEILUNG IN DER BREGENZER BUCHT, IN SEEMITTE (FU) IM OBERSEE, IM ÜBERLINGERSEE, SOWIE IM ZELLERSEE UND RHEINSEE IM UNTERSEE.	61
ABB. 14:	AMMONIUM-N-VERTEILUNG IN DER BREGENZER BUCHT, IN SEEMITTE (FU) IM OBERSEE, SOWIE IM ZELLERSEE UND RHEINSEE IM UNTERSEE.	62
ABB. 15:	SILIKATVERTEILUNG IN SEEMITTE (FU) IM OBERSEE, IM ZELLERSEE UND IM RHEINSEE.	63
ABB. 16:	CHLORIDVERTEILUNG IN DER BREGENZER BUCHT, IN SEEMITTE (FU) IM OBERSEE, SOWIE IM ZELLERSEE UND RHEINSEE IM UNTERSEE.	64
ABB. 17:	MANGANVERTEILUNG IN SEEMITTE (FU) IM OBERSEE UND IM ZELLERSEE.	65

ABB. 18:	EISENVERTEILUNG IN SEEMITTE (FU) IM OBERSEE UND IM ZELLERSEE.	66
ABB. 19:	VOLVOX (VOM 07.11.2016 IM ZELLERSEE).	67
ABB. 20:	CERATIUM HIRUNDINELLA (MIT GEIßEL AM 18.09.2017 IM OBERSEE BEI FISCHBACH-UTTWIL).	67
ABB. 21:	DINOBRYON (AM 18.09.2017 IM OBERSEE BEI FISCHBACH-UTTWIL).	67
ABB. 22:	FRAGILARIA (AM 18.12.2017 IM OBERSEE BEI FISCHBACH-UTTWIL).	67
ABB. 23:	FRAGILARIA CROTONENSIS (AM 19.10.2017 IM OBERSEE BEI FISCHBACH-UTTWIL).	67
ABB. 24:	MALLOMONAS (AM 18.12.2017 IM OBERSEE BEI FISCHBACH-UTTWIL).	67
ABB. 25:	PLANKTOTHRIX RUBESCENS (AM 08.03.2017 IM OBERSEE BEI FISCHBACH-UTTWIL).	67
ABB. 26:	ASTERIONELLA (AM 04.12.2017 IM ZELLERSEE).	67
ABB. 27:	LANGZEITENTWICKLUNG DES PHYTOPLANKTONS IM BODENSEE-OBERSEE (FISCHBACH-UTTWIL, 1961-2017).	68
ABB. 28:	LANGZEITENTWICKLUNG DES PHYTOPLANKTONS IM BODENSEE-OBERSEE (ÜBERLINGERSEE, 1977-2017).	70
ABB. 29:	LANGZEITENTWICKLUNG DES PHYTOPLANKTONS IM BODENSEE-UNTERSEE (ZELLERSEE, 1976-2017).	72
ABB. 30:	LANGZEITENTWICKLUNG DES PHYTOPLANKTONS IM BODENSEE-UNTERSEE (RHEINSEE, 1976-2017).	74
ABB. 31:	ENTWICKLUNGEN DES PHYTOPLANKTONS IM BODENSEE-OBERSEE 2016/2017 (FISCHBACH-UTTWIL).	75
ABB. 32:	ENTWICKLUNGEN DER LEITPIGMENTE IM BODENSEE-OBERSEE 2016/2017 IN 0-20 M (FISCHBACH-UTTWIL).	75
ABB. 33:	ENTWICKLUNGEN DER LEITPIGMENTE IM BODENSEE-OBERSEE 2016/2017 (BREGENZER BUCHT).	78
ABB. 34:	ENTWICKLUNGEN DES PHYTOPLANKTONS IM BODENSEE-OBERSEE 2016/2017 (ÜBERLINGERSEE).	79
ABB. 35:	ENTWICKLUNGEN DES PHYTOPLANKTONS IM BODENSEE-UNTERSEE 2016/2017 (ZELLERSEE).	80
ABB. 36:	ENTWICKLUNGEN DER LEITPIGMENTE IM BODENSEE-UNTERSEE 2016/2017 (ZELLERSEE).	80
ABB. 37:	ENTWICKLUNGEN DES PHYTOPLANKTONS IM BODENSEE-UNTERSEE 2016/2017 (RHEINSEE).	82
ABB. 38:	HAUPTARTEN IM BODENSEE-OBERSEE (FISCHBACH-UTTWIL).	83
ABB. 39:	HAUPTARTEN IM BODENSEE-OBERSEE (ÜBERLINGERSEE).	85
ABB. 40:	HAUPTARTEN IM BODENSEE-UNTERSEE (ZELLERSEE).	86
ABB. 41:	HAUPTARTEN IM BODENSEE-UNTERSEE (RHEINSEE).	88
ABB. 42:	LANGFRISTIGE CHLOROPHYLL-A ENTWICKLUNG IN 0-20 M.	89
ABB. 43:	LANGZEITENTWICKLUNG DER CRUSTACEEN IN SEEMITTE IN 0-100 M (FISCHBACH-UTTWIL).	90

ABB. 44:	SAISONALE ENTWICKLUNG DES ZOOPLANKTONS 2016/2017: FISCHBACH-UTTWIL 0-100 M, ZELLERSEE 0-20 M, RHEINSEE 2016: 0-20 M, 2017: 0-30 M.	91
ABB. 45:	BIOMASSEN DES ZOOPLANKTONS (TROCKENMASSE) AN DER STATION FISCHBACH- UTTWIL (2016/2017) BEZOGEN AUF 20 M WASSERSÄULE. OBEN: ABSOLUTE BIOMASSEN UNTEN: PROZENTANTEILE DER TAXONOMISCHEN GROßGRUPPEN.	
ABB. 46:	BIOMASSEN DES ZOOPLANKTONS (TROCKENMASSE) AN DER STATION ZELLERSEE (2016/2017) BEZOGEN AUF 20 M WASSERSÄULE. OBEN: ABSOLUTE BIOMASSEN, UNTEN: PROZENTANTEILE DER TAXONOMISCHEN GROßGRUPPEN.	95
ABB. 47:	BIOMASSEN DES ZOOPLANKTONS (TROCKENMASSE) AN DER STATION RHEINSEE 2016 BEZOGEN AUF 20 M WASSERSÄULE IN 2017 AUF 30 M WASSERSÄULE. OBEN: ABSOLUTE BIOMASSEN, UNTEN: PROZENTANTEILE DER TAXONOMISCHEN GROßGRUPPEN.	96
ABB. 48:	ZELLDICHTEN DES BAKTERIENPLANKTONS, ENTWICKLUNG IN SEEMITTE (STATION FISCHBACH-UTTWIL).	97
ABB. 49:	FISCHFANG-ERTRAG IM BODENSEE-OBERSEE.	99
ABB. 50:	FISCHFANG-ERTRAG IM BODENSEE-UNTERSEE.	101
Unter	suchungsprogramm Einzugsgebiet	
ABB. 1:	ENTWICKLUNG DER ABWASSERREINIGUNG: ANSCHLUSSGRAD AN ZENTRALE ABWASSERREINIGUNGSANLAGEN (ARA), ORDNUNGSGEMÄßE DEZENTRALE ENTSORGUNG UND TOTALE ORDNUNGSGEMÄßE ABWASSERENTSORGUNG.	104
ABB. 2:	ENTWICKLUNG DER ABWASSERMENGEN, DER SCHMUTZSTOFF- (CSB) UND DER NÄHRSTOFFRESTFRACHTEN IM ABLAUF ALLER ARA IM EINZUGSGEBIET DES BODENSEES (SEIT 2010 INKL. ANTEILE APPENZELL AUSSERRHODEN IM EINZUGSGEBIET).	105
ABB. 3:	PROZENTUALER VERLAUF DER ABWASSERMENGEN, DER SCHMUTZSTOFF- (CSB) UND DER NÄHRSTOFFRESTFRACHTEN ALLER ARA IM EINZUGSGEBIET DES BODENSEES BEZOGEN AUF DAS JAHR 2001 BZW. FÜR STICKSTOFF DAS JAHR 2002.	105
ABB. 4:	ENTWICKLUNG DER P _{FILTRIERT} -FRACHTEN IN DEN BODENSEE VON ALPENRHEIN, BREGENZERACH, SCHUSSEN UND ARGEN VON 1995 BIS 2016 (RHEIN MIT BAFU-DATEN DIEPOLDSAU, Q AB 1995, PFILTRIERT 7-TG-SAMMELPROBEN AB 2012).	109
ABB. 5:	VERGLEICH VON ABFLUSSMENGEN UND PO4-P-FRACHTEN DES ALPENRHEINS IM JAHR 1999 BEI DER NADUF-MESSSTELLE DIEPOLDSAU.	109
ABB. 6:	KLÄRANLAGENKARTE: STAND DER REINHALTUNGSMASSNAHMEN IM EINZUGSGEBIET DES BODENSEES 2016.	112
ABB. 7:	KLÄRANLAGENKARTE: STAND DER REINHALTUNGSMASSNAHMEN IM EINZUGSGEBIET DES BODENSEES 2017.	113
ABB. 8:	KARTE MIT DEN WICHTIGEN FLIESSGEWÄSSER-MESSSTELLEN IM EINZUGSGEBIET DES BODENSEES 2013-2016.	114
ABB. 9:	KARTE DER FLIESSGEWÄSSER-MESSSTELLEN IM EINZUGSGEBIET DES BODENSEES, UNTERSUCHUNGSHÄUFIGKEITEN IM JAHR 2016.	115
ABB. 10:	KARTE MIT DEN WICHTIGEN FLIESSGEWÄSSER-MESSSTELLEN IM EINZUGSGEBIET DES BODENSEES 2014-2017.	116
ABB. 11:	KARTE DER FLIESSGEWÄSSER-MESSSTELLEN IM EINZUGSGEBIET DES BODENSEES, UNTERSUCHUNGSHÄUFIGKEITEN IM JAHR 2017.	117

TABELLENVERZEICHNIS

B - JAHRESBERICHT

Zusta	ndsbeschreibung 2016	
TAB. 1:	KENNZAHLEN AUSGEWÄHLTER BIOLOGISCHER MERKMALE AN DER STATION FISCHBACH-UTTWIL	23
TAB. 2:	KENNZAHLEN AUSGEWÄHLTER BIOLOGISCHER MERKMALE AN DEN UNTERSEE- STATIONEN ZELLERSEE, GNADENSEE, RHEINSEE.	26
Zusta	ndsbeschreibung 2017	
TAB. 1:	KENNZAHLEN AUSGEWÄHLTER BIOLOGISCHER MERKMALE AN DER STATION FISCHBACH-UTTWIL.	34
TAB. 2:	KENNZAHLEN AUSGEWÄHLTER BIOLOGISCHER MERKMALE AN DEN UNTERSEE- STATIONEN ZELLERSEE, GNADENSEE, RHEINSEE.	38
ANHA	N G	
TAB. 1:	VERWENDETE STANDARDZELLVOLUMEN DER STATION FISCHBACH-UTTWIL.	119
TAB. 2:	VERWENDETE STANDARDZELLVOLUMEN DER UNTERSEESTATIONEN ZELLERSEE UND RHEINSEE.	122
TAB. 3:	VERWENDETE STANDARDZELLVOLUMEN DER STATION ÜBERLINGERSEE.	125

A - Aktueller Teil

Bodenseeuferbewertung – Stand der Renaturierungen

Rückblick

Mit Stand 2006 lag erstmals eine Uferbewertung für den Bodensee vor. Das Ufer wurde hierfür in 50-Meter-Abschnitte unterteilt, fortlaufend nummeriert (Ufer-ID) und basierend auf 15 Einzelkriterien bewertet. Das Bewertungsverfahren und die Ergebnisse wurden im Blauen Bericht Nr. 55 der IGKB ("Limnologische Bewertung der Ufer- und Flachwasserzone des Bodensees") publiziert und zusammenfassend in der Karte zur Bodensee-Uferbewertung dargestellt. Demnach sind lediglich 40% des gesamten Bodenseeufers als "natürlich" bis "naturnah" anzusprechen, die verbleibenden 60% sind auf Grund struktureller Defizite als "beeinträchtigt" oder schlechter eingestuft.

In einem nächsten Schritt wurde das Renaturierungspotenzial für den Bodensee, als letzter Schwerpunkt im Rahmen des Aktionsprogramms "Ufer- und Flachwasserzone" der IGKB, erarbeitet und in Google-Earth dargestellt. Gemeinsam mit dem Renaturierungsleitfaden der IGKB lagen somit die Grundlagen für die "Initiative zur seeweiten Renaturierung der Ufer- und Flachwasserzone" vor. Die Veranlassung von Maßnahmen und weitere Umsetzung lag im Folgenden im Verantwortungs- und Zuständigkeitsbereich der Länder, Kantone und Gemeinden.

Zwischenzeitlich wurden Uferabschnitte des Bodensees renaturiert. Diese wurden erhoben, neu bewertet und ebenfalls in Google-Earth visualisiert. Mit Stand 2011 lag folglich eine aktualisierte Uferbewertung des Bodensees samt Renaturierungspotenzial als Google-Earth-Darstellung vor, welche über die Homepage der IGKB abgerufen werden konnte.

AG Renaturierungspotenzial

Die Arbeitsgruppe "Renaturierungspotenzial" des FB See trifft sich in der Regel jährlich zum Informationsaustausch und führt Erhebungen zum aktuellen Stand von Renaturierungen bzw. ökologischen Verbesserungen rund um den Bodensee durch. Diese Informationen/Erhebungen werden in einer "Arbeitsliste" evident gehalten. Die Arbeitsliste ist auch im BOWIS einsehbar.

IGKB FB See								
AG Renaturie	rungspote	nzial						
abgeschlosse	ne Renatu	rierungen/	ökolog	gische Verbes	serungen	(öffentlich	e Auftragg	eber)
Gemeinde	Kreis	Land	Staat	Seeteil	ID von - bis	betroffene 50-m Abschnitte	Maßnahme	Bemerkungen
Wangen	Konstanz	BW	D	Untersee	101 - 108	8	370	Renaturierung vor Campingplatz
Radolfzell	Konstanz	BW	D	Untersee	463 - 465	3	130	Renaturierung BA 01
Radolfzell	Konstanz	BW	D	Untersee	466 - 468	3	150	BA 03, Baufertigstellung 2016
Ludwigshafen	Konstanz	BW	D	Überlinger See	1923 - 1925	3	150	ökologische Verbesserungen
Hagnau	Bodensee- kreis	BW	D	Obersee	2479 - 2483	5	245	Hagnau West BA 01, zw. Anlegestelle und Steg Hotel Wellenhof
Friedrichshafen	Bodensee- kreis	BW	D	Obersee	2735 - 2736	2	115	Zeltlager Seemoos, Fertigstellung Juni 2016
Eriskirch	Bodensee- kreis	BW	D	Obersee	2899 - 2904	6	270	Strandbad, Enfernung von Wasserbausteinen, Baufertigstellung 2017
Bregenz	-	Vorarlberg	Α	Obersee	3542 - 3546	5	230	Renaturierung Pipeline BA 02
Egnach	-	Kt. Thurgau	CH	Obersee	4576 - 4579	4		Renaturierung Badeanstalt
					Summe:	39	ca. 1.950 r	

Abb. 1: Auszug aus der Arbeitsliste (Stand 28.11.2017)

Seit der letzten Uferbewertung 2011 fanden in 8 Gemeinden Bauvorhaben zur Verbesserung des Uferzustands statt. Insgesamt wurden an 39 der ausgewiesenen 50-Meter-Abschnitte Renaturierungen bzw. ökologische Verbesserungen durchgeführt. Somit sind seit 2011 knapp 2 Kilometer an Ufer rund um den Bodensee renaturiert bzw. ökologisch aufgewertet worden.

Aktualisierung der Uferbewertung

Im Sommer 2017 wurden die Uferabschnitte, welche seit Stand der Uferbewertung 2011 renaturiert bzw. ökologisch verbessert wurden, neu aufgenommen und bewertet. Zugleich wurde auch die Darstellung in Google-Earth angepasst, so dass eine aktualisierte Uferbewertung mit Stand 2017 vorliegt. Diese aktualisierte Darstellung ist auf der Homepage der IGKB ersichtlich.

In der Uferbewertung des Bodensees waren die neu bewerteten Uferbereiche – mit Ausnahme in Ludwigshafen – bislang als "naturfern" ausgewiesen. Die durchgeführten Maßnahmen bewirkten in den betroffenen Abschnitten im Mittel eine Verbesserung um eine Stufe (von "naturfern" zu "beeinträchtigt"). Wenngleich der Uferbereich in Ludwigshafen sowohl vor wie nach den ökologischen Verbesserungen als "beeinträchtigt" zu werten ist, zeigt sich dennoch eine Verbesserung des Bewertungsindex. Details zur "Vorher – Nachher – Bewertung" und Einstufung der jeweiligen Maßnahme sind in Abbildung 2 ersichtlich.

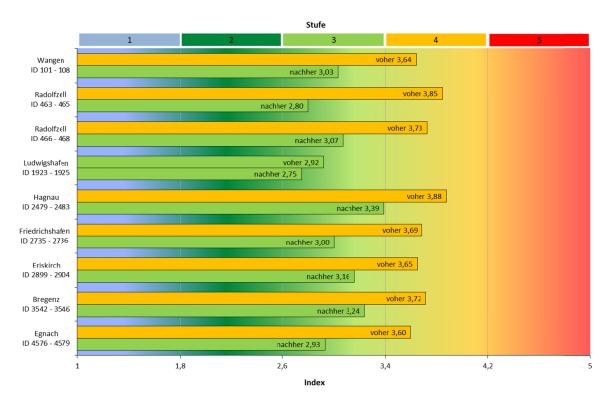


Abb. 2: Auflistung durchgeführter Renaturierungen seit 2011 und Darstellung der gemittelten Einstufung (Bewertungsstufe und Bewertungsindex) vor und nach erfolgter Renaturierung für den jeweils betroffenen Uferbereich.

B - Jahresbericht

Einleitung

Der vorliegende Bericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) enthält die Ergebnisse der regelmäßigen limnologischen Freiwasseruntersuchungen des Bodensees.

Allgemeine Grundlagen und limnologische Zusammenhänge finden sich in der IGKB Bilanz 2004 "Der Bodensee: Zustand-Fakten-Perspektiven", die unter <u>www.igkb.org</u> verfügbar ist.

Die Grundlage für den Bericht bildet das Langzeit-Untersuchungsprogramm der Kommission, an dessen Durchführung die folgenden Institutionen mitgewirkt haben:

- Institut f
 ür Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg in Bregenz: Untersuchungen des Chemismus in der Bregenzer Bucht.
- Amt für Umwelt des Kantons Thurgau, Frauenfeld: Terminfahrten, Messungen und Untersuchungen des Chemismus und des Phytoplanktons im Untersee-Rheinsee.
- Institut für Seenforschung der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Langenargen: Terminfahrten, Messungen und Untersuchungen des Chemismus, des Phyto- und Zooplanktons im Obersee und Untersee, bakteriologische Untersuchungen, physikalische und sedimentologische Untersuchungen, Datenverarbeitung und Berichterstattung.

Physikalisch-chemische Untersuchungen des Überlingersees an der Probenahmestelle zwischen Überlingen und Wallhausen wurden von der Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein (AWBR) und vom Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe, durchgeführt. Die Ergebnisse werden jeweils in den AWBR-Jahresberichten veröffentlicht und sind daher hier nur teils enthalten.

Der Deutsche Wetterdienst (DWD), Offenbach, stellte Daten der Wetterstation Konstanz für die Analyse der meteorologischen Situation des Obersees zur Verfügung.

Zustandsbeschreibung 2016

Bodensee-Obersee

Die **Wasserstände** zeigten 2016 mit Ausnahme von Februar, März und Juni geringe Abweichungen von den langjährigen Mittelwerten. Wie in den Jahren zuvor ergab sich eine interessante Teilung des hydrologischen Jahres, in dem die Wasserstände in der ersten Jahreshälfte von Januar bis August fast ausnahmslos über den langjährigen Mittelwerten verblieben, während in der zweiten Jahreshälfte lang anhaltende trocken Perioden zu einem nahezu kontinuierlichen Rückgang der Pegelstände führten, die durch kurze Phasen kleinerer Pegelanstiege unterbrochen wurden (Abb. 1).

Das Jahr 2016 war durch ein ausgeprägtes Hochwasser im Juni gekennzeichnet, in dessen Verlauf Wasserstände von maximal 5,13 m (Pegel Konstanz) am 21.06.2016 erreicht wurden, was einem 10 jährigen Hochwasser entspricht (Abb. 1). Im Verlauf dieses Hochwassers kam es seeweit zu Überflutungen von ufernahen Flächen und Wegen und zu einem hohen Treibholzaufkommen (Abb. 2).

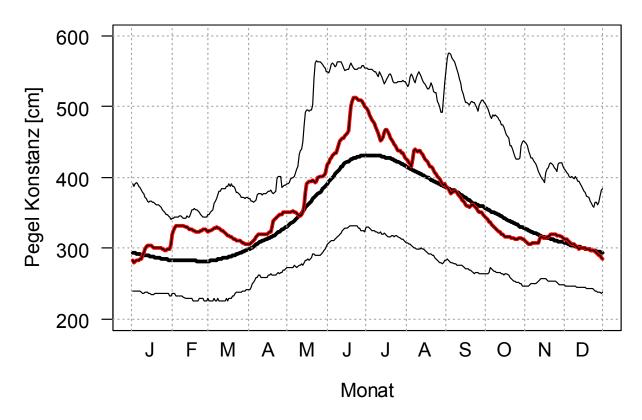


Abb. 1: Wasserstandsverlauf am Pegel Konstanz. Schwarz: Maximum, Mittelwert (fett) und Minimum des Zeitraums 1850-2016, rot: 2016.



Abb. 2: Überfluteter Uferbereich mit Treibholzanschwemmungen an der Malerecke, Langenargen, am 20.06.2016. Bildrechte: LUBW.

Ursächlich für das Junihochwasser waren die hohen **Abflüsse des Alpenrheins**, bei dem am 17.06.2016 ein maximaler Abflusswert von 2193 m³/s (Tagesmittelwert: 1581 m³/s) registriert wurde. Während des Hochwassers erfolgte die Ausbreitung des Flusswassers des Alpenrheins in erheblichem Maße bodennah, was sich mit Messungen an Verankerungen nachweisen ließ.

Meteorologisch ist das Jahr 2016 nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) dadurch gekennzeichnet, dass es weltweit die höchste Jahresmitteltemperatur seit Beginn der flächendeckenden meteorologischen Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 aufweist und damit den Rekordwert von 2015 übersteigt. Die Lufttemperaturen in der Bodenseeregion zeigten gegenüber den langjährigen Mittelwerten speziell im Januar (+2,3 °C), Februar (+3,0 °C) und im September (+3,0 °C) besonders hohe positive Temperaturabweichungen (Daten der Wetterstation Konstanz des DWD).

Die oberflächlichen **Wassertemperaturen** Anfang des Jahres 2016 waren durch den sehr milden Winter 2015/2016 geprägt. An der Station Fischbach-Uttwil lagen die Oberflächentemperaturen am 18.01.2016 und 02.02.2016 mit 6,5 °C und 5,9 °C vergleichsweise hoch. In 250 m Wassertiefe wurden Temperaturen von 4,6 °C bzw. 4,7 °C registriert, die 5 °C-Isotherme lag in einer Tiefe von etwa 140 m. Bis Anfang März veränderte sich diese Temperatur- und Schichtungssituation nicht wesentlich. Der geringste Temperaturunterschied zwischen Oberflächentemperatur und Temperatur in 250 m Wassertiefe wurde am 08.03.2016 gemessen und betrug 0,9 °C (0 m: 5,6 °C; 250 m; 4,7 °C). Damit blieb nach den Jahren 2014 und 2015 auch Anfang des Jahres 2016 ein

deutlicher vertikaler Temperaturgradient bestehen und es wurde keine vollständige Durchmischung des Sees erreicht (siehe auch Abb. 9, oben). Am 02.08.2016 wurde an der Station Fischbach-Uttwil mit 23,9 °C die höchste Wassertemperatur im Jahr 2016 gemessen. Die 5 °C-Isotherme befand sich zu dieser Zeit immer noch in einer Tiefe von etwa 150 m. Während der Abkühlungsphase im Herbst/Winter sanken dann die oberflächlichen Temperaturen bis auf 7,8 °C am 06.12.2016 ab. An diesem Termin wurde in 250 m Wassertiefe eine Temperatur von 4,8 °C gemessen. Der Jahresmittelwert der Oberflächentemperaturen (Abb. 3) liegt mit über 13 °C deutlich über dem langjährigen Durchschnitt von 11,4 °C seit 1962 und verstärkt den langjährigen Trend zu wärmeren Temperaturen infolge des klimatischen Wandels.

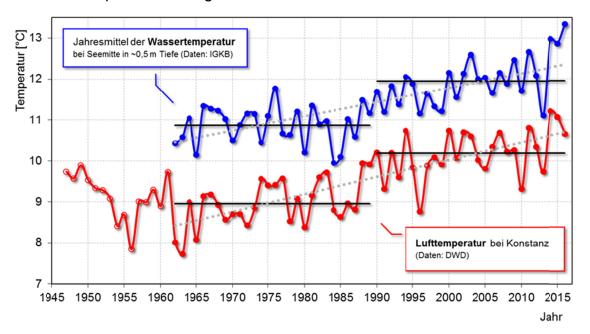


Abb. 3: Langjährige Entwicklung der Temperaturen von Luft (rot) und des Oberflächenwassers im Obersee (blau). Wassertemperatur bei Fischbach-Uttwil in etwa 0,5 m Tiefe (blau) sowie die Lufttemperatur in Konstanz (rot).

2016 betrug die Konzentration des **Gesamtphosphors** im volumengewichteten Jahresmittel 8,0 μ g/L. Damit liegt diese über dem Vorjahreswert von 7,6 μ g/L (Abb.4). Insgesamt liegt die mittlere Konzentration an Gesamtphosphor in einem für große oligotrophe Alpenseen typischen Bereich. In der Zirkulationsphase 2016 (Mittelwert Februar bis April) wurde mit 7,9 μ g/L ein etwas niedrigerer Wert als im Vorjahr festgestellt (2015: 8,5 μ g/L, 2014: 6,1 μ g/L).

Die **Sauerstoffgehalte** im tiefen Hypolimnion des Obersees haben sich auch 2016 durch die unzureichende Zirkulation nicht ausreichend erholen können, so dass im Jahresverlauf 2016 in 250 m Tiefe eine kontinuierliche Abnahme bis zum herbstlichen Minimum im November von 5,2 mg/L (2015: 5,9 mg/L) beobachtet wurde. Aufgrund der fehlenden Vollzirkulation seit 2012 zeigt das herbstliche Sauerstoffminimum über Grund immer geringere Konzentrationen (2012: 7,2 mg/L bis 2016: 5,2 mg/L) (Abb. 4).

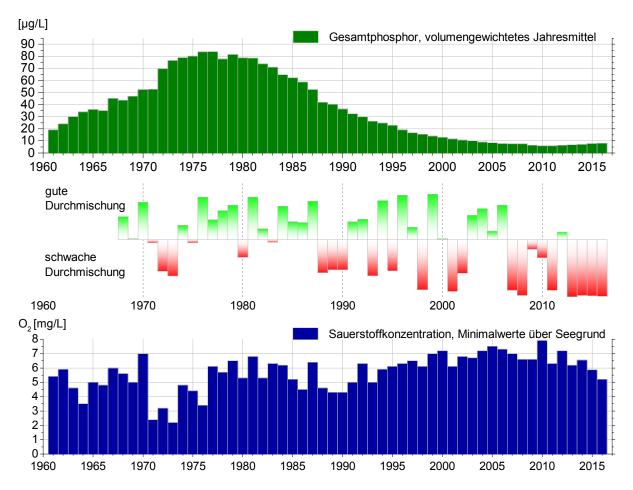


Abb. 4: Langfristige Entwicklung der Gesamtphosphorkonzentrationen, der Zirkulation und der minimalen Sauerstoffkonzentrationen über Grund im Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil).

Als Konsequenz mehrerer aufeinanderfolgender Jahre ohne Vollzirkulation kommt es seit 2012 zu einer Konzentrationszunahme an Gesamtphosphor in den tiefen Wasserschichten unter 100 m. Am deutlichsten zeigt sich die Zunahme direkt über dem Seegrund in etwa 250 m Wassertiefe. (Abb. 5).

Der **anorganische Stickstoff** (Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumstickstoff) mit Nitrat als Hauptkomponente liegt 2016 mit einem Jahresmittel von 0,89 mg/L leicht unter den Vorjahreswert von 0,91 mg/L. Damit liegt die Konzentration an anorganischem Stickstoff seit Anfang der 1980er Jahre im Bereich von ca. 0,9-1,0 mg/L (Abb. 6).

Chlorid als Indikator vielfältiger Einträge aus dem Siedlungsbereich liegt nach zunehmendem Trend von 2008 (6,1 mg/L) bis 2013 (6,9 mg/L) seither konstant im Bereich 6,9-7,0 mg/L (Abb. 6). Ein beträchtlicher Teil der Zunahme stammt aus der winterlichen Straßensalzung, wie im Grünen Bericht 37 ausgeführt wurde.

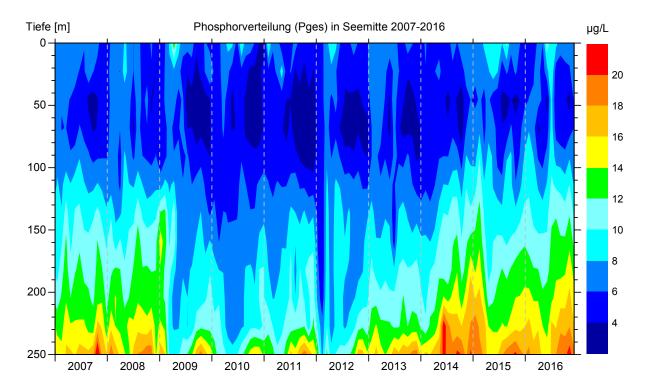


Abb. 5: Gesamtphosphorverteilung in Seemitte (FU) von 2007 bis 2016.



Abb. 6: Langfristige Entwicklung der Stickstoff- und Chloridkonzentrationen im Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil).

Die durchschnittliche **Silikatkonzentration** ist 2016 mit 3,6 mg/L gegenüber dem auffälligen Vorjahreswert (3,8 mg/L) wieder leicht zurückgegangen (2014 und 2013: 3,3 mg/L). Analog zu der Entwicklung bei der Gesamtphosphorkonzentration kommt es seit 2012 zu einer Zunahme in den tiefen Wasserschichten unter 100 m.

Der Bodensee-Obersee mit der Station Fischbach-Uttwil weist eine für einen oligotrophen Alpensee typische **Planktonentwicklung** auf mit einer durch Kieselalgen geprägten Blüte in den Sommermonaten und insgesamt niedriger Phytoplankton-Biomasse (Jahresdurchschnitt 0,66 mg/L) und Chlorophyll-a-Konzentration (Jahresdurchschnitt 2,3 µg/L) (Tab. 1). Auffällig war im Jahr 2016 eine vergleichsweise hohe Biomasse an Cyanobakterien im Herbst, die durch die Burgunderblutalge *Planktothrix rubescens* dominiert wurde (Abb. 7). Das Auftreten dieser Art wurde im Jahr 2016 zum ersten Mal sicher für den Bodensee-Obersee nachgewiesen.

Die Burgunderblutalge *Planktothrix rubescens* ist durch ihre Pigmentierung an Schwachlicht-Bedingungen adaptiert und schichtet sich in der Regel im Bereich der Sprungschicht ein. Die stabile Wetterlage im August/September und damit ungestörter Schichtung bot ideale Voraussetzungen für die Burgunderblutalge, um hohe Zelldichten zu erreichen.

Das Auftreten der Burgunderblutalge wurde auch vom Vorarlberger Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit (Probestelle Bregenzer Bucht) sowie vom Limnologischen Institut der Universität Konstanz und der Bodenseewasserversorgung (Überlingersee) in ähnlich hohen Zellzahlen beobachtet.

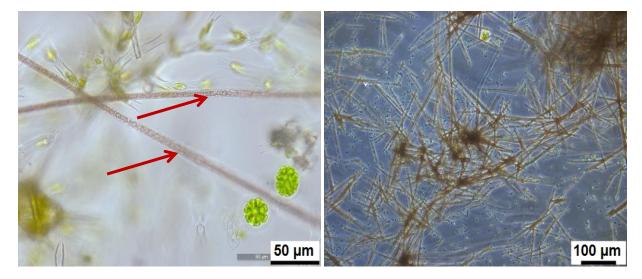


Abb. 7: Aufnahmen von *Planktothrix rubescens* im Lebendfang an der Station Fischbach-Uttwil vom 05.10.2016 (einzelne Zellfäden mit rotem Pfeil gekennzeichnet) und am 22.11.2016. Bildrechte: LUBW.

Weiterhin bemerkenswert für das Jahr 2016 ist der erstmalige Nachweis von Vorkommen der Quagga-Muschel (*Dreissena rostriformis bugensis*). Die Quagga-Muschel kommt ursprünglich aus dem pontokaspischen Raum und wurde durch internationalen Schiffsverkehr in viele Gewässer verbreitet. Nach einem Erstfund im Mai 2016 im Überlingersee vor Wallhausen wurde die Verwandte der Zebra-Muschel, die bereits in den 1960er Jahren in den Bodensee einwanderte, in allen Seeteilen im Bodensee-Obersee gefunden (bislang nicht im Bodensee-Untersee). Dabei hat sich die Tiefenverteilung im Verlauf des Jahres 2016 geändert: Anfangs beschränkten sich die Funde auf Wassertiefen im Bereich von 15-20 m. Im zweiten Halbjahr dagegen breitete sich die Art zunehmend in flachere Bereiche (3 m Wassertiefe) aus. In Abbildung 8 sind die morphologischen Unterscheidungsmerkmale zwischen Quagga- und Zebramuschel abgebildet. Die Zebramuschel hat seitlich eine deutliche Kante während die Quaggamuschel abgerundet ist.



Abb. 8: Im Vergleich: Zebra-Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) und Quaggamuschel (*Dreissena rostrif-ormis bugensis*) links Aufsicht, rechts: Seitenansicht. Häufig sind die Quaggamuscheln auch heller gefärbt als die Dreikantmuscheln. Bildrechte: LUBW.

In der langjährigen Entwicklung des **Crustaceenplanktons** zeigte sich seit 2010 bis ins Jahr 2014 ein geringer, aber kontinuierlicher Anstieg der Jahresmittelwerte. Nachdem 2015 die Jahresmittelwerte abgesunken waren, konnte 2016 wieder ein Anstieg der Abundanzen beobachtet werden. Der Anstieg war bei den Cladoceren stärker ausgeprägt als bei den Copepoden (Tab. 1).

Der Jahresmittelwert der **Rotatorien**abundanz hat sich im Vergleich zu 2015 halbiert (Tab. 1). Die Rotatorien waren zwar zahlenmäßig weit häufiger vertreten als das Crustaceenplankton, spielten bei Betrachtung der Biomasse jedoch nur eine untergeordnete Rolle.

Tab. 1: Kennzahlen ausgewählter biologischer Merkmale an der Station Fischbach-Uttwil

Biologisches Merkmal	Fischbach-Uttwil				
Ø Phytoplankton-Biomasse mg/L; 0-20 m	0,66 (2015: 0,56)				
maximale Phytoplankton-Biomasse mg/L; 0-20 m	2,62 (Juni)				
dominierende Großgruppen Phytoplankton	Bacillariophyceen (45,1%)				
Jahresverlauf; 0-20 m	Cyanobacteria (16,8%)				
Janiesvenaur, 0-20 m	Cryptophyceae (14,9%)				
Ø Chl-a-Konzentration µg/L; 0-20 m	2,3 µg/L (2015: 2,8)				
maximale Chl-a- Konzentration μg/l; 0-20 m	4,4 μg/L (Juni) (Juli 2015: 8,1)				
Ø Cladocerenabundanz (10 ⁴ Individuen/m² Seefläche)	9,17 (2015: 6,6)				
Ø Copodenabundanz (10 ⁴ Individuen/m ² Seefläche)	18,95 (2015: 18,12)				
Ø Rotatorienabundanz (10 ⁴ Individuen/m ² Seefläche)	134,3 (2015: 269,3)				
Besonderheiten: Vorkommen von P. rubescens im Spätsommer, Quagga-Muschel					

Bodensee-Untersee

Die Temperatur- und Schichtungsverhältnisse waren in den drei Seeteilen Rheinsee, Zellersee und Gnadensee durch den meteorologisch milden Winter 2015/2016 geprägt.

Im **Rheinsee** wurden am 14.01.2016 nahezu homotherme Verhältnisse mit Wassertemperaturen von 6,1 - 6,0 °C (0-45 m) erreicht. Unter winterlichen Bedingungen erfolgte im Februar 2016 eine weitere Auskühlung mit Temperaturen am 18.02.2016 zwischen 5,4 °C oberflächennah und 5,1 °C in 45 m Wassertiefe. Im weiteren Jahresverlauf erwärmte sich der Wasserkörper bis am 28.06.2016 im Rahmen des monatlichen Messprogramms 23,4 °C registriert wurden. Die Temperaturen an den tiefsten Stellen folgen einem ausgeprägten Jahresgang ($T_{min} = 5,1$ °C am 18.02.2016 und $T_{max} = 8,5$ °C am 11.10.2016) (Abb. 9, unten).

Im **Zellersee** (Wassertiefe: 22 m) und **Gnadensee** (Wassertiefe: 19 m) herrschten wie auch im Rheinsee im Februar nahezu homotherme Verhältnisse. Die Höchsttemperaturen wurden jeweils am 01.08.2016 mit 23,7 °C (Gnadensee) und 23,0 °C (Zellersee) gemessen. Aufgrund der flacheren Morphometrie wurden leicht höhere Maximal- und Minimaltemperaturen an den tiefsten Stellen dieser Teilbecken registriert (T_{min} Gnadensee = 4,7 °C, T_{min} Zellersee = 5,1 °C, jeweils am 08.02.2016 und 07.03.2016; T_{max} Gnadensee = 9,5 °C, T_{max} Zellersee = 10,9 °C, jeweils am 07.11.2016) (Abb. 9, Mitte).

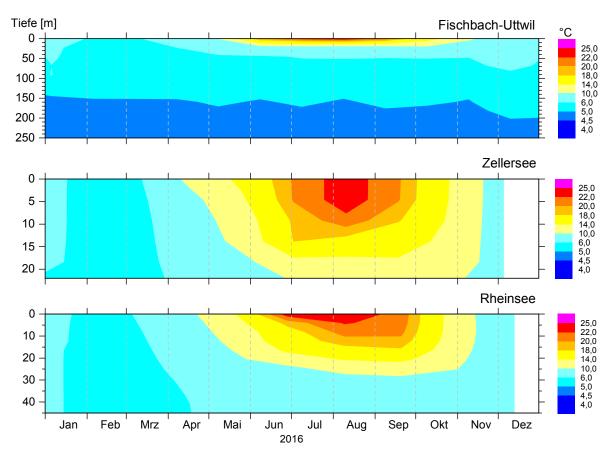


Abb. 9: Temperaturisoplethen im Jahresverlauf 2016 an den Stationen im Obersee (Fischbach-Uttwil, oben), Zellersee (Mitte) und Rheinsee (unten).

Die Konzentration des **Gesamtphosphors** lag 2016 im Rheinsee mit einem Jahresmittel von 8,4 μ g/L auf Vorjahresniveau (2015: 8,5 μ g/L). Der Gehalt im Rheinsee wird hauptsächlich vom Eintrag aus dem Obersee bestimmt. Auch im Zellersee ist das Jahresmittel 2016 mit 15 μ g/L auf Vorjahresniveau (15 μ g/L) geblieben. Es hat damit wieder das Niveau von 2010 erreicht, nachdem 2011 ein vorübergehender Rückgang auf 13 μ g/L zu beobachten war. Auch der Gnadensee hat 2016 mit einem Gesamtphosphorgehalt von 12 μ g/L wieder das Niveau von 2010 (13 μ g/L) erreicht, nachdem er 2011 auf 10 μ g/L gefallen war. Im Zeller- und Gnadensee spielt neben den Zuflusseinträgen auch die von Jahr zu Jahr variierende P-Freisetzung aus den Sedimenten eine wichtige Rolle für den P-Haushalt.

Der Gehalt an **anorganischem Stickstoff** (Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumstickstoff) mit Nitrat als Hauptkomponente hat im Rheinsee mit 0,78 mg/L im Vergleich zum Vorjahr (2015: 0,71 mg/L) zugenommen. Der N-Gehalt im Zellersee lag 2016 mit 0,91 mg/L anorganischem Stickstoff ebenfalls über dem Vorjahreswert (2015: 0,85 mg/L). Eine leichte Abnahme an anorganischem Stickstoff im Rahmen der Schwankungsbreite wurde im Gnadensee mit 0,61 mg/L (2015 0,63 mg/L) beobachtet.

Der minimale **Sauerstoffgehalt** über dem Seeboden betrug im Rheinsee 2016 1,7 mg/L nachdem 2015 wie auch 2014 der Tiefenwasserbereich mit 0,1 mg/L nahezu sauerstofffrei war. Im Tiefenwasserbereich des Zellersees konnte 2016 ein Sauerstoff-Minimum von 0,4 mg/L beobachtet werden. Bereits 2014 wurde ein Restgehalt an Sauerstoff 0,6 mg/L nachgewiesen, nachdem 2013 der Tiefenwasserbereich sauerstofffrei war. Der Gnadensee wies über dem Seeboden im herbstlichen Minimum 2016 wie die Jahre zuvor keinen Sauerstoff auf. Lediglich 2013 wurde ein minimaler Sauerstoff-Restgehalt von 0,1 mg/L gefunden.

Auch im Bodensee-Untersee mit den Stationen Zellersee, Gnadensee und Rheinsee ist die **Gesamt-Phytoplanktonbiomasse** und Chlorophyll-a-Konzentration niedrig. Anstelle der sommerlichen Kieselalgenblüte wie im Obersee tritt diese bereits im Frühjahr auf, in 2016 bereits im Februar mit den höchsten Phytoplankton-Biomassen des Jahres. Neben den Bacillariophyceen wird die Phytoplankton-Gemeinschaft stärker von Cryptophyceen geprägt als im Bodensee-Obersee - darunter viele kleine, gut fressbare Formen. Im Vergleich zum Vorjahr waren die Phytoplankton-Biomassen wieder auf einem niedrigen Niveau (Tab. 2).

Das **Crustaceenplankton** muss für jede Untersee-Station separat betrachtet werden. Im Zellersee hat die durchschnittliche Abundanz von Crustaceen von 2015 zu 2016 zugenommen, aufgrund deutlich höherer Cladocerenabundanzen (Tab. 2). Im Gnadensee dagegen sind die Abundanzen von Cladoceren und Crustaceen im Vergleich zum Vorjahr etwa gleich hoch geblieben (Tab. 2). Im Rheinsee sind die Abundanzen deutlich niedriger als im Zeller- und Gnadensee. Ein Vergleich mit den Vorjahreswerten ist nur eingeschränkt möglich, da bei der Probenahme ein Methodenwechsel stattgefunden hat.

Der Jahresmittelwert der **Rotatorien**abundanz hat sich im Vergleich zu 2015 im Zellersee und Gnadensee verringert, im Rheinsee ist dieser Wert auf einem ähnlichen Niveau wie 2015. Die Rotatorien waren zwar zahlenmäßig weit häufiger vertreten als das Crustaceenplankton, spielten bei Betrachtung der Biomasse in der Regel nur eine untergeordnete Rolle.

Tab. 2: Kennzahlen ausgewählter biologischer Merkmale an den Untersee-Stationen Zellersee, Gnadensee, Rheinsee.

	Zellersee	Gnadensee	Rheinsee			
	(0-20 m)	(0-18 m)	(0-20 m)			
Ø Phytoplankton-	0,72	0,59	0,51			
Biomasse mg/L	(2015: 1,2).	(2015: 1,1)	(2015: 0,86)			
max. Phytoplankton- Biomasse mg/L	1,54 (Februar)	0,96 (Februar)	0,84 (Februar)			
dominierende Phyto- planktongruppen Jah-	Bacillariophyceen (45,1%)	Cryptophyceen (32,5%)	Bacillariophyceen (34,5%)			
resverlauf	Cryptophyceen (29,09%)	Bacillariophyceen (25,7%)	Cryptophyceen (33,5%)			
Ø Chl-a- Konzentration µg/L	3,7 (2015: 5,0)	3,1 (2015: 5,1)	2,1 (ohne März u. Mai)			
	(2015. 5,0)	(2015. 5,1)	(2015: 1,4; ohne August)			
maximale Chl-a- Konzentration μg/L	8,5 (Februar)	4,4 (Februar)	4,1 (Oktober)			
Ø Cladoceren-	28,1	16,47	5,49			
abundanz (10 ⁴ Individuen/m² Seefläche)	(2015: 14,29)	(2015: 15,33)	(2015: 7,36)			
Ø Copodenabundanz	25,93	29,81	12,38			
(10 ⁴ Individuen/m ² Seefläche)	(2015: 23,07)	(2015: 30,8)	(2015: 30,76)			
Ø Rotatoriena-	221,76	166,84	129,98			
bundanz (10 ⁴ Individuen/m² Seefläche)	(2015: 264,64)	(2015: 266,3)	(2015:129,16)			
Besonderheiten	Vorkommen von <i>P. rubescens</i> im Spätsommer					

Fazit und Handlungsbedarf

Die Wasserqualität des Bodensees befindet sich weiterhin in einem einwandfreien Zustand.

Der Gesamtphosphorgehalt im Obersee liegt in einem Bereich, der für einen oligotrophen Alpensee typisch ist. Auf diesem Niveau finden geringe Schwankungen statt, die u.a. durch interne Prozesse induziert werden.

Nach einer Häufung von Jahren mit unvollständiger Zirkulation im Obersee weist das herbstliche Sauerstoffminimum im Tiefenwasser 2016 den niedrigsten Wert seit mehr als 20 Jahren auf.

Im Untersee wird die trophische Entwicklung neben den P-Einträgen über die Zuflüsse auch von der variierenden Freisetzung aus den Sedimenten beeinflusst.

Durch das regelmäßige IGKB - Monitoring können besondere Phänomene erkannt und beschrieben werden. Die Ergebnisse der Freiwasseruntersuchungen bestätigen eindrücklich den positiven Effekt der Gewässerschutzmaßnahmen aller Länder und Kantone im Einzugsgebiet des Bodensees. Angesichts des starken Nutzungsdrucks und der Einflüsse des Klimawandels auf die Tiefenwassererneuerung gilt weiterhin, die erreichten Erfolge nachhaltig zu sichern.

Zustandsbeschreibung 2017

Bodensee-Obersee

Bei den **Wasserständen** 2017 wechselten sich Phasen niedriger Wasserstände mit erhöhten Werten im Jahresverlauf mehrfach ab. Auffällig waren die zum Teil deutlich niedrigen Wasserstände im Juni, Juli und August (Abb. 1). Demgegenüber waren die Wasserstände ab September ausnahmslos höher als die Mittelwerte, wobei sich die Wasserstände im Dezember kurzzeitig den langjährigen Extremwerten annäherten, diese jedoch nicht erreichten.

Die in den Vorjahren beobachtete Zweiteilung des Jahres mit relativ zu den Mittelwerten erhöhten Werten in der ersten Jahreshälfte und erniedrigten Werten in der zweiten Jahreshälfte konnte in 2017 nicht beobachtet werden.

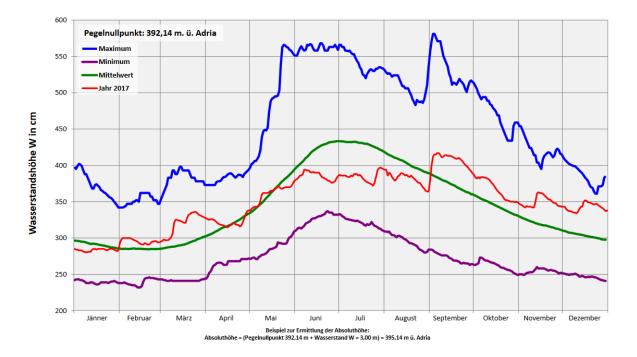


Abb. 1: Pegelverlauf an der Station Bregenz (Bezugszeitraum der Seejahresganglinien: 1864-2014, Daten: Amt der Vorarlberger Landesregierung).

Abflüsse: Das Jahr 2017 unterschied sich ebenso wie in den Wasserständen auch in seinem Abflussverhalten des Hauptzuflusses Alpenrhein vom Vorjahr. Im Gegensatz zu den Vorjahren, in denen die maximalen Abflüsse häufig im Mai oder Juni anzutreffen waren, wurde der höchste Abflusswert in 2017 am 1. September mit 1086 m 3 /s gemessen (Tagesmittelwert 671 m 3 /s). Im Mai und Juni waren zwar wieder im Durchschnitt erhöhte mittlere monatliche Abflusswerte (Q_M) anzutreffen (Q_M = 308 m 3 /s und 360 m 3 /s

für Mai und Juni), jedoch war dieses frühsommerliche Abflussgeschehen weniger deutlich ausgeprägt als in den Vorjahren.

Meteorologisch ist das Jahr 2017 in Deutschland nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) dadurch gekennzeichnet, dass es zu den acht wärmsten Jahren seit Beginn der regelmäßigen Temperaturmessungen im Jahr 1881 gehört. Mit 9,6 °C war das Jahr 2017 im Mittel um +1,4 Grad wärmer als die Vergleichstemperatur der international gültigen Referenzperiode 1961 bis 1990 – verglichen mit der späteren Vergleichsperiode von 1981 bis 2010 – war 2017 um +0,7 Grad wärmer (Quelle: Deutscher Wetterdienst). In Konstanz lag dabei die Jahresmitteltemperatur mit 10,7 °C um +1,7 Grad über der Referenzperiode 1961 bis 1990 mit 9,0 °C.

Mit 1805 Sonnenstunden war 2017 darüber hinaus ein sehr sonnenscheinreiches Jahr, das mit diesem Wert deutlich über dem langjährigen Mittelwert von 1607 Sonnenscheinstunden lag.

Die oberflächlichen **Wassertemperaturen** Anfang des Jahres 2017 waren durch den relativ milden Winter 2016/2017 geprägt. An der Station Fischbach-Uttwil lagen die Oberflächentemperaturen am 10.01.2017 und 07.02.2017 mit 5,7 °C und 5,1 °C im Vergleich zum Jahr 2016 niedriger, aber ansonsten im Bereich der mittleren Temperaturen zu dieser Zeit. In 250 m Wassertiefe wurde eine Temperatur von 4,9 °C registriert, die 5 °C-Isotherme lag zu dieser Zeit in einer Tiefe von etwa 170 m.

Bis Anfang März veränderte sich diese Temperatur- und Schichtungssituation nicht wesentlich. Der geringste Temperaturunterschied zwischen Oberflächentemperatur und Temperatur in 250 m Wassertiefe wurde am 07.02.2017 gemessen und betrug 0,2 Grad (0 m: 5,1 °C; 250 m: 4,9 °C) und zeigte damit eine nahezu homotherme Schichtungssituation an. Der vertikale Ausgleich von Stoffkonzentrationen erfolgte aber nur unzureichend, was sich im weiterhin negativen Zirkulationsindex zeigt (Abb. 2). Am 07.08.2017 wurde an der Station Fischbach-Uttwil mit 22,9 °C die höchste Wassertemperatur im Jahr 2017 gemessen. Die 5 °C-Isotherme befand sich zu dieser Zeit in einer Tiefe von etwa 100 m. Während der Abkühlungsphase im Herbst/Winter sanken die oberflächlichen Temperaturen bis auf 7,6 °C am 05.12.2017 ab. An diesem Termin wurde in 250 m Wassertiefe eine Temperatur von 4,8 °C gemessen.

2017 betrug die Konzentration des **Gesamtphosphors** im volumengewichteten Jahresmittel 7,5 μ g/L. Damit liegt diese unter dem Vorjahreswert von 8,0 μ g/L (Abb.2). Insgesamt liegt die mittlere Konzentration an Gesamtphosphor in einem für große oligotrophe Alpenseen typischen Bereich. In der Zirkulationsphase 2017 (Mittelwert Februar bis April) wurde ein Wert von 8,0 μ g/L festgestellt (2016: 7,9 μ g/L, 2015: 8,5 μ g/L).

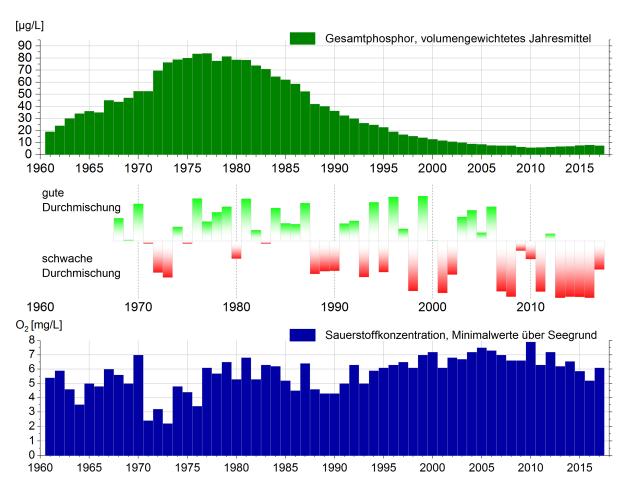


Abb. 2: Langfristige Entwicklung der Gesamtphosphorkonzentrationen (oben), der Zirkulation (Mitte) und der minimalen Sauerstoffkonzentrationen über Grund (unten) im Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil).

Die **Sauerstoffgehalte** im tiefen Hypolimnion des Obersees haben sich 2017 aufgrund der "etwas weniger schlechten" Zirkulation geringfügig gegenüber dem Vorjahr (2016: 5,2 mg/L) erholen können. Im Jahresverlauf 2017 wurde in 250 m Tiefe eine kontinuierliche Abnahme bis zum herbstlichen Minimum im November von 6,1 mg/L beobachtet. (2012: 7,2 mg/L bis 2016: 5,2 mg/L) (Abb. 2).

Als Konsequenz mehrerer aufeinanderfolgender Jahre ohne Vollzirkulation kam es von 2012 bis 2016 zu einer Konzentrationszunahme an Gesamtphosphor in den tiefen Wasserschichten unter 100 m. Am deutlichsten zeigt sich die Zunahme direkt über dem Seegrund in etwa 250 m Wassertiefe (Abb. 3). Im Frühjahr 2017 kam es aufgrund der "etwas weniger schlechten" Zirkulation zu einer teilweisen Erholung der hohen Phosphorkonzentrationen über Grund.

Der **anorganische Stickstoff** (Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumstickstoff) mit Nitrat als Hauptkomponente liegt 2017 wie auch 2016 mit einem Jahresmittel von 0,89 mg/L leicht unter den Wert von 2015 von 0,91 mg/L. Damit liegt die Konzentration an anorganischem Stickstoff seit Anfang der 1980er Jahre im Bereich von ca. 0,9-1,0 mg/L (Abb. 4).

Chlorid als Indikator vielfältiger Einträge aus dem Siedlungsbereich liegt nach zunehmendem Trend von 2004 (5 mg/L) bis 2013 (6,9 mg/L) seither konstant im Bereich 6,9-7,0 mg/L (Abb. 4), 2017 erstmals bei 7,1 mg/L. Ein beträchtlicher Teil der Zunahme stammt aus der winterlichen Straßensalzung, wie im Grünen Bericht 37 ausgeführt wurde.

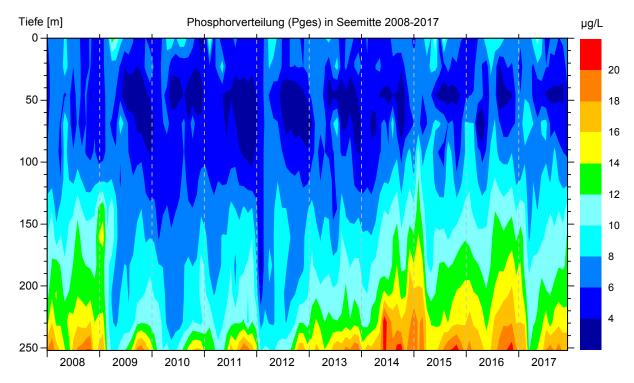


Abb. 3: Gesamtphosphorverteilung in Seemitte (Fischbach-Uttwil) von 2008 bis 2017.

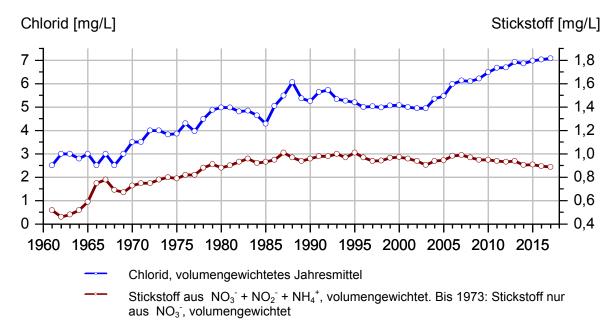


Abb. 4: Langfristige Entwicklung der Stickstoff- und Chloridkonzentrationen im Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil).

Die durchschnittliche **Silikatkonzentration** ist 2017 mit 3,3 mg/L nochmals gegenüber dem Vorjahreswert (3,6 mg/L) und dem auffälligem Wert von 2015 von 3,8 mg/L zurückgegangen und liegt wieder auf dem Niveau von 2014 und 2013 (3,3 mg/L). Analog zu der Entwicklung bei der Gesamtphosphorkonzentration kam es seit 2012 zu einer Zunahme in den tiefen Wasserschichten unter 100 m.

Der Bodensee-Obersee mit der Station Fischbach-Uttwil weist eine für einen oligotrophen Alpensee typische **Planktonentwicklung** auf mit einer durch Kieselalgen geprägten Blüte in den Sommermonaten und insgesamt niedriger Phytoplankton-Biomasse (Jahresdurchschnitt 0,51 mg/L) und Chlorophyll-a-Konzentration (Jahresdurchschnitt 2,8 µg/L) (Tab. 1). Auffällig im Jahr 2017 war im Mai und Juni eine vergleichsweise hohe Biomasse des autotrophen Picoplanktons, das sind Cyanobakterien und Phytoplankton < 2 µm (wird durch Fluoreszenzmikroskopie gezählt), das Anfang Juni die Biomasse des restlichen Phytoplanktons überstieg, was aber daran lag, dass das übrige Phytoplankton nahezu komplett von Zooplankton konsumiert worden war (Klarwasserstadium).

Nach dem Erstnachweis des Vorkommens der **Quagga-Muschel** (*Dreissena rostriformis bugensis*) im Jahr 2016 kam es 2017 zu einer massiven Ausbreitung der Quagga-Muscheln. Eindeutig nachzuweisen war die starke Ausbreitungstendenz durch das ganzjährige Vorkommen von Dreissena-Larven im Zooplanktonfang (bezogen auf 0-100 m) in Seemitte (Abb. 5). Während in den Jahren vor 2016 nur in den Sommermonaten Larven gefunden wurden, konnten 2017 ganzjährig Muschellarven nachgewiesen werden. Es ist davon auszugehen, dass die in den Wintermonaten gefundenen Larven ausschließlich von Quagga-Muscheln stammen, da bekannt ist, dass Quagga-Muscheln bereits bei niedrigeren Temperaturen als Dreikantmuscheln reproduzieren können. Während 2016 noch kein Fund aus dem Bodensee-Untersee bekannt war, waren 2017 erste Nachweise auch im Untersee möglich (z.T. sogar auf Feinsubstrat).

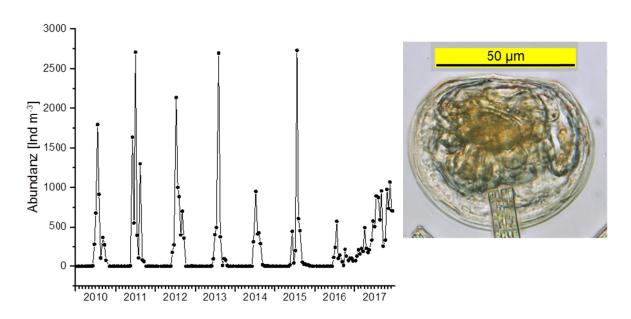


Abb. 5: links: Dreissena-Veligerlarven an der Station Fischbach-Uttwil aus der 0-100 m Probe, rechts: Dreissena-Veligerlarve. Bildrechte: LUBW.

In der langjährigen Entwicklung des **Crustaceenplanktons** zeigte sich seit 2010 bis ins Jahr 2014 ein geringer, aber kontinuierlicher Anstieg der Jahresmittelwerte. Nachdem 2016 die Abundanzen bei den Copepoden deutlich angestiegen waren, fielen diese wieder auf deutlich geringere Werte ab, während bei den Cladoceren ein weiterer Anstieg festzustellen war (Tab. 1). Dieser beruhte fast ausschließlich auf der starken Zunahme des Helmwasserflohs *Daphnia cucullata*. Diese Art trat an der Station Fischbach-Uttwil erstmals 2007 und erst ab dem Jahr 2016 in größerer Abundanz auf (Abb. 6) und machte im Jahr 2017 57 % der gesamten Cladocerenbiomasse aus.

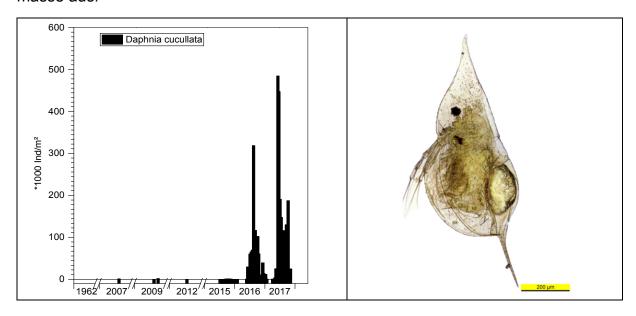


Abb. 6: links: Vorkommen von *Daphnia cucullata* im Bodensee-Obersee an der Station Fischbach-Uttwil von 1962 bis 2017, rechts: *Daphnia cucullata* mit Ei. Bildrechte: LUBW.

Der Jahresmittelwert der **Rotatorien**abundanz hat sich im Vergleich zu 2016 wieder erhöht (Tab. 1). Die Rotatorien waren zwar zahlenmäßig weit häufiger vertreten als das Crustaceenplankton, spielten aber nur im März/April mit ca. 40 % der Gesamtbiomasse eine Rolle.

Die durchschnittliche Biomasse des Zooplanktons weist für den Bodensee-Obersee (bezogen auf 0-20 m) mit 80 μ gTM/L auf deutlich oligotrophe Bedingungen hin, hat aber im Vergleich zu 2016 (56 μ gTM/L) zugenommen (Tab. 1).

Tab. 1: Kennzahlen ausgewählter biologischer Merkmale an der Station Fischbach-Uttwil.

Biologisches Merkmal	Fischbach-Uttwil	
Ø Phytoplankton-Biomasse mg/L; 0-20 m	0,51 (2016: 0,66)	
maximale Phytoplankton-Biomasse mg/L; 0-20 m	1,42 (Oktober)	
	Bacillariophyceen (47,5 %)	
dominierende Großgruppen Phytoplankton	Cryptophyceae (19,1 %)	
Jahresverlauf; 0-20 m	Dinophyceae (16,6 %)	
	Cyanobacteria (7,6 %)	
Ø Chl-a- Konzentration µg/L; 0-20 m	2,8 (2016: 2,3)	
maximale Chl-a- Konzentration μg/l; 0-20 m	5,5 (Oktober) (Juni 2016: 4,4)	
Ø Cladocerenabundanz (10 ⁴ Individuen/m² Seefläche)	15,6 (2016: 9,17)	
Ø Copodenabundanz (10 ⁴ Individuen/m ² Seefläche)	15,16 (2016: 18,95)	
Ø Rotatorienabundanz (10 ⁴ Individuen/m ² Seefläche)	219,8 (2016: 134,3)	
Ø Zooplanktonbiomasse (µg TM/L, bezogen auf 0-20m)	80 (2016: 56)	

Bodensee-Untersee

Die Temperatur- und Schichtungsverhältnisse waren in den drei Seeteilen Rheinsee, Zellersee und Gnadensee durch den meteorologisch relativ milden Winter 2016/2017 geprägt.

Im **Rheinsee** wurde am 23.01.2017 eine inverse Schichtung mit Wassertemperaturen von 1,8 °C an der Wasseroberfläche und 3,3 °C in einer Wassertiefe von 45 m vorgefunden. Im weiteren Verlauf wurde der Wasserkörper unter milden winterlichen Bedingungen durchmischt, so dass am 13.02.2017 oberflächlich eine Temperatur von 3,3 °C und in 45 m Wassertiefe eine Temperatur von 3,5 °C gemessen wurde. Im weiteren Jahresverlauf erwärmte sich der Wasserkörper bis im Rahmen des monatlichen Routinemonitorings am 04.07.2017 mit 22,1 °C der höchste Messwert des Jahres registriert wurde. Die Temperatur an der tiefsten Stelle folgt einem ausgeprägten Jahresgang (T_{min} = 3,3 °C am 23.01.2017 und T_{max} = 9,0 °C am 10.10.2017).

Im **Zellersee** (Wassertiefe: 22 m) wurden wie auch im Rheinsee Anfang Januar am 09.01.2017 leicht inverse Schichtungsverhältnisse mit einer Oberflächentemperatur von 3,8 °C und einer maximalen Temperatur von 4,4 °C in 20 m Wassertiefe registriert. Im weiteren Verlauf kühlte sich der Wasserkörper bis in den Februar unter Erhaltung dieser leicht inversen Schichtung weiter aus, wobei am 06.02.2017 eine Oberflächentemperatur von 2,3 °C gemessen und in 22 m eine Temperatur von 3 °C registriert wurde.

Im **Gnadensee** (Wassertiefe: 19 m) wurde ein ähnlicher Temperaturverlauf wie im Zellersee vorgefunden. Am 09.01.2017 wurde ebenfalls eine inverse Temperaturschichtung registriert mit einer oberflächlichen Temperatur von 2,4 °C und einer Temperatur von 3,7 °C an der tiefsten Stelle.

Die **oberflächlichen Höchsttemperaturen** wurden jeweils am 08.08.2017 mit 23,9 °C (Gnadensee) und 23,1 °C (Zellersee) gemessen.

Aufgrund der flacheren Morphometrie wurden im Vergleich zum Rheinsee leicht höhere **Tiefenwassertemperaturen** an den tiefsten Stellen dieser Teilbecken registriert (minimale Tiefenwassertemperatur im Gnadensee T_{min} = 3,7 °C am 09.01.2017 und im Zellersee T_{min} = 3 °C am 06.02.2017; maximale Tiefenwassertemperatur im Gnadensee T_{max} = 10,5 °C und Zellersee T_{max} = 11,8 °C jeweils am 06.11.2017).

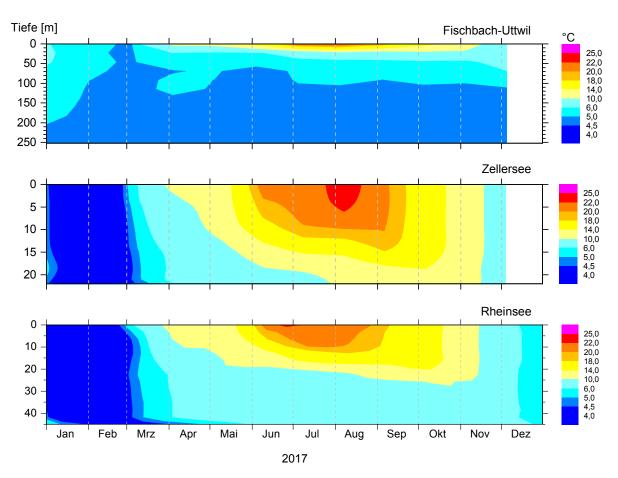


Abb. 7: Temperaturisoplethen im Jahresverlauf 2017 an den Stationen im Obersee (Fischbach-Uttwil, oben), Zellersee (Mitte) und Rheinsee (unten).

Die Konzentration des **Gesamtphosphors** lag 2017 im Rheinsee mit einem Jahresmittel von 7,6 μ g/L unter dem Vorjahreswert (2016: 8,4 μ g/L). Der Gehalt im Rheinsee wird hauptsächlich vom Eintrag aus dem Obersee bestimmt. Auch im Zellersee hat der Jahresmittelwert 2017 mit 13,5 μ g/L leicht gegenüber dem Vorjahreswert (15 μ g/L) abgenommen. Im Gnadensee zeigt sich 2017 ein Gesamtphosphorgehalt von 14 μ g/L und es wird wieder das Niveau von 2010 (13 μ g/L) erreicht, nachdem er 2011 auf 10 μ g/L gefallen war. Im Zeller- und Gnadensee spielt neben den Zuflusseinträgen auch die von Jahr zu Jahr variierende P-Freisetzung aus den Sedimenten eine wichtige Rolle für den P-Haushalt.

Der Gehalt an **anorganischem Stickstoff** (Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumstickstoff) mit Nitrat als Hauptkomponente im Rheinsee 2017 entspricht mit 0,78 mg/L dem Vorjahreswert). Der N-Gehalt im Zellersee lag 2017 mit 0,85 mg/L anorganischem Stickstoff unter dem Vorjahreswert (2016: 0,91 mg/L). Eine leichte Abnahme an anorganischem Stickstoff wurde im Gnadensee mit 0,56 mg/L (2016: 0,61 mg/L; 2015: 0,63 mg/L) beobachtet.

Der minimale **Sauerstoffgehalt** über dem Seeboden betrug im Rheinsee 2017 1,5 mg/L (2016: 1,7 mg/L). 2015 und 2014 war der Tiefenwasserbereich mit 0,1 mg/L nahezu sauerstofffrei. Im Tiefenwasserbereich des Zellersees konnte 2017 ein Sauerstoff-Minimum von 1,1 mg/L beobachtet werden. Bereits 2014 wurde ein Restgehalt an Sauerstoff 0,6 mg/L nachgewiesen, nachdem 2013 der Tiefenwasserbereich sauerstofffrei war. Der Gnadensee wies über dem Seeboden im herbstlichen Minimum 2017 wie die Jahre zuvor keinen Sauerstoff auf. Lediglich 2013 wurde ein minimaler Sauerstoff-Restgehalt von 0,1 mg/L gefunden.

Auch im Bodensee-Untersee mit den Stationen Zellersee, Gnadensee und Rheinsee ist die **Gesamt-Phytoplanktonbiomasse** und Chlorophyll-a-Konzentration niedrig. Anstelle der sommerlichen Kieselalgenblüte wie im Obersee tritt diese bereits im Frühjahr auf, im Jahr 2017 bereits im März mit den höchsten Phytoplankton-Biomassen des Jahres. Neben den Bacillariophyceen wird die Phytoplankton-Gemeinschaft wie im Obersee ebenfalls von Cryptophyceen geprägt. Im Vergleich zum Vorjahr sind die Phytoplankton-Biomassen im Zellersee leicht und im Gnadensee deutlich angestiegen. Der Anstieg ist vor allem auf die ausgeprägte Frühjahrsblüte zurückzuführen. Im Rheinsee blieb die Phytoplanktonbiomasse unverändert niedrig (Tab. 2).

Das **Crustaceenplankton** muss für jede Untersee-Station separat betrachtet werden. Im Zellersee hat die durchschnittliche Abundanz von Crustaceen nach einer Zunahme im Jahr 2016 aufgrund eines Rückgangs bei den Cladoceren wieder abgenommen (Tab. 2). Im Gnadensee dagegen sind die Gesamtabundanzen im Vergleich zum Vorjahr etwa gleich hoch geblieben, haben sich aber deutlich zugunsten der Copepoden verschoben (Tab. 2). Im Rheinsee sind die Abundanzen deutlich niedriger als im Zeller- und Gnadensee, aber vergleichbar wie im Vorjahr.

Der Jahresmittelwert der **Rotatorien**abundanz hat sich im Vergleich zu 2016 im Zellersee und Gnadensee verringert, im Rheinsee hat sich der Wert leicht erhöht. Die Rotatorien waren zwar zahlenmäßig weit häufiger vertreten als das Crustaceenplankton, spielten bei Betrachtung der Biomasse in der Regel nur eine untergeordnete Rolle. Lediglich im Rheinsee lieferten die Rotatorien mit bis zu 45 % der Gesamtbiomasse einen deutlichen Beitrag zur Zooplanktongemeinschaft.

Die durchschnittlichen Biomassen des Zooplanktons weisen für den Zeller- und Gnadensee auf schwach mesotrophe Bedingungen, für den Rheinsee auf deutlich oligotrophe Bedingungen hin (Tab. 2).

Tab. 2: Kennzahlen ausgewählter biologischer Merkmale an den Untersee-Stationen Zellersee, Gnadensee, Rheinsee.

	Zellersee	Gnadensee	Rheinsee
	(0-20 m)	(0-18 m)	(0-20 m)
Ø Phytoplankton- Biomasse mg/L	0,87	0,93	0,51
	(2016: 0,72).	(2016: 0,59)	(2016: 0,51)
max. Phytoplankton- Biomasse mg/L	2,57 (März)	3,57 (März)	1,35 (März)
dominierende Phyto- planktongruppen Jah- resverlauf	Bacillariophyceen (63,9 %)	Bacillariophyceen (60,9 %)	Bacillariophyceen (51,6 %)
	Cryptophyceen (21,3 %)	Cryptophyceen (17,8 %)	Cryptophyceen (30 %)
Ø Chl-a-	5,4	5,2	1,6
Konzentration μg/L	(2016: 3,7)	(2016: 3,1)	(2016: 2,1; ohne März u. Mai)
maximale Chl-a-	13,3 (März)	7,7 (Januar)	3,1 (April)
Konzentration μg/L		7,5 (April)	
Ø Cladoceren-	17,17	8,33	6,21
abundanz (10 ⁴ Individuen/m ² Seefläche)	(2016: 28,1)	(2016: 16,47)	(2016: 5,49)
Ø Copodenabundanz (10 ⁴ Individuen/m ² Seefläche)	21,24	39,2	12,74
	(2016: 25,93)	(2016: 29,81)	(2016: 12,38)
Ø Rotatoriena- bundanz (10 ⁴ Indivi- duen/m² Seefläche)	176,35	153,73	173,88
	(2016: 221,76)	(2016: 166,84)	(2016:129,98)
Ø Zooplanktonbio-	103	156	45
masse (µg TM/L)	(2016: 93)	(2016: 126)	(2016: 41)

Fazit und Handlungsbedarf

Die Wasserqualität des Bodensees befindet sich weiterhin in einem einwandfreien Zustand.

Der Gesamtphosphorgehalt im Obersee liegt in einem Bereich, der für einen oligotrophen Alpensee typisch ist. Auf diesem Niveau finden geringe Schwankungen statt, die u.a. durch interne Prozesse induziert werden.

Im Untersee wird die trophische Entwicklung neben den P-Einträgen über die Zuflüsse auch von der variierenden Freisetzung aus den Sedimenten beeinflusst.

Durch das regelmäßige IGKB - Monitoring können besondere Phänomene erkannt und beschrieben werden. Die Ergebnisse der Freiwasseruntersuchungen bestätigen eindrücklich den positiven Effekt der Gewässerschutzmaßnahmen aller Länder und Kantone im Einzugsgebiet des Bodensees. Der starke Nutzungsdruck auf den See, die Einflüsse des Klimawandels und die Neozoeninvasionen rechtfertigen nach wie vor die hohen Anforderungen der IGKB an den Gewässerschutz.

Untersuchungsprogramm Freiwasser

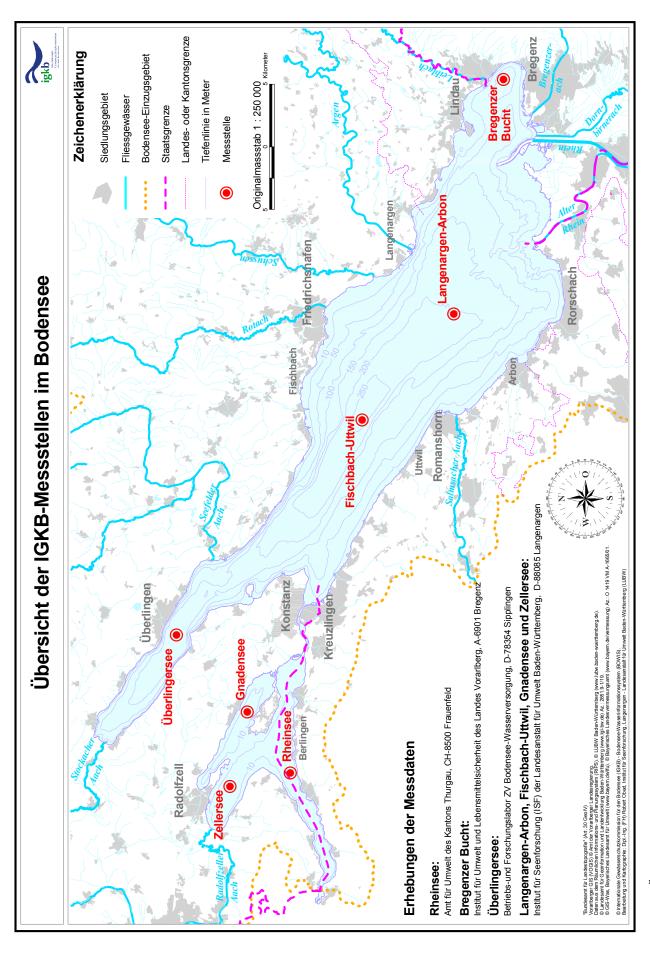
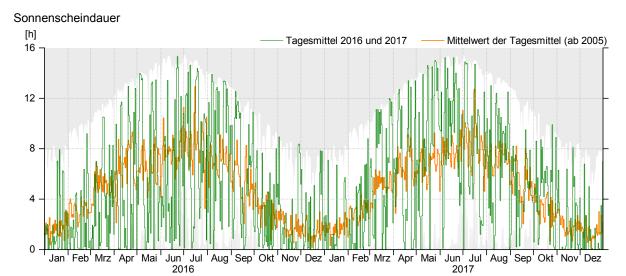
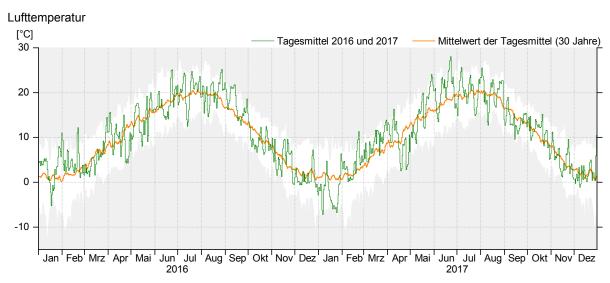


Abb. 1: Übersichtskarte der IGKB-Messstellen im Bodensee.

Meteorologie





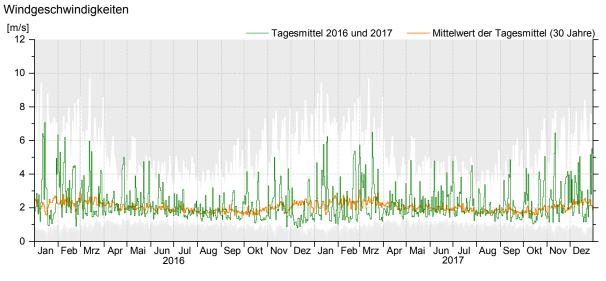


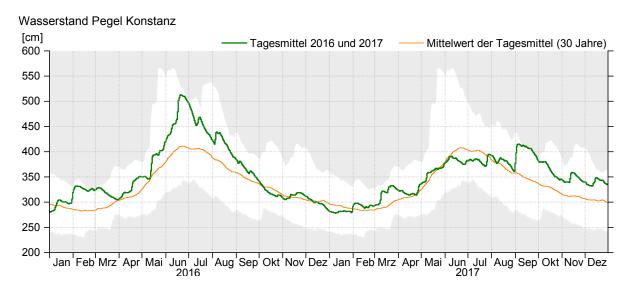
Abb. 2: Meteorologische Größen mit Bereichen zwischen Maxima und Minima langjähriger Tagesmittel. Quelle: Daten der Wetterstation Konstanz des Deutschen Wetterdienstes (DWD).

Meteorologisch ist das Jahr 2016 nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) dadurch gekennzeichnet, dass es weltweit die höchste Jahresmitteltemperatur seit Beginn der flächendeckenden meteorologischen Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 aufweist und den Rekordwert von 2015 übersteigt. Die Lufttemperaturen in der Bodenseeregion zeigten gegenüber den langjährigen Mittelwerten speziell im Januar (+2,3 °C), Februar (+3,0 °C) und im September (+3,0 °C) besonders hohe positive Temperaturabweichungen (Daten der Wetterstation Konstanz des DWD).

Das Jahr 2017 gehört dagegen zu den acht wärmsten Jahren seit Beginn der regelmäßigen Temperaturmessungen. Mit 9,6 °C war das Jahr 2017 im Mittel um +1,4 Grad wärmer als die Vergleichstemperatur der international gültigen Referenzperiode 1961 bis 1990 – verglichen mit der späteren Vergleichsperiode von 1981 bis 2010 – war 2017 um +0,7 Grad wärmer (Quelle: Deutscher Wetterdienst). In Baden-Württemberg lag dabei die Jahresmitteltemperatur mit 9,4 °C um +1,3 Grad über den langjährigen Mittelwerten von 8,1 °C.

Mit 1805 Sonnenstunden war 2017 darüber hinaus ein sehr sonnenscheinreiches Jahr, das mit diesem Wert deutlich über dem langjährigen Mittelwert von 1607 Sonnenscheinstunden lag.

Hydrologie



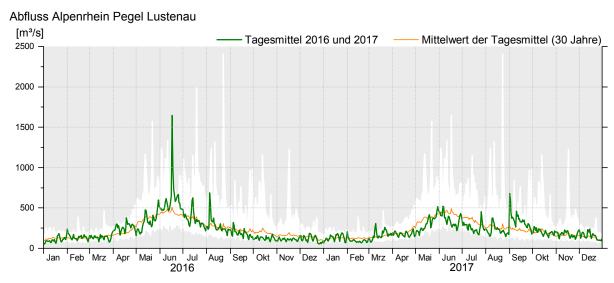


Abb. 3: Hydrologische Größen; Wasserstand Pegel Konstanz und Abfluss Alpenrhein Pegel Lustenau. Quellen: Hochwasser-Vorhersage-Zentrale (HVZ) Baden-Württemberg, BodenseeOnline.

Die Wasserstände zeigten 2016 mit Ausnahme von Februar, März, Juni und Juli geringe Abweichungen von den langjährigen Mittelwerten. Wie in den Jahren zuvor ergab sich eine interessante Teilung des hydrologischen Jahres, in dem die Wasserstände in der ersten Jahreshälfte von Januar bis August fast ausnahmslos über den langjährigen Mittelwerten verblieben, während in der zweiten Jahreshälfte lang anhaltende trockene Perioden zu einem nahezu kontinuierlichen Rückgang der Pegelstände führten, die durch kurze Phasen kleinerer Pegelanstiege unterbrochen wurden. Das Jahr war durch ein ausgeprägtes Hochwasser im Juni gekennzeichnet, in dessen Verlauf Wasserstände von maximal 5,13 m (Pegel Konstanz) am 21.06.2016 erreicht wurden, was einem 10 jährigen Hochwasser entspricht. Im Verlauf dieses Hochwassers kam es seeweit zu

Überflutungen von ufernahen Flächen und Wegen und zu einem hohen Treibholzaufkommen.

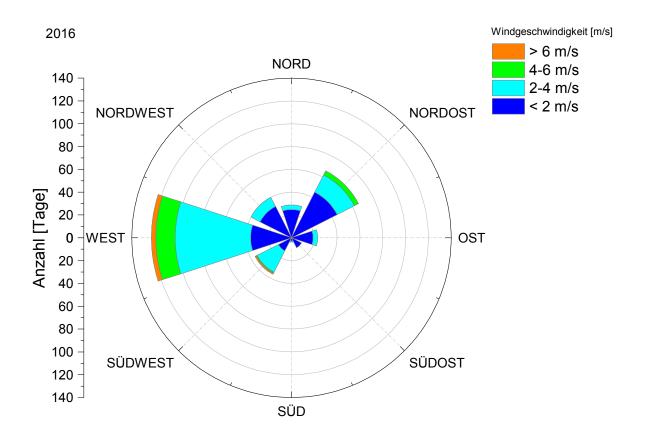
Ursächlich für das Junihochwasser waren die hohen **Abflüsse des Alpenrheins**, bei dem am 17.06.2016 ein maximaler Abflusswert von 2193 m³/s (Tagesmittelwert: 1581 m³/s) registriert wurde. Während des Hochwassers erfolgte die Ausbreitung des Flusswassers des Alpenrheins in erheblichem Maß bodennah, was sich mit Messungen an Verankerungen nachweisen ließ.

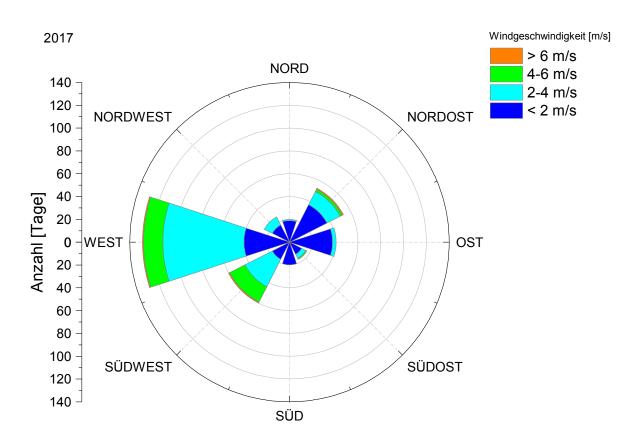
Im Jahr 2017 zeigten die Wasserstände mit Ausnahme der herbstlichen Periode meist nur geringe Abweichungen von den langjährigen Mittelwerten. Dabei wechselten Phasen relativ niedriger Wasserstände mit solchen mit gegenüber den Mittelwerten erhöhten Werten einander im Jahresverlauf mehrfach ab. Auffällig waren die zum Teil erniedrigten Wasserstände im Juni und Juli. Demgegenüber waren die Wasserstände ab September ausnahmslos höher als die Mittelwerte, wobei sich die Wasserstände im Dezember kurzzeitig den langjährigen Extremwerten annäherten, diese jedoch nicht erreichten.

Die in den Vorjahren beobachtete Zweiteilung des Jahres mit relativ zu den Mittelwerten erhöhten Werten in der ersten Jahreshälfte und erniedrigten Werten in der zweiten Jahreshälfte konnte 2017 nicht beobachtet werden.

Das Jahr 2017 unterschied sich ebenso wie in den Wasserständen auch in seinem Abflussverhalten des Hauptzuflusses Alpenrhein vom Vorjahr. Im Gegensatz zu den Vorjahren in denen die maximalen Abflüsse häufig im Mai oder Juni anzutreffen waren, wurde der höchste Abflusswert in 2017 am 1. September mit 1086 m³/s gemessen (Tagesmittelwert 671 m³/s). Im Mai und Juni waren zwar wieder im Durchschnitt erhöhte mittlere monatliche Abflusswerte (Q_M) anzutreffen (Q_M =308 m³/s und 360 m³/s für Mai und Juni) jedoch war dieses frühsommerliche Abflussgeschehen weniger deutlich ausgeprägt als in den Vorjahren.

Windverteilung





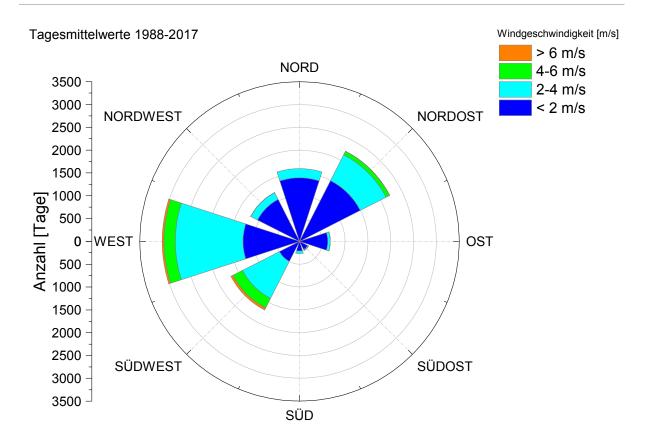


Abb. 4: Häufigkeitsverteilung des Windes für die Jahre 2016 und 2017 (obere Abbildungen) bzw. die letzten 30 Jahre (untere Abbildung). Quelle: Daten der Wetterstation Konstanz des Deutschen Meteorologischen Dienstes (DWD).

Die Windverteilungen der Jahre 2016 und 2017 zeigen sehr ähnliche Richtungsverteilungen, die Abweichungen von den langjährig gemittelten Verteilungen der Windrichtungen und -geschwindigkeiten aufweisen, die jedoch im Rahmen der normalen Wettervariabilität liegen. Auffällig ist die gegenüber den Mittelwerten in beiden Jahren verminderte Häufigkeit der Windereignisse aus nördlicher Richtung.

Wassertemperaturen an der Oberfläche und über Grund

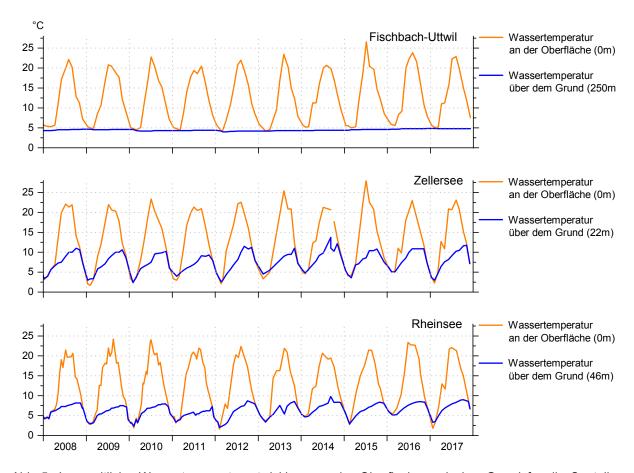


Abb. 5: Langzeitliche Wassertemperaturentwicklung an der Oberfläche und über Grund für die Seeteile Obersee (Messstelle Fischbach-Uttwil), Zellersee und Rheinsee.

Die langzeitliche Entwicklung der Wassertemperatur zeigt relativ ähnliche zeitliche Verläufe für die Oberflächenwassertemperatur der drei Seeteile Obersee, Zellersee und Rheinsee im Jahr 2016 und 2017. Die Wassertemperaturen an den jeweils tiefsten Stellen dieser Seeteile variieren jedoch aufgrund der unterschiedlichen maximalen Wassertiefen sehr stark. Während sich die Temperaturen im Obersee an der Station Fischbach-Uttwil in 250 m Wassertiefe zwischen 4 und 5 Grad Celsius bewegen, sind die Variationen der Wassertemperatur an den tiefsten Stellen des Zellersees (D=22 m) und des Rheinsees (D=46 m) stärker ausgeprägt und unterliegen einem starken saisonalen Gang. Dieser ist aufgrund der geringen Wassertiefe im Zellersee deutlicher als im Rheinsee.

Darüber hinaus wurden aufgrund der meteorologisch warmen Jahre 2016 und 2017 ebenfalls hohe Wassertemperaturen im Messprogramm der IGKB gemessen.

Die oberflächlichen Wassertemperaturen Anfang des Jahres 2016 und Anfang des Jahres 2017 waren durch die milden Winter 2015/2016 und 2016/2017 geprägt. An

der Station Fischbach-Uttwil lagen die Oberflächentemperaturen am 18.01.2016 und 02.02.2016 mit 6,5 °C und 5,9 °C vergleichsweise hoch.

Der geringste Temperaturunterschied zwischen Oberflächentemperatur und Temperatur in 250 m Wassertiefe wurde am 08.03.2016 gemessen und betrug 0,9 °C (0 m: 5,6 °C; 250 m; 4,7 °C). Damit blieb nach den Jahren 2014 und 2015 auch Anfang des Jahres 2016 ein deutlicher vertikaler Temperaturgradient bestehen und es wurde keine vollständige Durchmischung des Sees erreicht.

Anfang 2017 lagen die Oberflächentemperaturen am 10.01.2017 und 07.02.2017 mit 5,7 °C und 5,1 °C im Vergleich zum Jahr 2016 niedriger aber ansonsten im Bereich der mittleren Temperaturen zu dieser Zeit. In 250 m Wassertiefe wurden eine gegen 2016 weiter erhöhte Temperatur von 4,9 °C registriert, die 5 °C-Isotherme lag zu dieser Zeit in einer Tiefe von etwa 170 m.

Im Winter 2015/2016 wie auch 2016/2017 gab es keine vollständige vertikale Durchmischung des Bodensee-Obersees.

Am 02.08.2016 wurde an der Station Fischbach-Uttwil mit 23,9 °C die höchste Wassertemperatur im Jahr 2016 gemessen.

Am 07.08.2017 wurde an der Station Fischbach-Uttwil mit 22,9 °C die höchste Wassertemperatur im Jahr 2017 gemessen.

Wärmeinhalt

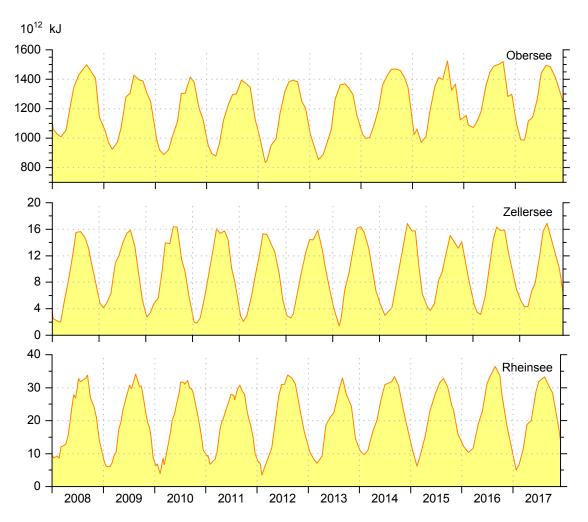


Abb. 6: Wärmeinhalt in den Seeteilen Obersee (0-250m), Zellersee (0-22m) und Rheinsee (0-46m).

Der zeitliche Verlauf des Wärmeinhaltes in den verschiedenen Seeteilen ermöglicht eine Abschätzung der zeitlich integrierten Wärmeflüsse im Bodensee. Für die Jahre 2016 und 2017 werden im Obersee – repräsentiert durch die Temperaturmessungen der Station Fischbach-Uttwil – Werte für den Wärmeinhalt des Bodensees erreicht, die gemäß den hohen mittleren Lufttemperaturen in den Jahren 2016 und 2017 im Vergleich der letzten 10 Jahre überdurchschnittliche Werte erreichen. Auffällig sind die für den Winter 2015/2016 relativ hohen Wärmeinhalte in der Winterperiode, die mit einem meteorologisch milden Wintern korrelieren (Abb. 6).

Für den Zellersee und den Rheinsee bewegen sich die ermittelten Werte der Wärmeinhalte für die Jahre 2016 und 2017 im Bereich der normalen Schwankungsbreite.

Wassertemperatur

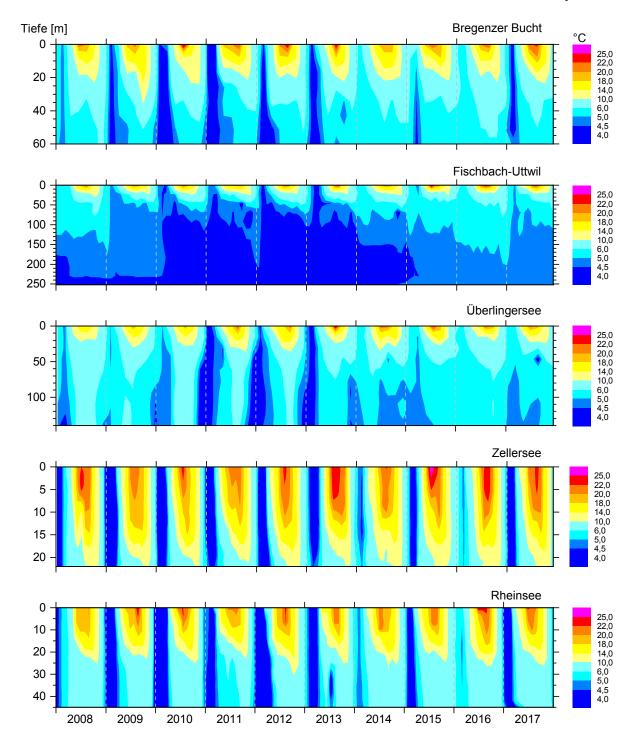


Abb. 7: Wassertemperaturverteilung in der Bregenzer Bucht, in Seemitte (FU) im Obersee, im Überlingersee, sowie im Zellersee und Rheinsee im Untersee.

Die Wassertemperatur war 2008 in allen Seeteilen relativ warm, wobei die kalte Lufttemperatur Anfang 2009 in allen Seeteilen zur Abkühlung führte (Abb. 7). Ab März 2010 fiel die Temperatur in Wassertiefen größer als 100 m wieder unter 4,5 °C. Erst Ende 2011 erfolgte hier teilweise wieder eine Erwärmung über 4,5 °C. Im Frühjahr 2013 erreichte die Wassertemperatur im Obersee letztmalig weitgehend ausgeglichene Temperaturverhältnisse auf relativ niedrigem Niveau. Sowohl im Frühjahr 2014 als auch 2015 blieb ein deutlicher Temperaturgradient bestehen, sodass es zu keiner vollständigen Durchmischung der Wassersäule kam. Nach den milden Wintern 2013/14, 2014/15 und 2015/16, führten kältere Temperaturverhältnisse im Winter 2016/17 zur Auflösung des Temperaturgradienten in allen Seeteilen außer dem Überlingersee. In Fischbach-Uttwil sank die Temperatur auf 5 °C und in den anderen Seeteilen unter 4,5 °C. In der Seemitte des Obersees, in der Bregenzer Bucht, im Überlingersee und im Rheinsee werden Temperaturen über 10 °C nur in Wasserschichten bis etwa 25 m Tiefe erreicht. Im flachen Zellersee erreichen die Temperaturen bis in Grundnähe regelmäßig über 10 °C. Auch die Maximaltemperaturen liegen im Zellersee wie auch im Rheinsee häufig über jenen im Obersee in Seemitte.

Im Gegensatz zu den Vorjahren konnte sich der Temperaturgradient in allen Seeteilen außer in Seemitte im Obersee im Frühjahr 2016 auflösen (Abb. 8). Die oberflächlichen Wassertemperaturen Anfang des Jahres 2016 waren durch den sehr milden Winter 2015/2016 geprägt. An der Station Fischbach-Uttwil lagen die Oberflächentemperaturen am 18.01.2016 und 02.02.2016 mit 6,5 °C und 5,9 °C vergleichsweise hoch. In 250 m Wassertiefe wurden Temperaturen von 4,6 °C bzw. 4,7 °C registriert, die 5 °C-Isotherme lag in einer Tiefe von etwa 140 m. Bis Anfang März veränderte sich diese Temperatur- und Schichtungssituation nicht wesentlich. Der geringste Temperaturunterschied zwischen Oberflächentemperatur und Temperatur in 250 m Wassertiefe wurde am 08.03.2016 gemessen und betrug 0,9 °C (0 m: 5,6 °C; 250 m; 4,7 °C). Damit blieb nach den Jahren 2014 und 2015 auch Anfang des Jahres 2016 ein deutlicher vertikaler Temperaturgradient bestehen und es wurde keine vollständige Durchmischung des Sees erreicht.

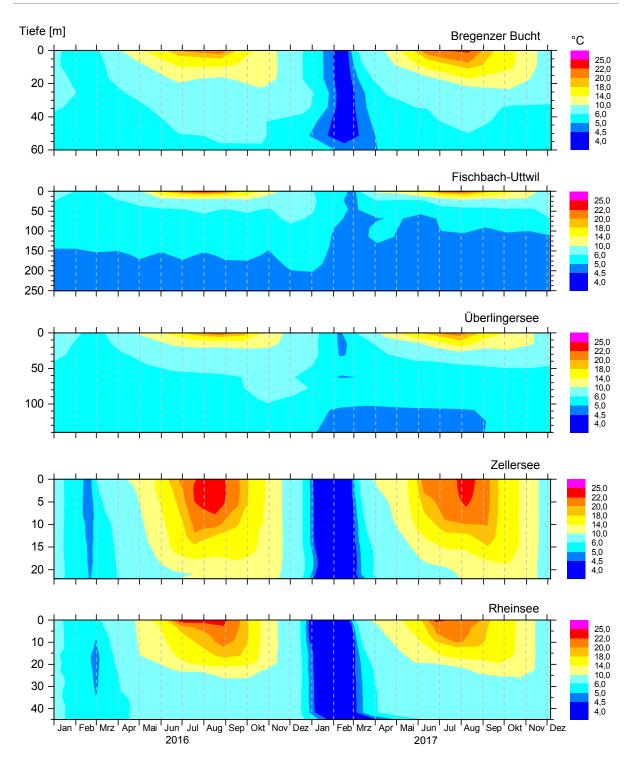


Abb. 8: Wassertemperaturverteilung in den Jahren 2016/2017 in der Bregenzer Bucht, in Seemitte im Obersee (Messstelle Fischbach-Uttwil), im Überlingersee, sowie im Zellersee und Rheinsee im Untersee.

Am 02.08.2016 wurde an der Station Fischbach-Uttwil mit 23,9 °C die höchste Wassertemperatur im Jahr 2016 gemessen. Die 5 °C-Isotherme befand sich zu dieser Zeit immer noch in einer Tiefe von etwa 150 m. Während der Abkühlungsphase im Herbst/Winter sanken dann die oberflächlichen Temperaturen bis auf 7,8 °C am 06.12.2016 ab.

Erst im Jahr 2017 gab es auch in Seemitte einen ausgeglichenen vertikalen Temperaturgradienten. Dort lagen die homothermen Verhältnisse jedoch über 4,5 °C. Temperaturen unter 4,5 °C wurden 2016 und 2017 im Überlingersee noch in Seemitte gemessen. Im Zellersee und im Rheinsee fiel die Temperatur im Januar und Februar 2017 unter 4,5 °C. In der Bregenzer Bucht war dies bis fast zum Grund ebenso.

Die oberflächlichen Wassertemperaturen Anfang des Jahres 2017 waren durch den relativ milden Winter 2016/17 geprägt. An der Station Fischbach-Uttwil lagen die Oberflächentemperaturen am 10.01.2017 und 07.02.2017 mit 5,7 °C und 5,1 °C im Vergleich zum Jahr 2016 niedriger aber ansonsten im Bereich der mittleren Temperaturen zu dieser Zeit. In 250 m Wassertiefe wurden eine Temperatur von 4,9 °C registriert, die 5 °C-Isotherme lag zu dieser Zeit in einer Tiefe von etwa 170 m.

Bis Anfang März veränderte sich diese Temperatur- und Schichtungssituation nicht wesentlich. Der geringste Temperaturunterschied zwischen Oberflächentemperatur und Temperatur in 250 m Wassertiefe wurde am 07.02.2016 gemessen und betrug 0,2 Grad (0 m: 5,1 °C; 250 m; 4,9 °C) und zeigte damit eine nahezu homotherme Schichtungssituation an. Am 07.08.2016 wurde an der Station Fischbach-Uttwil mit 22,9 °C die höchste Wassertemperatur im Jahr 2017 gemessen. Die 5 °C-Isotherme befand sich zu dieser Zeit in einer Tiefe von etwa 100 m. Während der Abkühlungsphase im Herbst/Winter sanken dann die oberflächlichen Temperaturen bis auf 7,6 °C am 05.12.2016 ab. An diesem Termin wurde in 250 m Wassertiefe eine Temperatur von 4,8 °C gemessen.

Langzeitentwicklung von Sauerstoff, Gesamtphosphor, Ammonium und Nitrat

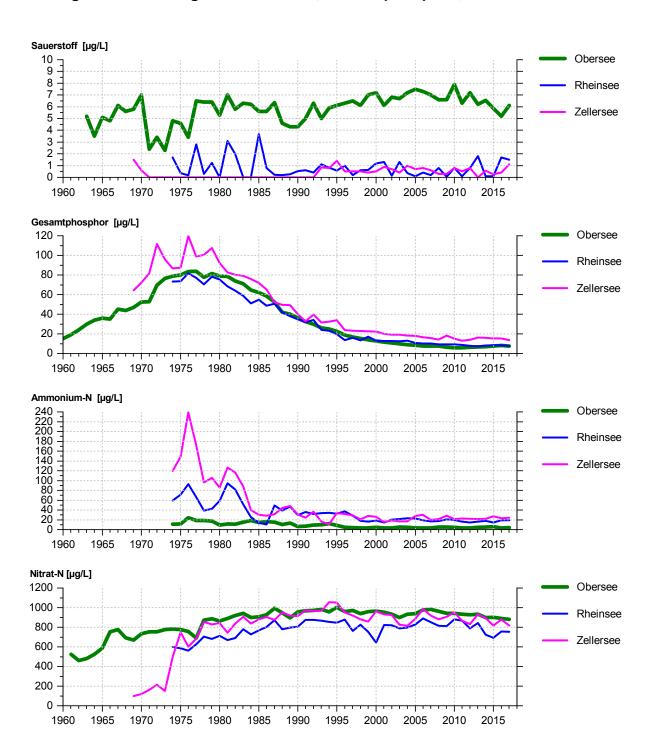


Abb. 9: Übersicht über die Langzeitentwicklung der Sauerstoffminima in 1 m über Grund, sowie der Gesamtphosphor-, Ammonium-N- und Nitrat-N-Jahresmittelwerte in Seemitte Obersee (FU), Zellersee und Rheinsee. Die Parameter werden im Detail bei den jeweiligen Isoplethendarstellungen diskutiert.

Sauerstoff

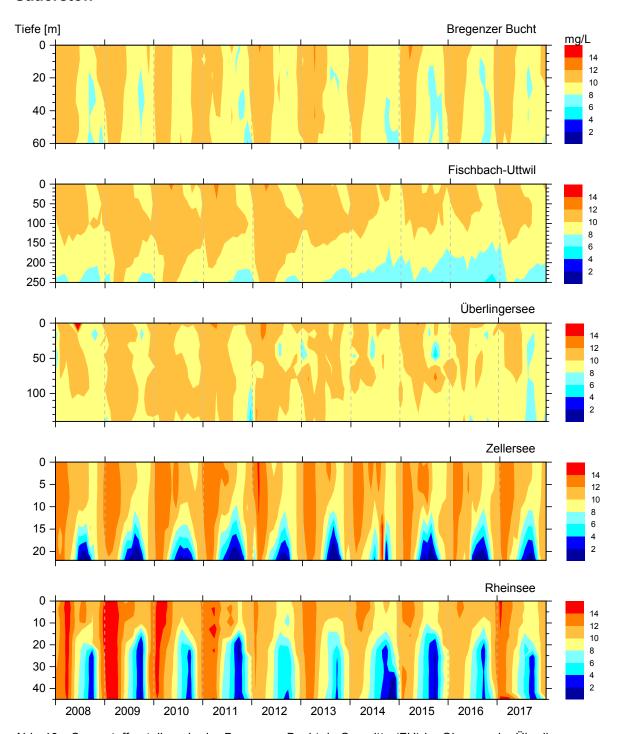


Abb. 10: Sauerstoffverteilung in der Bregenzer Bucht, in Seemitte (FU) im Obersee, im Überlingersee, sowie im Zellersee und Rheinsee im Untersee.

Die Langzeitentwicklung der Sauerstoffminima über Grund zeigt (Abb. 9), dass der Sauerstoff im Rheinsee und Zellersee im Gegensatz zum Obersee, großteils aufgebraucht wird und in den letzten Jahren unter 2 mg/L lag. Im Obersee war die Minimalkonzentration in den letzten Jahren immer über 6 mg/L, außer 2016 mit 5,2 mg/L und 2015 mit 5,9 mg/L.

Die Sauerstoffgehalte in der Nähe des Seegrundes spiegeln die verschiedenen trophischen Verhältnisse in den einzelnen Seeteilen wider. So fallen die herbstlichen Sauerstoffminima im produktiveren Untersee geringer aus als im Obersee. In der Seemitte des tieferen Obersees wird ein Teil der Biomasse bereits in einer Tiefe von 20-25 m abgebaut, was in dieser Zone im Sommer/Herbst zu einer Sauerstoffabnahme führt (Abb. 10).

Im Herbst 2010 wurde in der Seemitte Obersee die beste minimale grundnahe Sauerstoffversorgung seit Beginn der regelmäßigen IGKB-Untersuchungen von 7,9 mg/L beobachtet. Im Verlauf der Sommer 2011 bis 2016 erfolgte aufgrund der fehlenden Vollzirkulation 2010-2016 im tiefen Hypolimnion jeweils eine kontinuierliche Zehrung an Sauerstoff bis zum herbstliche Minimum 5,9 mg/L (2015) und 5,2 mg/L (2016) in 1 m über dem Seegrund. Die Sauerstoffzehrung mit resultierenden Werten kleiner 8 mg/L umfasst 2014 bis 2016 im Vergleich zu den Vorjahren größere Bereiche. Obwohl es auch 2017 keine Vollzirkulation gab, konnten sich die grundnahen Sauerstoffwerte erholen, wodurch die herbstliche Minimalkonzentration bei 6,1 mg/L lag. Im Überlingersee hingegen wurden geringere Sauerstoff-Konzentrationen gemessen als in den Jahren zuvor.

Im Untersee sind regelmäßig anaerobe Verhältnisse in den tiefen Wasserschichten zu finden. Diese reichen im Rheinsee im Herbst kurzzeitig vom Seegrund bis in ca. 20 m Wassertiefe, im Zellersee unterhalb von 15 m Wassertiefe.

Gesamtphosphor

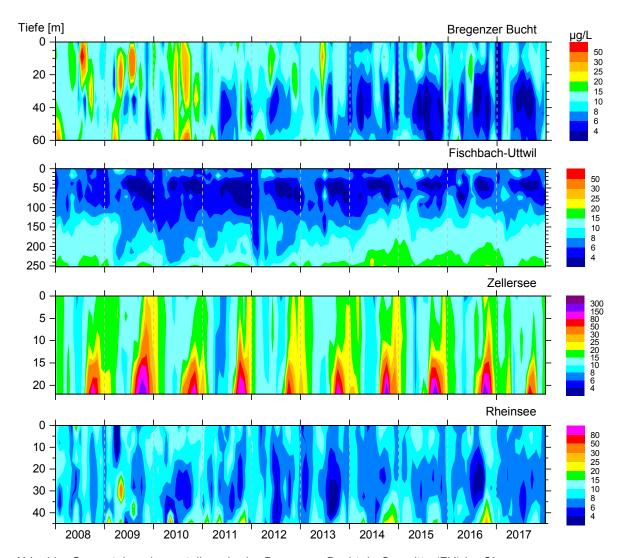


Abb. 11: Gesamtphosphorverteilung in der Bregenzer Bucht, in Seemitte (FU) im Obersee, sowie im Zellersee und Rheinsee im Untersee.

Die Gesamtphosphorgehalte im Obersee haben sich inzwischen auf niedrigem Niveau stabilisiert (Abb. 11). Als Konsequenz mehrerer aufeinanderfolgender Jahre ohne Vollzirkulation kommt es seit 2013 zu einer Konzentrationszunahme in den tiefen Wasserschichten unter 100 m. Am deutlichsten zeigt sich die Zunahme direkt über dem Seegrund in etwa 250 m Wassertiefe. Durch die Nähe zu den Mündungen von Alpenrhein und Bregenzerach sind in der Bregenzer Bucht in den Jahren 2008 bis 2010 aber auch 2013 lokal höhere Phosphorgehalte zu beobachten, während in den Sommern seit 2014 die Konzentrationen in allen Tiefen geringer ausfielen. Auch im Untersee sind die Gesamtphosphorgehalte langfristig rückläufig. Im Vergleich zum Obersee ist der flachere Zellersee wesentlich produktiver. Infolge von Phosphorfreisetzungen aus den Sedimenten ist hier der Phosphorgehalt höher als in den anderen Seeteilen. Im Herbst 2014 und 2016 kommt es auch im Rheinsee zur ausgeprägten Phosphorrücklösung aus dem Sediment.

Orthophosphat

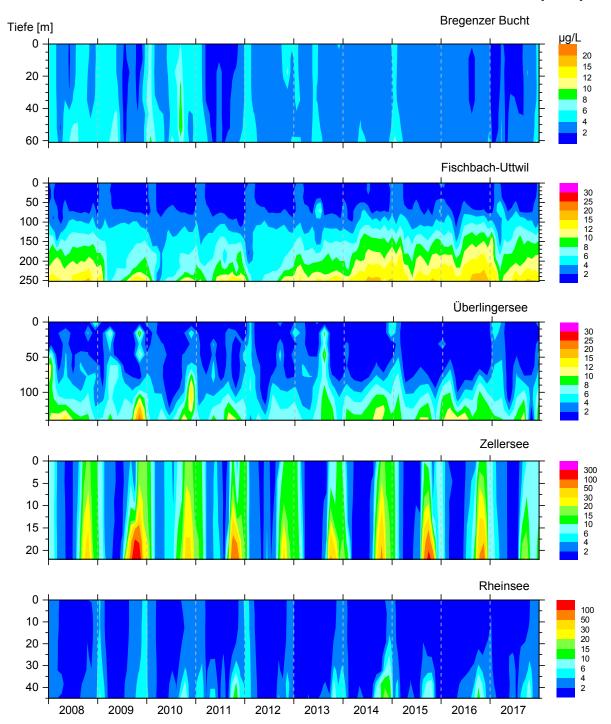


Abb. 12: Orthophosphatverteilung in der Bregenzer Bucht, in Seemitte (FU) im Obersee, im Überlingersee, sowie im Zellersee und Rheinsee im Untersee.

Die Vertikalverteilung von Orthophosphat (Abb. 12) in der Seemitte des Obersees und im Überlingersee wird überwiegend von Produktion bzw. Abbau von Biomasse und Zirkulationsvorgängen bestimmt. Durch unvollständige Durchmischung des Wasserkörpers im Jahr 2008 hat sich Phosphat im Tiefenwasser angereichert und wurde erst im Frühjahr 2009 durch Zirkulation wieder ausgeglichen. Seit 2012 ist der Tiefenwasserkörper nun wieder mit Phosphat angereichert, wobei 2017 die Konzentrationen etwas zurückgegangen sind.

Im Vergleich zum Obersee ist der flachere Zellersee produktiver. Die Phosphorfreisetzung aus den Sedimenten trägt hier zur verzögerten Reoligotrophierung bei. Im Vergleich zum Zellersee ist der Rheinsee wesentlich stärker durch abfließendes Oberseewasser geprägt und der Phosphatrückgang fällt hier deutlicher als im Zellersee aus.

Nitrat ist im Obersee die dominierende anorganische Stickstoffverbindung (Abb. 13). Ammonium und Nitrit spielen nur eine untergeordnete Rolle. Seit Anfang der 1980er Jahre liegt die durchschnittliche Jahreskonzentration ohne langfristigen Trend im Bereich von 0,90 bis 1,01 mg/L.

Die zu Jahresbeginn im Zellersee im Vergleich zum Obersee höheren Nitratwerte werden durch die nitratreiche Radolfzeller Aach verursacht, die dann tief im Zellersee einschichtet. Der im Sommer und Herbst verstärkte Abbau organischer Substanz zehrt in Grundnähe sowohl die Sauerstoff- als auch die Nitratvorräte. Nitrat wird fast vollständig reduziert, was erst während der Vertikalzirkulation wieder ausgeglichen wird. Im Rheinsee zeigt sich, dass am Jahresanfang sowohl über den Seerhein als auch aus dem Zellersee relativ nitratreiches Wasser kommt. Dies ändert sich im Sommerhalbjahr wegen der Nitrataufnahme durch die Algen.

Nitrat

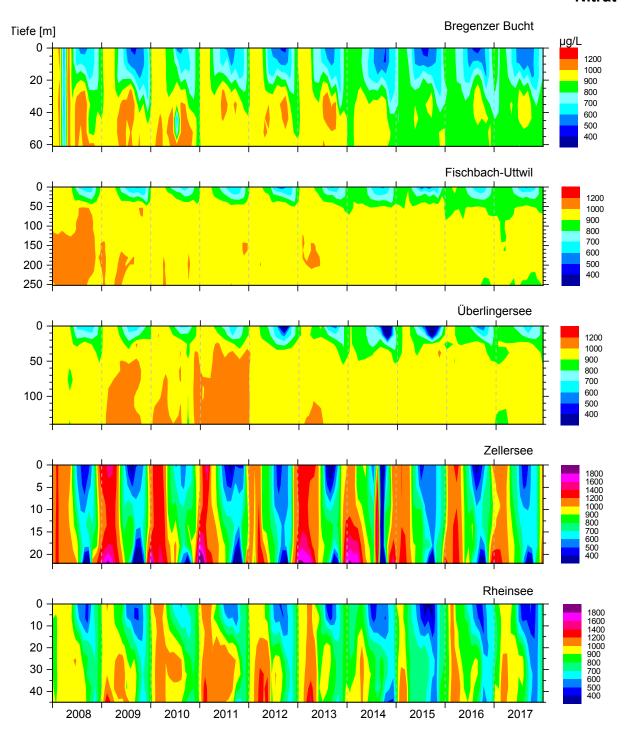


Abb. 13: Nitrat-N-Verteilung in der Bregenzer Bucht, in Seemitte (FU) im Obersee, im Überlingersee, sowie im Zellersee und Rheinsee im Untersee.

Ammonium

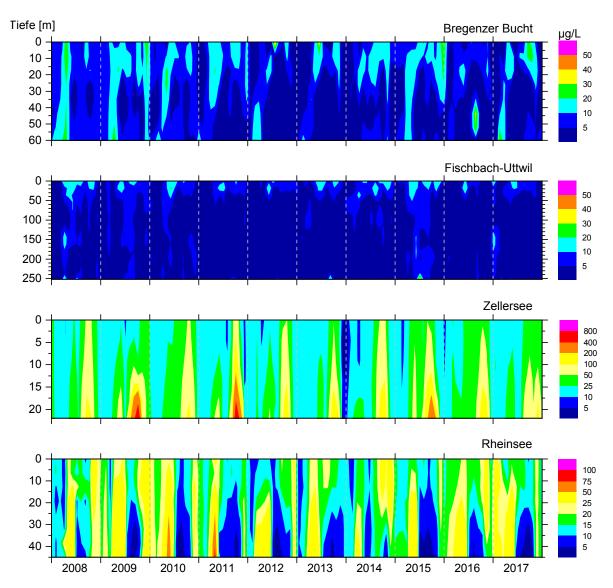


Abb. 14: Ammonium-N-Verteilung in der Bregenzer Bucht, in Seemitte (FU) im Obersee, sowie im Zellersee und Rheinsee im Untersee.

Ammonium ist Teil des mikrobiellen Stickstoffabbaus im See und deutet auf den Abbau von organischer Substanz hin. Die rückläufige Algenproduktion führt insgesamt zu abnehmenden Ammoniumgehalten. In der Seemitte des Obersees sind die geringsten Ammoniumgehalten zu finden und dieser Seeteil ist auch am wenigsten produktiv (Abb. 14).

Im produktiveren Untersee entsteht insbesondere im Zellersee Ammonium im Verlauf des Sommers durch Reduktion von Nitrat in den sauerstoffverarmten Tiefenzonen.

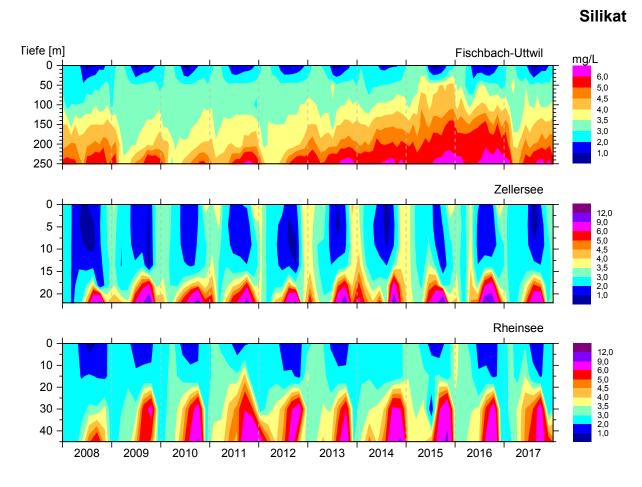


Abb. 15: Silikatverteilung in Seemitte (FU) im Obersee, im Zellersee und im Rheinsee.

Die saisonale Entwicklung der Silikatkonzentration ist in allen Seeteilen durch Zehrungsprozesse (Verbrauch durch Kieselalgen) an der Oberfläche und eine Freisetzung über dem Seegrund durch Abbauvorgänge geprägt. Im Obersee sind Jahre mit guter Vertikalzirkulation (wie 2012) an einer Abnahme des Silikat Vorrats im Tiefenwasser zu erkennen, während sich in Jahren mit unvollständiger Durchmischung das Tiefenwasser mit Silikat anreichert. In Folge mehrerer aufeinander folgender Jahre mit fehlender Vollzirkulation wird seit 2012 eine Konzentrationszunahme in den tiefen Wasserschichten mit immer ausgedehnterem Bereich beobachtet (Abb. 15). Die hohe Silikatkonzentration hat sich erst im Jahr 2017 etwas erholt.

Infolge der höheren Produktion führt die Freisetzung im Zellersee und Rheinsee zu höheren Konzentrationen über dem Seegrund als im Obersee. Allerdings führt die regelmäßigere Vertikalzirkulation im Untersee meist nicht zu einer mehrjährigen Akkumulation in tiefen Wasserschichten.

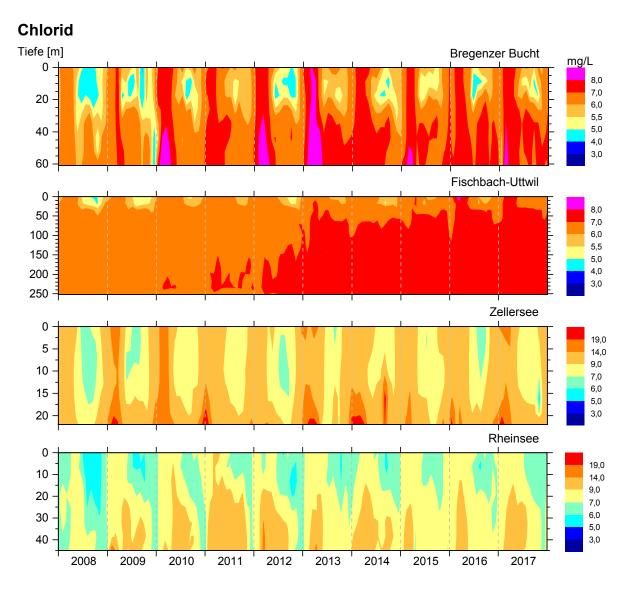


Abb. 16: Chloridverteilung in der Bregenzer Bucht, in Seemitte (FU) im Obersee, sowie im Zellersee und Rheinsee im Untersee.

Im Frühjahr führt die Schneeschmelze zu höheren Abflüssen und geringeren Konzentrationen der Wasserinhaltsstoffe in Rhein und Bregenzerach. Anhand der Konzentrationsrückgänge von Chlorid in der Bregenzer Bucht und in Seemitte Fischbach-Uttwil lassen sich auf diese Weise die bevorzugten Einschichtungstiefen der Zuflüsse im See bei etwa 5-20 m erkennen. Seit 2008 nehmen die Chloridgehalte im Obersee weiter zu. Die Zunahme schreitet dabei kontinuierlich über die gesamte Wassersäule voran. Die höheren Chloridwerte jeweils zu Jahresbeginn im Zellersee werden durch die Radolfzeller Aach verursacht. Mit steigendem Oberseespiegel im Verlauf des Frühjahrs/Sommers dominiert das chloridärmere Oberseewasser den Zellersee und die Gehalte nehmen ab. Die Chloridwerte im Rheinsee werden in erster Linie durch die Verhältnisse im Obersee bestimmt, sind durch den Einfluss des Zellersees jedoch höher als im Obersee (Abb. 16).

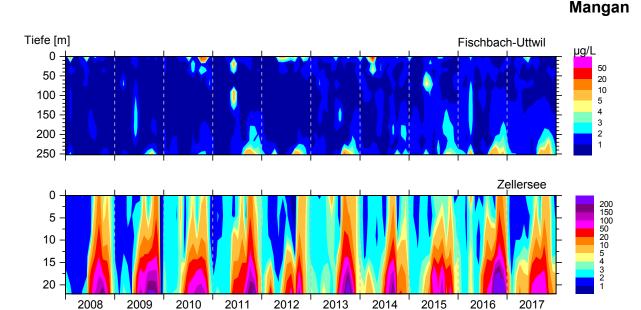


Abb. 17: Manganverteilung in Seemitte (FU) im Obersee und im Zellersee.

An der tiefsten Stelle im Obersee finden zyklisch wiederkehrende Mangan-Freisetzungen nur mehr in sehr geringem Ausmaß statt. Die Anstiege der Mangan-Konzentrationen sind gekoppelt mit dem Abbau von Biomasse über Grund, der im Verlauf der Wachstumsphase zu einer starken Sauerstoffzehrung und einer Absenkung der Redoxpotenziale führt. Dadurch werden schwer lösliche Mangan(IV)-Verbindungen zu leichtlöslichen Mangan(II)-Verbindungen reduziert, die sich im überstehenden Wasser lösen. Vergleichbare Zyklen sind für die saisonale Freisetzung des Eisens und den daran gebundenen Phosphor verantwortlich.

Im Zellersee hingegen ist die Mangan-Freisetzung über dem Seegrund im letzten Jahrzehnt weiterhin hoch (Abb. 17). Hier sind die hohen Konzentrationen bis zur Oberfläche zu finden und nicht auf den Tiefenbereich begrenzt wie dies im Obersee der Fall ist.

Eisen

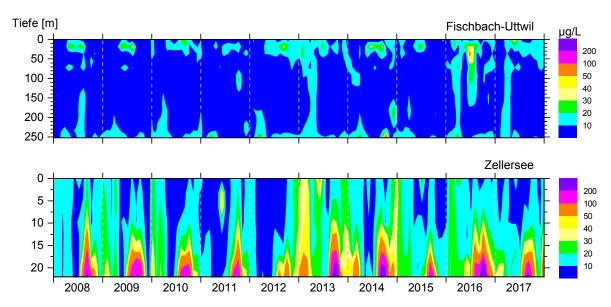


Abb. 18: Eisenverteilung in Seemitte (FU) im Obersee und im Zellersee.

Die saisonale Freisetzung des Eisens bei Absenkung der Redoxpotenziale folgt den gleichen Gesetzmäßigkeiten wie beim Mangan (Abb. 18). Damit sind die Unterschiede zwischen Obersee und Untersee zu erklären. Zusätzlich zeigen erhöhte partikuläre Eisengehalte Flusswasserfahnen an, da im Gegensatz zu mineralischen Schwebstoffen mit Eisengehalten von einigen Prozenten, Algen lediglich Spuren von Eisen enthalten.

Phytoplankton

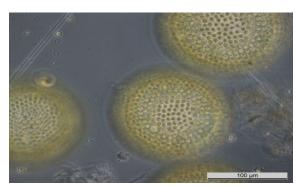


Abb. 19: Volvox (am 07.11.2016 im Zellersee).



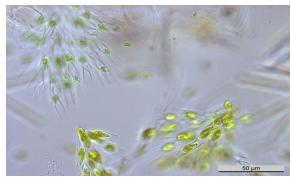


Abb. 21: Dinobryon (am 18.09.2017 im Obersee bei Fischbach-Uttwil).



Abb. 22: Fragilaria (am 18.12.2017 im Obersee bei Fischbach-Uttwil).

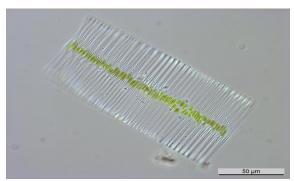


Abb. 23: Fragilaria crotonensis (am 19.10.2017 im Obersee bei Fischbach-Uttwil).

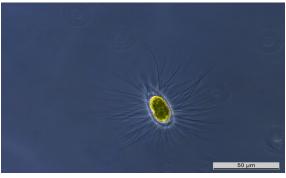


Abb. 24: Mallomonas (am 18.12.2017 im Obersee bei Fischbach-Uttwil).

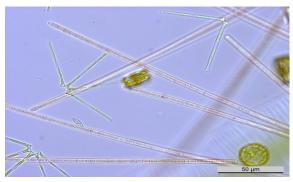


Abb. 25: Planktothrix rubescens (am 08.03.2017 im Obersee bei Fischbach-Uttwil).

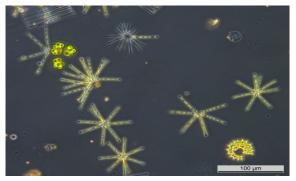


Abb. 26: Asterionella (am 04.12.2017 im Zellersee).

Bildrechte: LUBW

Langzeitentwicklung Phytoplankton im Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil)

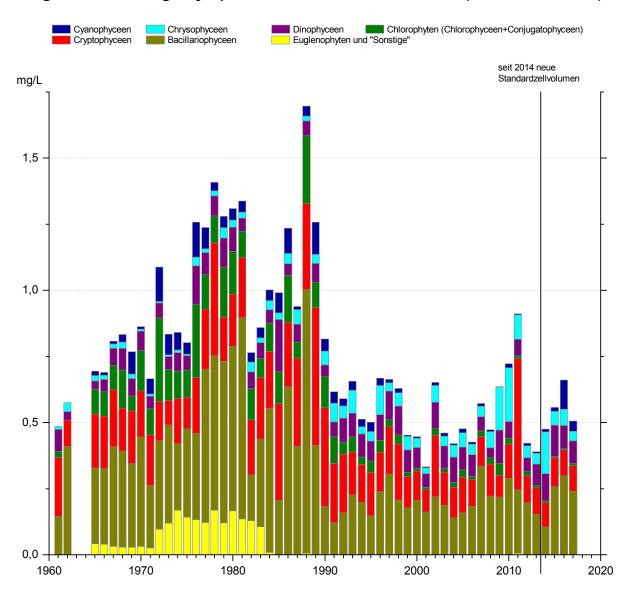


Abb. 27: Langzeitentwicklung des Phytoplanktons im Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil, 1961-2017). Tiefenbereich 1965-1975: 0-50 m; ab 1976 0-20 m.

Im Obersee spielen über die gesamte Untersuchungsdauer Bacillariophyceen (Kieselalgen) und Cryptophyceen (Schlundalgen) die Hauptrolle und bilden den größten Teil der Gesamtbiomasse (Abb. 27). Eutrophierung und Oligotrophierung des Sees haben an diesem Grundmuster nichts geändert. Auch die Dinophyceen (Panzerflagellaten) zeigen keinen eindeutigen Trend. Anders ist dies bei Chlorophyten und Cyanobakterien: der deutliche Rückgang der Chlorophyten setzte im Obersee Ende der 1990er Jahre ein und fällt damit zeitlich zusammen mit der Stabilisierung der Gesamtbiomasse, die sich seit 20 Jahren bei Werten zwischen 0,33 mg/L und 0,91 mg/L bewegt. Auch die Cyanobakterien (Blaualgen oder Cyanophyceen) zeigen einen deutlichen Trend: ihre Maxima fallen in die Zeit der höchsten Phosphorkonzentrationen. Abweichend vom langjährigen Trend waren die Cyanobakterienkonzentrati-

onen in den Jahren 2016/2017 gegenüber den Vorjahren erhöht. Dies ist allein auf das Auftreten der Art Planktothrix rubescens (Burgunderblutalge) zurückzuführen (s. Zustandsbeschreibung). Nachdem viele Jahre Standardzellvolumina für die Biomasseberechnung verwendet wurden, die noch aus den 1970er Jahren stammten und über die Jahre immer nur geringfügig durch Vermessungen angepasst wurden, wurden ab dem Jahr 2012 systematisch die häufigsten Arten neu vermessen und die Zellvolumina aktualisiert. Diese neuen Standardzellvolumina wurden für die Jahre 2014 und 2015 bereits im Grünen Bericht Nr. 41 verwendet, ohne dass eine Kennzeichnung erfolgte. Für das Gesamtbiovolumen ergaben sich insgesamt Abweichungen in der Größenordnung von ca. 20 % (altes Biovolumen geringer als neues Biovolumen), d.h. die Biomasse wurde bisher tendenziell unterschätzt. Bei einzelnen Arten, wie z.B. Fragilaria crotonensis, die bisher mit 700 µm³ Zellvolumen berechnet wurde, hat sich nach den neuen Vermessungen ein mehr als doppelt so großes Zellvolumen ergeben (neu: 1521 µm³). Die verwendeten Biovolumen sind im Anhang dieses Berichts beigefügt. Der Langzeitdatensatz befindet sich nach wie vor in interner Revision.

Langzeitentwicklung Phytoplankton im Bodensee-Obersee (Überlingersee)

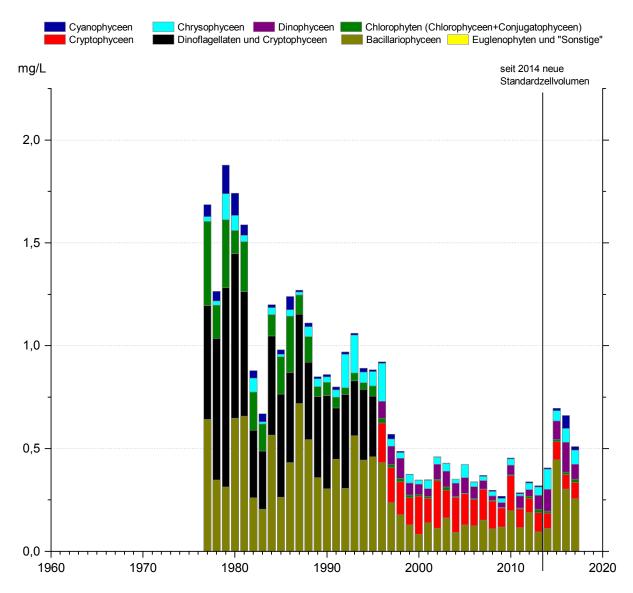


Abb. 28: Langzeitentwicklung des Phytoplanktons im Bodensee-Obersee (Überlingersee, 1977-2017). Daten erhoben von der BWV.

Im Überlingersee wurde das Phytoplankton von 1977 bis 1995 nach einem vereinfachten Verfahren ausgewertet, bei dem Dinoflagellaten und Cryptophyceen zusammengefasst wurden. Eine Interpretation dieser beiden Gruppen vor 1996 ist deshalb nicht möglich. Ab 1997 sind die Cryptophyceen stark dominierend und stellen in den meisten Jahren den überwiegenden Teil der Biomasse (Abb. 28). Die bis 1996 stark vertretenen Kieselalgen sind deutlich zurückgegangen, bilden aber zusammen mit den Cryptophyceen die stärkste Gruppe. In den letzten drei Jahren nehmen die Kieselalgen wieder zu. Die Chlorophyten und Cyanobakterien sind sehr stark zurückgegangen und spielen kaum noch eine Rolle mit Ausnahme im Jahr 2016, in dem erstmalig die Burgunderblutalge (*Planktothrix rubescens*) in großen Mengen aufgetreten

ist. Die Chrysophyceen erreichten Ende der siebziger und Anfang der neunziger Jahre teilweise hohe Biomassen, bewegen sich aber seither auf einem niedrigen Niveau, das inzwischen vergleichbar mit dem in den anderen Seeteilen ist. Die Phytoplankton-Untersuchungen an der Station Überlingersee begannen erst 1977, also zu einer Zeit, als der Höchststand der Eutrophierung bereits erreicht war. Mit Beginn der 2000er Jahre bewegen sich die Jahresdurchschnitts-Biomassen auf sehr niedrigem Niveau zwischen 0,26 mg/L und 0,45 mg/L. Im Jahr 2015 wurde allerdings ein Anstieg der Jahresdurchschnitts-Biomasse beobachtet. Dieser lag vor allem an der Zunahme der Kieselalgenbiomasse, die durch eine Blüte von *Fragilaria crotonensis* im Juli verursacht wurde. Auch die BWV ist seit 2012 dabei, durch Vermessungen die Standardzellvolumina zu aktualisieren (siehe Liste im Anhang).

Langzeitentwicklung Phytoplankton im Bodensee-Untersee (Zellersee)

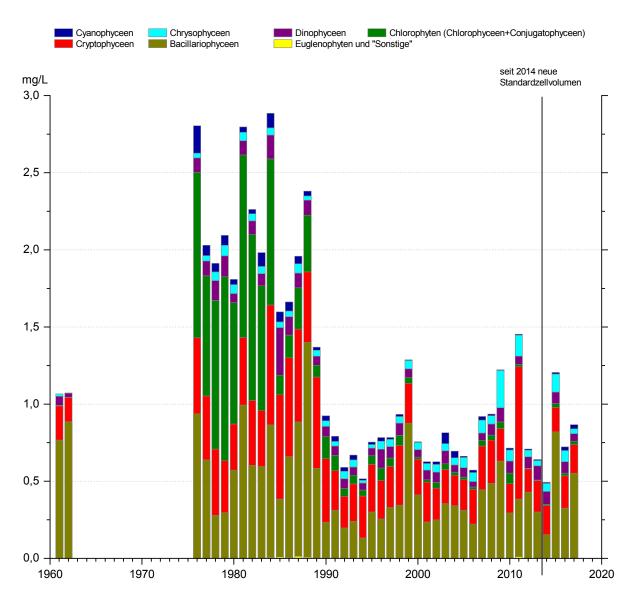


Abb. 29: Langzeitentwicklung des Phytoplanktons im Bodensee-Untersee (Zellersee, 1976-2017).

Im Seeteil Zellersee spielen Diatomeen (Kieselalgen) und Cryptophyceen (Schlundalgen) seit Mitte der 1980er Jahre die Hauptrolle und bilden wie im Obersee den überwiegenden Teil der Gesamtbiomasse (Abb. 29). Vorher war der Anteil der Chlorophyten sehr hoch, was auf eine grundsätzlich höhere Trophielage in diesem Seeteil in den Jahren 1976 bis 1984 hinweist. Chrysophyceen und Dinophyceen zeigen keinen eindeutigen Trend, während bei den Cyanobakterien dieselbe Entwicklung wie im Obersee mit einer stark rückläufigen Tendenz zu erkennen ist. Allerdings kommt es immer wieder zu stärkeren Blaualgenentwicklungen wie 2003 und 2004, was auf eine gewisse Instabilität der Planktonbiozönose hinweist. In den Jahren 2016 und 2017 trat auch im Zellersee die Burgunderblutalge (*Planktothrix rubescens*) auf, allerdings nicht so dominierend wie im Obersee an der Station Fischbach-Uttwil.

Die Jahresdurchschnitts-Biomasse an der Station Zellersee im Untersee bewegt sich seit etwa 25 Jahren auf Werten, die etwas niedriger sind als Anfang der 1960er Jahre. Allerdings sind immer wieder deutliche Ausreißer nach oben zu beobachten, so z. B. auch im Jahr 2015, wobei es sich hier um eine Blüte der Kieselalgenart *Fragilaria crotonensis* handelte, die seit 2014 mit einem deutlich höheren Standardzellvolumen berechnet wird als in den Vorjahren. Auch hier ist eine Überarbeitung des Langzeitdatensatzes auf Niveau der Einzelarten notwendig.

Langzeitentwicklung Phytoplankton im Bodensee-Untersee (Rheinsee)

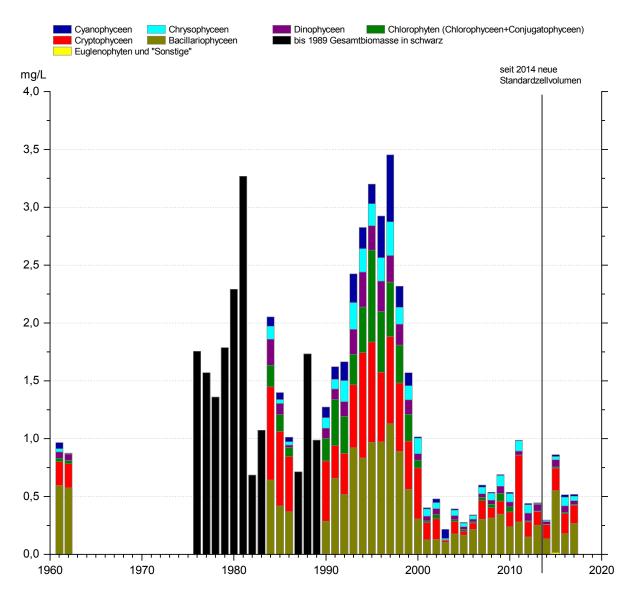


Abb. 30: Langzeitentwicklung des Phytoplanktons im Bodensee-Untersee (Rheinsee, 1976-2017).

Im Seeteil Rheinsee wurden Anfang der Achtzigerjahre und noch einmal im Zeitraum 1993 bis 1998 außerordentlich hohe Biomassen erreicht, die erheblich höher als in den Seeteilen Zellersee und Obersee lagen und eine Interpretation der Entwicklung sehr erschweren (Abb. 30). Die Jahresdurchschnittsbiomassen sind im Seeteil Rheinsee seit 13 Jahren stark abgesunken und bewegen sich nunmehr auf Höhe der Werte im Obersee. Die Entwicklung der einzelnen Gruppen entspricht seit diesem Zeitpunkt der Entwicklung im Obersee: Diatomeen und Cryptophyten bilden den Hauptteil der Biomasse, Chlorophyten sind nahezu verschwunden. Cyanobakterien spielen mit Ausnahme des Jahres 2003 eine untergeordnete Rolle – auch in den Jahren 2016 und 2017. Dinophyceen und Chrysophyceen bilden einen stabilen Bestand.

Entwicklung Phytoplankton und Leitpigmente in 2016/2017 im Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) in 0-20 m

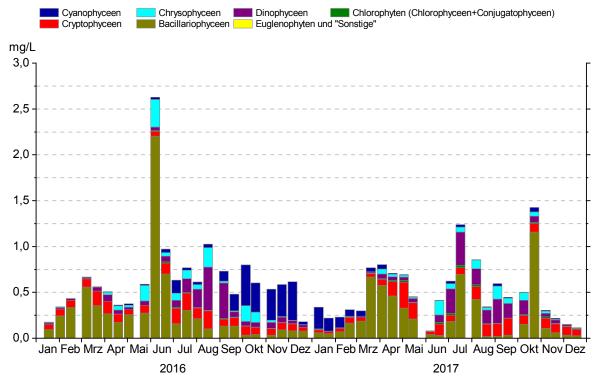


Abb. 31: Entwicklungen des Phytoplanktons im Bodensee-Obersee 2016/2017 (Fischbach-Uttwil).

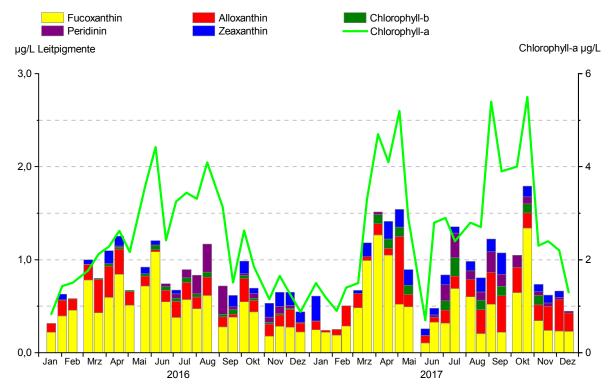


Abb. 32: Entwicklungen der Leitpigmente im Bodensee-Obersee 2016/2017 in 0-20 m (Fischbach-Uttwil).

Die Entwicklung des Phytoplanktons zeigte 2016 den inzwischen typischen Verlauf mit einer wenig ausgeprägten Frühjahrsblüte und den höchsten, durch Kieselalgen geprägten Biomassen im Hochsommer (Abb. 31). Die Frühjahrsblüte Anfang März mit einer Gesamt-Biomasse von 0,67 mg/L war hauptsächlich durch centrische Kieselalgen (u.a. Stephanodiscus neoastraea) geprägt. Kleine, für Zooplankton gut fressbare Formen der Cryptophyceen (Rhodomonas lens und Rhodomonas lacustris) traten ebenfalls auf, waren aber geringer vertreten als im Jahr 2015 bei etwa gleich hoher Gesamt-Biomasse. Die für den Bodensee-Obersee typische kieselalgengeprägte Sommerblüte trat im Jahr 2016 bereits Anfang Juni auf. Wie im Vorjahr dominierten die pennaten Diatomeen Fragilaria crotonensis und Asterionella formosa, des Weiteren trugen auch die centrische Kieselalge Cyclotella balatonis sowie Uroglena (Crysophyceae) zur maximalen Biomasse von 2,61 mg/L bei. Nach dem Zusammenbruch der Sommerblüte nimmt der Anteil an Dinophyceen weiter zu. Sie dominieren mit den Arten Ceratium hirundinella, Gymnodinium uberrimum und Peridinium willei), im August und September die Biomasse(. Ab September nahm die Biomasse der Cyanobakterien zu und erreichte von Anfang Oktober bis Anfang Dezember ein konstantes Level von etwa 0,3-0,4 mg/L. Die Cyanobakterien wurden dabei durch die Burgunderblutalge Planktothrix rubescens dominiert, die teilweise bis zu 68 % der gesamten Phytoplankton-Biomasse ausmachte. Das Auftreten dieses Taxons wurde im Jahr 2016 zum ersten Mal sicher für den Bodensee-Obersee nachgewiesen.

Die mikroskopische Bestimmung der Lugol-fixierten Phytoplankton-Probe erlaubt keine sichere Bestimmung von *Planktothrix rubescens*, die sich nur durch Rotfärbung der Zellen von *Planktothrix agardhii* unterscheidet. Diese Rotfärbung der Zellen geht durch die Fixierung der Proben verloren. Als Indiz, dass es sich um *P. rubescens* handeln könnte, gilt eine Rotfärbung der Probe. Diese Rotfärbung war eindeutig ab dem 06.09.2016 auf Glasfaserfiltern zu sehen, über die Wasserproben aus verschiedenen Tiefenstufen für die Pigmentanalyse filtriert wurden.

Die hohen Biomassen von *Planktothrix rubescens* setzten sich auch Anfang des Jahres 2017 fort, gingen dann aber kontinuierlich zurück. Im Juni/Juli war die Burgunderblutalge gar nicht mehr nachweisbar und die im Vorjahr beobachtete Herbstblüte trat ebenfalls nicht auf.

Die Phytoplankton-Biomasseentwicklung zeigte im Jahr 2017, wie im Vorjahr eine nur wenig ausgeprägte Frühjahrsblüte Ende März, die durch centrische (u.a. *Stephanodiscus neoastraea*) sowie pennate Kieselalgen (*Fragiliaria crotonensis*) geprägt war (Abb. 31). Während im Jahr 2016 Anfang Juni eine Diatomeenblüte nachgewiesen wurde, trat im Jahr 2017 zur gleichen Zeit ein Klarwasserstadium auf. Die sonst typische kieselalgengeprägte Sommerblüte fiel nur sehr schwach aus. Im Juli war die Biomasse den-

noch von *Fragilaria crotonensis* und der centrischen Form *Cyclotella balatonis* dominiert. *Asterionella formosa* spielte im Vergleich zum Vorjahr nur eine untergeordnete Rolle. Ab Juni nimmt auch der Anteil der Dinophyceen an der Gesamtbiomasse weiter zu und im September dominieren diese die Biomasse (*Ceratium hirundinella, Peridinium willei*). Die höchste Phytoplankton-Biomasse des Jahres von 1,4 mg/L entwickelte sich erst Ende Oktober und war von *Fragiliaria crotonensis* dominiert. Danach sanken die Biomassen rasch auf winterlich typische Werte ab.

Aus der gleichen Wasserprobe, aus der die Phytoplanktonzusammensetzung ermittelt wird, erfolgt auch die Bestimmung der Pigmentzusammensetzung. Wie in den planktologischen Befunden herrschen auch bei den Pigmenten Fucoxanthin (Leitpigment für Kieselalgen) und Alloxanthin (Leitpigment für Schlundalgen = Cryptophyceen) vor (Abb. 32). Peridinin, das Leitpigment für Dinophyceen (Panzerflagellaten), kommt in beiden Jahren nur in der zweiten Jahreshälfte vor, obwohl bei der mikroskopischen Zählung in der ersten Jahreshälfte Dinophyceen gefunden wurden. Eine Ursache für die Abweichung zwischen Pigmentanalyse und Algenzählung könnte darin liegen, dass die meisten Dinophyceen-Arten zur mixotrophen Ernährung befähigt und daher nicht zwingend auf Pigmente zur Assimilation angewiesen sind (Mixotrophie: Fähigkeit sowohl Kohlendioxid zu assimilieren als auch gelöste organische Substanzen oder Bakterien und kleinere Einzeller aufzunehmen). Chlorophyll-b, das Leitpigment für Grünalgen, ist 2016 nur wenig vertreten, während 2017 von April bis Anfang November geringfügig höhere Konzentrationen als 2016 nachweisbar waren. In den Phytoplanktonzählungen waren jedoch keine auffälligen Befunde von Grünalgen zu erkennen. Zeaxanthin, das Leitpigment für Blaualgen, war 2016 im Frühjahr bzw. Frühsommer und ab September in relativ hohen Konzentrationen, im Jahr 2017 fast ganzjährig in nennenswerten Konzentrationen vertreten. Das Pigment, das Planktothrix rubescens rot färbt, ist Phycocyanin, das mit der aktuell verwendeten Methode bei den HPLC-Messungen nicht nachgewiesen werden kann.

Chlorophyll-a, als Anzeiger für die Menge an Algen, zeigt deutliche saisonale Schwankungen während beider Untersuchungsjahre (Abb. 32). Trotz des hohen Biomassepeaks Anfang Juni 2016 ist der zugehörige Chl-a-Peak nicht sehr ausgeprägt. Betrachtet man die beiden Arten, die den Biomassepeak verursacht haben (*Fragilaria crotonensis* und *Asterionella formosa*) unter dem Mikroskop, so wird deutlich, dass im Vergleich zur Größe der Algen nur relativ wenig Chlorophyll enthalten ist (vgl. Abb. 23). Der durchschnittliche Chlorophyll-a-Wert lag im Jahr 2016 bei 2,3 µg/L und im Jahr 2017 bei 2,8 µg/L.

2017

Fucoxanthin Alloxanthin Chlorophyll-b Peridinin Zeaxanthin Chlorophyll-a Chlorophyll-a µg/L μg/L Leitpigmente 4,0 3,0 6 2,0 2 1,0 0,0 Okt Nov Dez Jan Feb Mrz Apr Mai Jul Aug Sep Feb Mrz Apr Mai Jun Jul 'Aug Sep Jun

Leitpigmente 2016/2017 im Bodensee-Obersee (Bregenzer Bucht) in 0-20 m

Abb. 33: Entwicklungen der Leitpigmente im Bodensee-Obersee 2016/2017 (Bregenzer Bucht).

2016

Die Leitpigmente an der Station Bregenz (Abb. 33) zeigen für das Jahr 2016 und 2017 eine vergleichbare Zusammensetzung wie an der Station Fischbach-Uttwil (Abb. 32), nämlich die Dominanz von Fucoxanthin und Alloxanthin, allerdings im Mittel mit etwas niedrigeren Konzentrationen. Vor allem im Jahr 2017 liegen die sommerlichen Konzentrationen deutlich niedriger als bei der Station Fischbach-Uttwil. Das Chlorophyll-a-Maximum liegt 2016 an der Station Bregenzer Bucht mit 4,7 μ g/L bereits Ende März und damit deutlich früher als an der Station Fischbach-Uttwil (Anfang Juni: 4,4 μ g/L). Im weiteren Jahresverlauf sind keine höheren Konzentrationen mehr nachzuweisen. Im Jahr 2017 liegen an beiden Stationen die Maxima im April, wobei der Chlorophyll-a-Gehalt an der Station Bregenzer Bucht deutlich höher liegt (7,6 μ g/L FU: 4,7 μ g/L). Allerdings zeigt der Chlorophyll-a-Gehalt an der Station Fischbach-Uttwil über einen längeren Zeitraum höhere Werte als an der Station Bregenzer Bucht.

Das Phytoplankton wird an der Station Bregenzer Bucht von der IGKB nicht erfasst. Aus Untersuchungen in den Jahren 2007-2010 ist bekannt, dass sich die Phytoplanktongemeinschaft an den Stationen Bregenz und Fischbach-Uttwil mehr oder weniger unterschiedlich entwickeln können. Die Station Bregenz ist stark von der Bregenzerach und dem Alpenrhein beeinflusst. Zu Zeiten der Schneeschmelze (Mai/Juni) sind hier häufig mineralische Trübungen anzutreffen, die das Lichtangebot für das Phytoplankton stark einschränken können.

Cyanophyceen Chrysophyceen Bacillariophyceen Bacillariophyceen Chlorophyten (Chlorophyceen+Conjugatophyceen) 2,5 1,5 1,0 Jan Feb Mrz Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez Jan Feb Mrz Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez

Entwicklung Phytoplankton in 2016/2017 im Bodensee-Obersee (Überlingersee) in 0-20 m

Abb. 34: Entwicklungen des Phytoplanktons im Bodensee-Obersee 2016/2017 (Überlingersee). Quelle: BWV.

Die Station Überlingersee zeigt teilweise eine von den anderen Seeteilen abweichende Planktonentwicklung. Die Ursachen dafür liegen in anderen Licht- und Strömungsverhältnisse und der fjordartigen Beckenmorphometrie. Während bislang der Überlingersee meist die niedrigsten Phytoplankton-Biomassen hatte, lagen diese 2016 und 2017 auf einem ähnlichen Niveau wie an der Station Fischbach-Uttwil. Im Jahr 2016 war die Jahresdurchschnitts-Biomasse im Überlingersee sogar etwas höher als an der Station Fischbach-Uttwil (siehe auch Zustandsbeschreibung). Die Kieselalgenblüte, die im Jahr 2016 Anfang Juni bei der Station Fischbach-Uttwil beobachtet wurde, fiel im Überlingersee deutlich geringer aus. Allerdings liegen die Probenahmetermine zwischen den Beprobungen zum Teil bis zu 12 Tage versetzt, so dass Algenblüten, die an der Station Fischbach-Uttwil zu beobachten waren, nicht zwingend auch im Überlingersee zu einem versetzten Zeitpunkt beobachtet werden konnten (beispielsweise der Diatomeenpeak bei der Station Fischbach-Uttwil im Oktober 2017 wurde am 23.10. gemessen, die Beprobung des Überlingersees erfolgte nur am 10.10. und dann wieder am 15.11. Bereits am 07.11. war die Kieselalgenblüte an der Station Fischbach-Uttwil wieder verschwunden). Auch im Überlingersee trat ab August 2016 die Burgunderblutalge (Planktothrix rubescens) auf. Sie erreichte im Gegensatz zur Station Fischbach-Uttwil allerdings nie über 60 % der Gesamtbiomasse.

Entwicklung Phytoplankton und Leitpigmente in 2016/2017 im Bodensee-Untersee (Zellersee) in 0-20 m

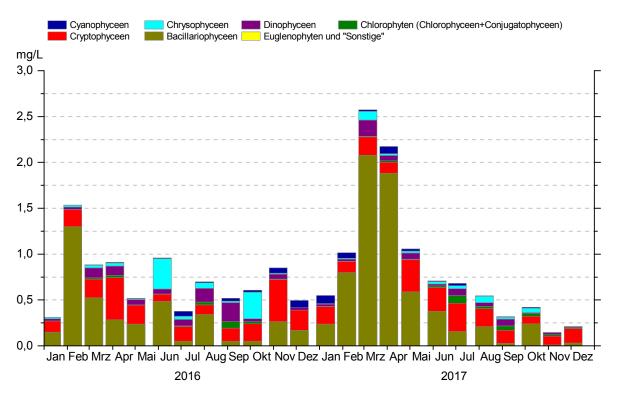


Abb. 35: Entwicklungen des Phytoplanktons im Bodensee-Untersee 2016/2017 (Zellersee).

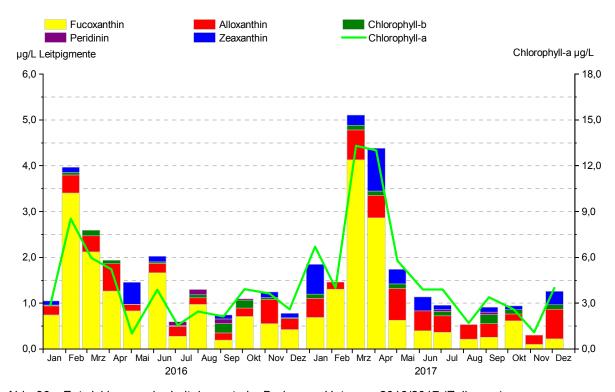


Abb. 36: Entwicklungen der Leitpigmente im Bodensee-Untersee 2016/2017 (Zellersee).

Im Zellersee setzt die Planktonentwicklung regelmäßig früher ein als im Obersee; dies gilt auch für die Jahre 2016 und 2017 (Abb. 35). Bereits im Februar 2016 wurde das Biomasse-Maximum des Jahres erreicht, das durch Bacillariophyceen (Kieselalgen) geprägt wurde. Im weiteren Jahresverlauf gehören Algen aus der Gruppe der Chrysophyceen (*Uroglena* und *Dinobryon spp.*), Cryptophyceen (Schlundalgen) (z.B. *Chryptomonas ovata, Rhodomonas spp.*) sowie der Dinophyceen (hauptsächlich *Peridinium willei*) zu den die Biomasse dominierenden Arten. Im Jahr 2017 wurde das Biomasse-Maximum im März/April erreicht und war etwas höher als das Vorjahresmaximum im Februar. Die Frühjahrsblüte wurde durch Bacillariophyceen gebildet. Im weiteren Jahresverlauf trugen auch Cryptophyceen zur Biomasse bei.

Die saisonale Entwicklung der Leitpigmente an der Station Zellersee spiegelt die Phytoplanktonzusammensetzung sehr gut wider (vgl. Abb. 35 und 36). Lediglich das Leitpigment Peridinin (Panzerflagellaten) kann die tatsächliche Biomasse dieser Gruppe nur unzureichend beschreiben.

Auch die Chlorophyll-a-Konzentrationen beschreiben in beiden Jahren den Verlauf der Phytoplanktonbiomasse mit den gefundenen Maxima (Abb. 36).

Entwicklung Phytoplankton in 2016/2017 im Bodensee-Untersee (Rheinsee) in 0-20 m

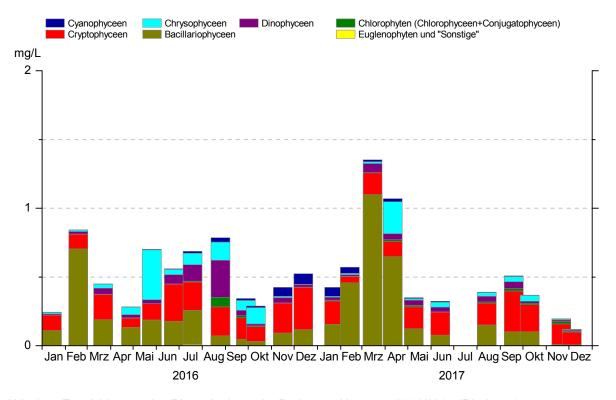


Abb. 37: Entwicklungen des Phytoplanktons im Bodensee-Untersee 2016/2017 (Rheinsee).

Die Station Rheinsee wird vom Kanton Thurgau beprobt. Sie wird sowohl vom Obersee als auch vom Zellersee beeinflusst. In beiden Untersuchungsjahren betrug die Jahresdurchschnitts-Biomasse des Phytoplanktons 0,51 mg/L und lag damit gleich hoch wie im Obersee, aber niedriger als im Gnaden- und Zellersee (s. Zustandsbeschreibung). Die Frühjahrsblüte war wie im Zellersee durch Kieselalgen dominiert (Abb. 37). Im Jahr 2016 dominierten nach dem Zusammenbruch der Diatomeen-Februarblüte Crypto- und Chrysophyceen, im Jahr 2017 vorwiegend die Cryptophyceen. Auch im Rheinsee konnte *Planktothrix rubescens* nachgewiesen werden, erreichte aber nie mehr als 15 % der Gesamtbiomasse.

Hauptarten Phytoplankton in 2016/2017 Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil) in 0-20 m

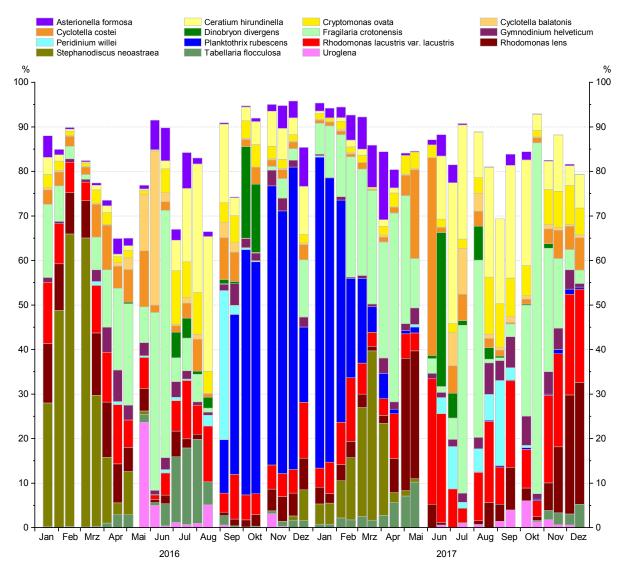


Abb. 38: Hauptarten im Bodensee-Obersee (Fischbach-Uttwil).

Die Biomasse an der Station Fischbach-Uttwil wurde in den Jahren 2016 und 2017 von wenigen Arten dominiert. Die für oligotrophe Gewässer typischen Vertreter der Kieselalgengattung Cyclotella treten mit zwei Arten (*Cyclotella balatonis* und *Cyclotella costei*) in nennenswerten Anteilen über den gesamten Untersuchungszeitraum auf (Abb. 38). *Cyclotella costei* ist ein Anzeiger für oligotrophe Bedingungen. Zum Jahresanfang 2016 dominiert *Stephanodiscus neoastraea* und wird dann zunehmend von *Fragilaria crotonensis* abgelöst. Auffällig in Abb. 38 ist der große "blaue Fleck" in der Mitte der Abbildung. Hier spiegelt sich das massive Auftreten der Burgunderblutalge wider. Die Cryptomonaden, die ein weites Spektrum hinsichtlich Trophie abdecken, sind mit *Rhodomonas lens, Rhodomonas lacustris lacustris* und *Cryptomonas ovata* ebenfalls ganzjährig vorhanden. *Ceratium hirundinella*, ein Panzerflagellat, der

als typisch für meso- bis eutrophe Verhältnisse eingestuft wird, erreichte in beiden Jahren vor allem in der zweiten Jahreshälfte größere Anteile an der Gesamtbiomasse. Viele Panzerflagellaten sind zur mixotrophen Ernährung befähigt, d. h. sie können Nährstoffe auch über gelöste organische Substanzen oder in Form von Bakterien und kleineren Einzellern aufnehmen. Zu den Dinophyceen gehört auch die Art *Peridinium willei*, welche in beiden Jahren erst ab April nachweisbar war. *P. willei* gilt als Referenzindikator für nährstoffarme Gewässer.

Die begeißelte Gattung *Dinobryon* (Goldalgen, Chrysophyceen) tritt vorwiegend in der kühleren Jahreszeit in oligotrophen bis mäßig eutrophen Gewässern auf. Sie ist wie die Panzerflagellaten zu mixotropher Ernährung befähigt und profitiert von phosphorarmen Bedingungen. Eine weitere begeißelte Goldalge der Gattung *Uroglena*, die sich auch mixotroph ernähren kann, war in beiden Jahren in den Sommermonaten vertreten.

Hauptarten Phytoplankton in 2016/2017 Bodensee-Obersee (Überlingersee) in 0-20 m

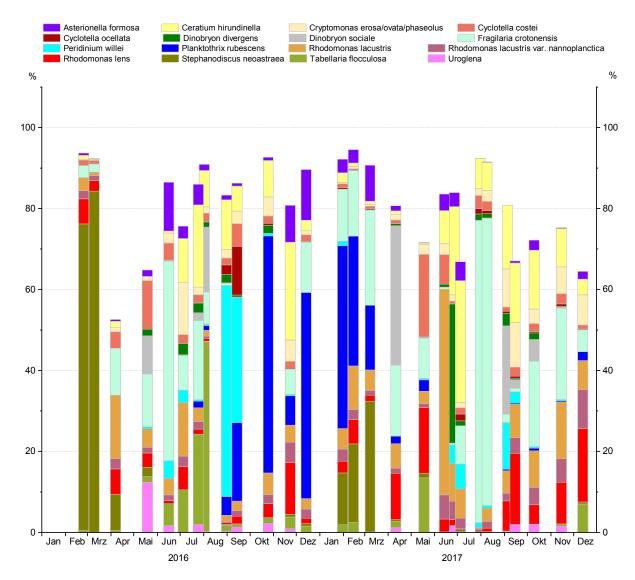


Abb. 39: Hauptarten im Bodensee-Obersee (Überlingersee). Daten erhoben von der BWV.

Im Überlingersee konnten größtenteils die gleichen Hauptarten wie im Obersee identifiziert werden. Die Frühjahrsblüte wird wie im Obersee von *Stephanodiscus neoastraea* dominiert, wobei im Jahr 2017 noch deutliche Anteile von *Planktothrix rubescens* zu Jahresbeginn eine Rolle spielten. Weitere Massebildner sind *Fragilaria crotonensis* vor allem im Sommer 2017 (nahezu drei Viertel der Biomasse) und *Peridinium willei* im Spätsommer 2016 (bis zu 52 % der Biomasse). Unter den Cryptomonaden sind *Rhodomonas lens* und *Rhodomonas lacustris nannoplanctonica* ganzjährig aber meist mit Biomassen unter 10 % vertreten.

Hauptarten Phytoplankton in 2016/2017 Bodensee-Untersee (Zellersee) in 0-20 m

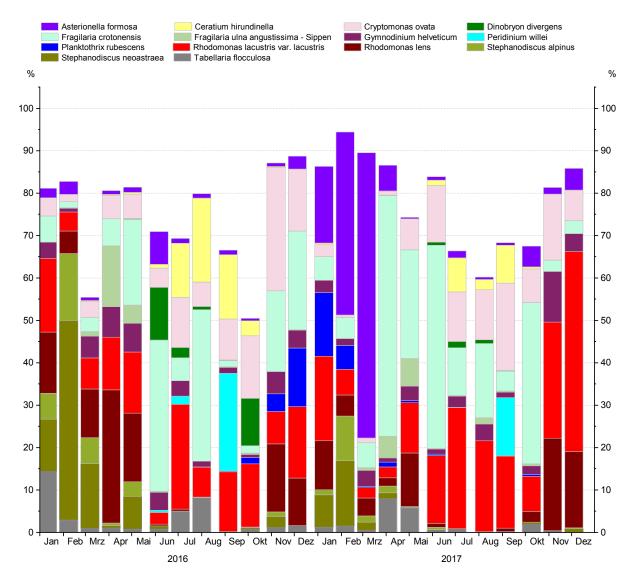


Abb. 40: Hauptarten im Bodensee-Untersee (Zellersee).

Im Zellersee spielen zu Jahresbeginn 2016 die Kieselalgen mit den Hauptarten Stephanodiscus neoastraea, Stephanodiscus alpinus und Tabellaria flocculosa (Biomasseanteile zwischen 22 % und 65 %) die größte Rolle (Abb. 40). Im April und Mai übernehmen kurzzeitig die Schlundalgen mit Rhodomonas lens, Rhodomonas lacustris und Cryptomonas ovata den Hauptanteil der Biomasse. Nach den überwiegend centrischen Kieselalgen zu Jahresbeginn übernehmen zum Sommer die pennaten Formen mit Fragilaria crotonensis die Vorherrschaft (bis zu 35 % der Biomasse). Gleichzeitig treten auch die Panzerflagellaten mit Ceratium hirundinella und Peridinium willei mit nennenswerten Anteilen am Biovolumen auf. Im Gegensatz zu den Stationen Fischbach-Uttwil und Überlingersee, spielt die Burgunderblutalge (Planktothrix rubescens) von Oktober 2016 bis Februar 2017 nur eine untergeordnete Rolle. Statt-

dessen übernimmt Anfang des Jahres 2017 die pennate Kieselalge *Asterionella formosa* mit bis zu 67 % der Biomasse die Vorherrschaft. Ab April 2017 wird sie von *Fragilaria crotonensis* abgelöst, die bis in den Oktober Biomasseanteile von bis zu 57 % beiträgt. Ab Mai 2017 kommen auch die bereits 2016 häufig vertretenen Schlundalgen *Rhodomonas lens*, *Rhodomonas lacustris* und *Cryptomonas ovata* verbreitet vor.

Wie im Obersee erreichte der Panzerflagellat *Ceratium hirundinella* in beiden Jahren vor allem in der zweiten Jahreshälfte größere Anteile an der Gesamtbiomasse.

Hauptarten Phytoplankton in 2016/2017 Bodensee-Untersee (Rheinsee) in 0-20 m

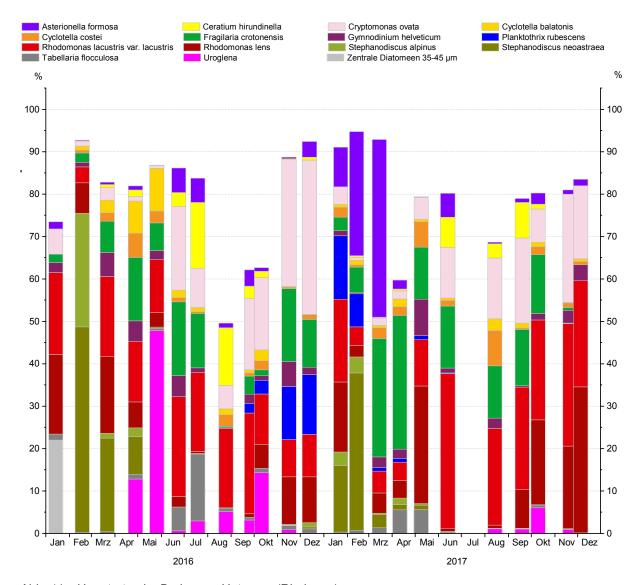


Abb. 41: Hauptarten im Bodensee-Untersee (Rheinsee).

Die Entwicklung der Hauptarten im Rheinsee verlief ähnlich wie im Zellersee, zeigte aber auch Parallelen zum Obersee. Wie bei den anderen Seeteilen bilden die Cryptophyceen häufig die Hauptbiomasse (Abb. 30). Die centrischen Kieselalgen im Rheinsee wurden mittels Schalenpräparaten für die Jahre 2016 und 2017 auf Artniveau bestimmt. Wie an der Station Fischbach-Uttwil traten die beiden Arten *Cyclotella balatonis* und *Cyclotella costei* ganzjährig auf. *Cyclotella costei* ist ein Anzeiger für oligotrophe Bedingungen. *Asterionella formosa* erreichte erst zum Beginn des Jahres 2017 höhere Anteile an der Biomasse, die im März knapp 42 % ausmachten, also nicht ganz so dominant wie im Zellersee waren (Abb. 40).

Pigmente Langzeitentwicklung Chlorophyll-a



Abb. 42: Langfristige Chlorophyll-a Entwicklung in 0-20 m.

Seit 1998 werden die Wasserproben, aus denen die Leitpigmente bestimmt werden, mit einem integrierenden Wasserschöpfer aus der Wasserschicht von 0-20 m entnommen. Anschließend erfolgt im Labor die Filtration der Proben über einen Glasfaserfilter, die zurückgehaltenen Algen werden mit Aceton extrahiert. Die Algenpigmente werden mit der HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) seit 1998 bestimmt. Davor erfolgte die Bestimmung von Chlorophyll-a photometrisch. Die dargestellten Ergebnisse in Abb. 42 stellen die mittlere Konzentration der beprobten Wassersäule dar.

Die langfristige Entwicklung der Chlorophyll-a-Konzentrationen scheint sich bei den nun erreichten niedrigen Werten zu stabilisieren (Abb. 42). Im Jahresmittel liegen die Werte an der Station Fischbach-Uttwil zwischen 2 und 3 μ g/L. An der Station Bregenzer Bucht sind diese immer noch etwas niedriger als an der Station Fischbach-Uttwil. Im Frühjahr sind vor allem im Zellersee noch vereinzelt hohe Chlorophyll-a - Peaks zu beobachten, wie z. B. auch im Jahr 2017. Im Jahresmittel liegen die Chlorophyll-a -

rophyll-a-Konzentrationen im Zellersee seit Jahren zwischen 3 und 5 μg/L und damit höher als im Bodensee-Obersee.

Die Werte des Rheinsees wurden vom Amt für Umwelt (AFU) des Kantons Thurgau gemessen. Die Bestimmung erfolgte ebenfalls mittels HPLC. Die Jahresmittelwerte liegen mit Werten zwischen 1,6 und 2,1 µg/L ähnlich niedrig wie an den Obersee-Stationen Fischbach-Uttwil und Bregenzer Bucht.

Zooplankton

Langzeitentwicklung Crustaceen

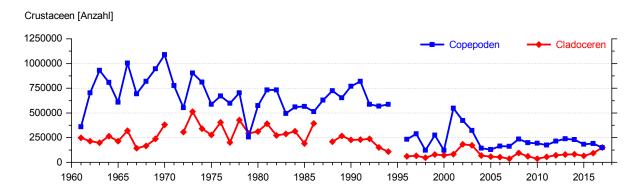


Abb. 43: Langzeitentwicklung der Crustaceen in Seemitte in 0-100 m (Fischbach-Uttwil).

Bei der langjährigen Entwicklung des Crustaceenplanktons scheinen sich die Zahlen auf niedrigem Niveau zu stabilisieren. Die Jahresmittelwerte der Cladocerenabundanz haben leicht zugenommen, während die mittlere Copepodenabundanz leicht zurückgegangen ist (Abb. 43).

Saisonale Entwicklung des Zooplanktons

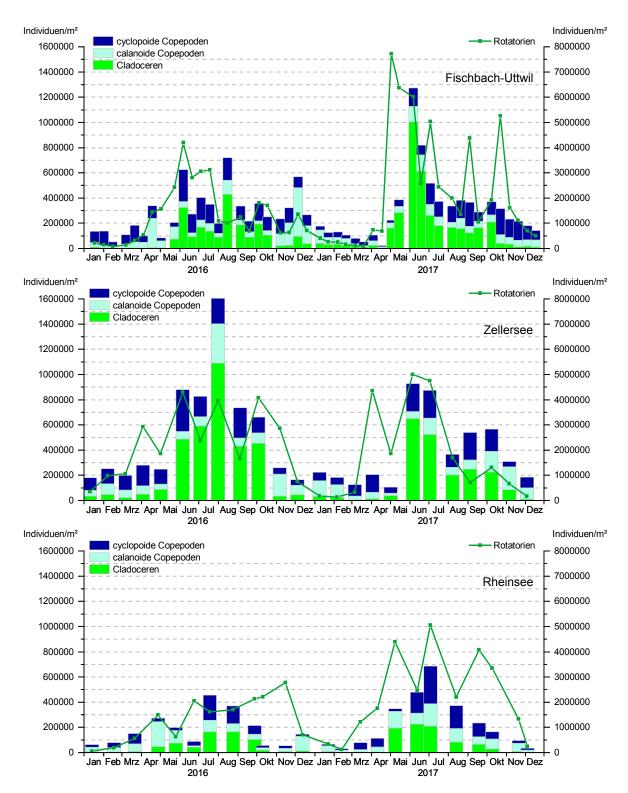
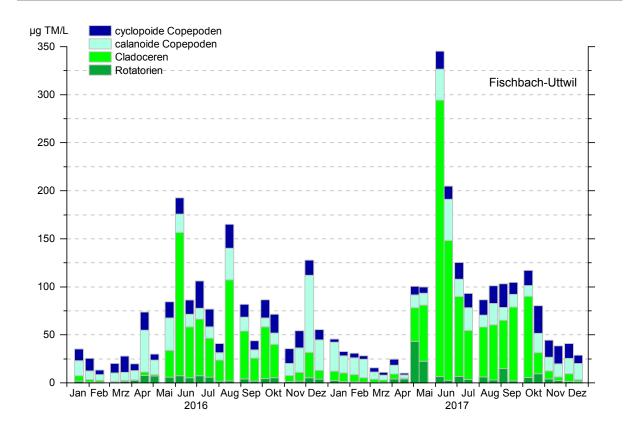


Abb. 44: Saisonale Entwicklung des Zooplanktons 2016/2017: Fischbach-Uttwil 0-100 m, Zellersee 0-20 m, Rheinsee 2016: 0-20 m, 2017: 0-30 m. Individuen/m² berechnet zur beprobten Netzöffnung.

Die Entwicklung der Cladoceren an den drei IGKB-Stationen verlief im Jahr 2016 vom Grundmuster her sehr ähnlich ab (Abb. 44). An allen Stationen konnte ein sommerliches Maximum nachgewiesen werden. Die höchste durchschnittliche Abundanz wies in beiden Jahren der Zellersee auf. In der ersten Jahreshälfte 2016 dominierte an den Unterseestationen *Daphnia galeata*, bei der Station Fischbach-Uttwil *Daphnia hyalina*. In der zweiten Jahreshälfte nahm *Daphnia cucullata* in allen Seeteilen zu und wurde die häufigste Art des Jahres (zwischen 42 % und 54 % der Gesamtabundanz). *Bosmina coregoni* war ebenfalls noch häufig in allen Seeteilen vertreten (9 % bis 22 % der Gesamtabundanz). Im Jahr 2017 haben sich die Abundanzverhältnisse in Richtung *Daphnia cucullata* verschoben. Im Jahresdurchschnitt machte *D. cucullata* zwischen 58 % (Rheinsee) und 83 % (Zellersee) der Abundanz aus.

Im Frühjahr und Herbst wird die Zooplanktonzusammensetzung von den Copepoden dominiert (Abb. 44). Im Obersee bestimmen vor allem Eudiaptomus gracilis und Mesocyclops leukartii das Artenspektrum. Im Untersee spielen zusätzlich Cyclops strenuus und Thermocyclops oithonoides eine Rolle. Erstmalig wurde im Jahr 2017 im Zeller- und Rheinsee die Art Eudiaptomus graciloides nachgewiesen. Dieser calanoide Copepode war im Südwesten bisher nur vom Illmensee, vom Ruschweilersee (Landkreis Sigmaringen) und vom Federsee (Landkreis Biberach) bekannt. Bei den Rotatorien bauen sich zum Sommer hin hohe Individuendichten auf, die dann mehr oder weniger dynamisch zu niedrigen Abundanzen im Winter abfallen. Im Jahr 2017 konnte bereits Anfang Mai an der Station Fischbach-Uttwil ein außerordentlich hoher Rotatorienpeak festgestellt werden (Abb. 44). Die Hauptarten unter den Rotatorien sind Keratella cochlearis, Flossenrädertiere (Polyarthra vulgaris-dolichoptera-Gruppe) sowie Synchaeten, wobei Letztere vor allem im Frühjahr vorherrschen. Im Zellersee ist insbesondere im Frühjahr / Frühsommer und wieder im Spätherbst das Kolonien bildende Rädertier Conochilus unicornis mit bis zu 30 % Abundanzanteil vertreten. Seit 2016 werden auch für das Zooplankton Biomassen bestimmt. Für die Rotatorien erfolgt die Biomassebestimmung vergleichbar mit der des Phytoplanktons. Das Biovolumen einer Art wird durch einen der Form am ehesten entsprechenden Geokörper berechnet. Beim Crustaceenplankton hingegen werden in der Regel die Trockenmassen aus Längen-Regressionsgleichungen berechnet und dann in Biomassen umgerechnet, wobei ganz grob davon ausgegangen werden kann, dass das Trockengewicht ca. 10 % der Biomasse ausmacht. Da die Biomassen in erheblichem Maß von der Größe und dem Entwicklungsstadium eines Taxons abhängen, wurde ab 2016 das Crustaceenplankton in "Größenklassen" gezählt. Bei den Cladoceren wurden die Größenklassen in 300 µm – Schritten aufgeteilt, während die Copepoden, wie bisher, nach Stadien (Nauplien, C1 bis C5, Männchen, Weibchen) gezählt wurden (ca. 100 bis 200 µm – Schritte zwischen den Stadien). Jeder Größenklasse bzw. jedem Stadium wurde ein Trockengewicht bzw. eine Biomasse zugeordnet.



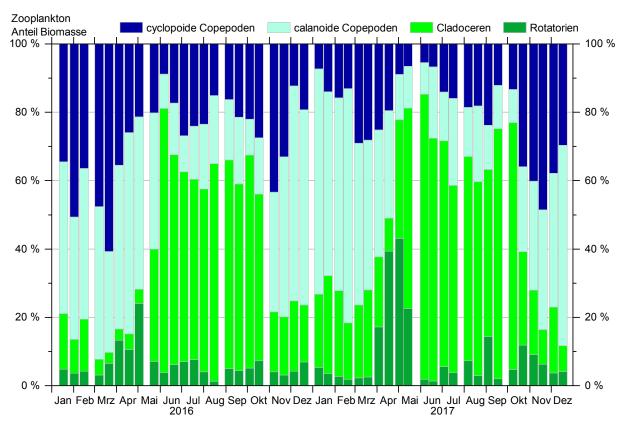
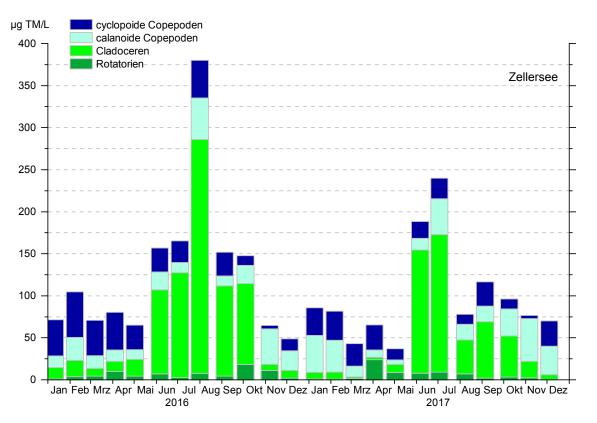


Abb. 45: Biomassen des Zooplanktons (Trockenmasse) an der Station Fischbach-Uttwil (2016/2017) bezogen auf 20 m Wassersäule. Oben: Absolute Biomassen, unten: Prozentanteile der taxonomischen Großgruppen.

Die Biomasse im Obersee (bezogen auf 0-20 m) liegt in beiden Jahren unter 200 μ g/L, im Durchschnitt (Median) bei 56 μ g TM/L (2016) bzw. 63 μ g TM/L (2017) und indiziert klar oligotrophe Bedingungen (Abb. 45). Im Frühjahr dominieren die Ruderfußkrebse, im Sommer stellen die Cladoceren die Hauptmasse des Metazooplanktons, wobei nochmals auf die starke Präsenz der kleinen Daphnie *D. cucullata* hinzuweisen ist (vgl. Zustandsbeschreibung 2017). Der Anteil der Rotatorien bleibt 2016 ganzjährig unter 25 % und liegt im Mittel nur bei ca. 4 %, während im Jahr 2017 im späten Frühjahr die Rädertiere gut 40%, im Durchschnitt knapp 8 % der Zooplanktonmasse stellen.

Die Biomasse im Zellersee lag 2016 im Durchschnitt (Median) bei 93 μ g TM/L, im Jahr 2017 bei 103 μ g TM/L und indiziert damit den schwach mesotrophen Bereich, (Abb. 46). Starke Massenbildner sind zu Jahresbeginn die cyclopoiden und calanoiden Ruderfußkrebse, im Sommer die Cladoceren. Zum Jahresende hin werden die omnivoren, cyclopoiden sowie die herbivoren calanoiden Ruderfußkrebse wieder wichtig. Der Anteil der Rotatorien blieb 2016 ganzjährig unter 20 % und lag im Mittel nur bei ca. 6 %. Im Jahr 2017 war der Anteil der Rädertiere an der Biomasse im April/Mai mit > 35 % bzw. > 20 % relativ hoch, lag im Jahresdurchschnitt aber ebenfalls nur bei ca. 6 %.

Die Biomasse im Rheinsee lag im Durchschnitt (Median) bei nur 41 μ g TM/L, 2017 sogar nur bei 26 μ g TM/L und indiziert deutlich oligotrophe Verhältnisse (Abb. 47). Starke Massenbildner waren im Winter bzw. zeitigen Frühjahr und Herbst die calanoiden Ruderfußkrebse. Im Sommer bestimmten Cladoceren das Bild. Der Anteil der Rotatorien blieb 2016 meist unter 10 %, erreichte jedoch im Herbst bei sehr niedrigen Massen der Crustaceen und der dadurch geringen Konkurrenz einen Biomasseanteil von knapp 60 %. Im Jahr 2017 waren die Rädertiere anteilig ebenfalls stark vertreten und erreichten im Mittel immerhin knapp 14 % der Zooplanktonmasse, maximal sogar ca. 45 % (Oktober).



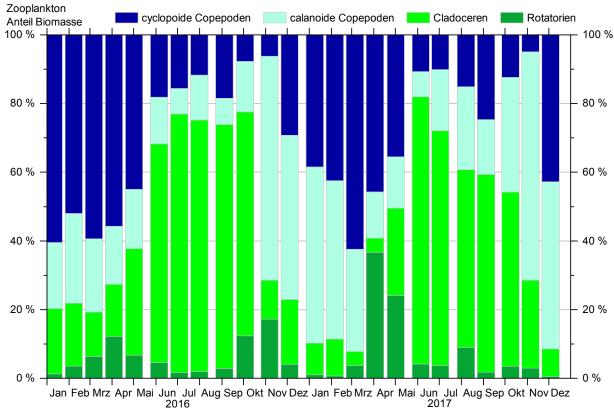
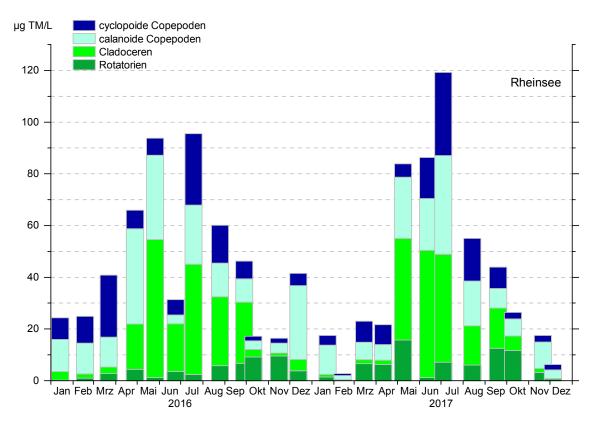


Abb. 46: Biomassen des Zooplanktons (Trockenmasse) an der Station Zellersee (2016/2017) bezogen auf 20 m Wassersäule. Oben: Absolute Biomassen, unten: Prozentanteile der taxonomischen Großgruppen.



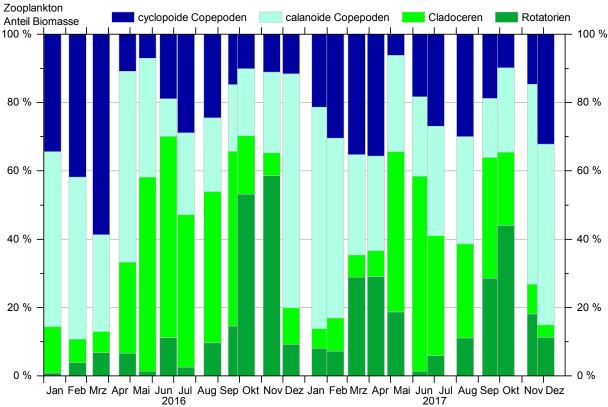


Abb. 47: Biomassen des Zooplanktons (Trockenmasse) an der Station Rheinsee 2016 bezogen auf 20 m Wassersäule in 2017 auf 30 m Wassersäule. Oben: Absolute Biomassen, unten: Prozentanteile der taxonomischen Großgruppen.

Bakterien

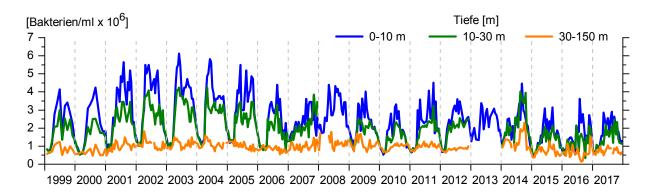


Abb. 48: Zelldichten des Bakterienplanktons, Entwicklung in Seemitte (Station Fischbach-Uttwil). Im Juni 2008 Methodenwechsel in Fluoreszenzmikroskopie, Proben aus Schicht 10-30 m wurden 2008 nur unvollständig erfasst und sind daher nicht dargestellt. Ebenso entfiel 2013 die Erfassung der Tiefenstufen 10-30 m und 30-150 m.

Das Bakterienplankton repräsentiert einen wichtigen Teil des heterotrophen Planktons im See. Es ist maßgeblich am Abbau organischer Substanz beteiligt, stellt aber durch seine Sekundärproduktion auch eine wichtige Nahrungsquelle für filtrierende tierische Planktonorganismen dar.

Das regelmäßig auftretende Winterminimum von Januar bis Anfang März mit Werten von unter 1 x 10^6 Zellen/ml lag in beiden Untersuchungsjahren in dem für ein Normaljahr üblichen Bereich und zeigte keine Unterschiede in den Tiefenstufen (Abb. 48). Der ebenfalls regelmäßig auftretende Anstieg der Bakteriendichten in den oberflächennahen Schichten erfolgte im Jahr 2016 nur zögerlich, erreichte Mitte April einen Wert von 1,5 x 10^6 Zellen/ml und fiel dann bis Anfang Juni wieder ab. Erst ab Mitte/Ende Juni steigen die Werte an und erreichen mit 3,6 x 10^6 Zellen/ml Anfang August ihr Maximum. Zum Herbst nehmen die Konzentrationen wieder ab, Ende November kam es nochmals zu einem Anstieg auf Werte von 2,7 x 10^6 Zellen/ml. Vermutlich spielte hier der warme Oktober, der zu einem herbstlichen Phytoplanktonpeak führte, eine Rolle.

Das darauffolgende Jahr 2017 ähnelte in seinem Verlauf dann wieder eher den Vorjahren. In der oberflächennahen Schicht von 0-10 m wurden nach den typisch niedrigen Winterwerten die maximalen Dichten Mitte Mai sowie Mitte September (in beiden Fällen 2,9 x 10⁶ Zellen/ml) ermittelt.

Vergleichbar mit 2014 und 2015 war auch in den Jahren 2016 und 2017 die Dynamik der Konzentration in den tieferen Schichten ausgeprägter als z. B. in den Jahren von 2010 bis 2012.

Das Jahresmittel in der Schicht von 0-10 m lag in beiden Jahren bei $1,6 \times 10^6$ Zellen/ml und damit gleich hoch wie im Jahr 2015.

Insgesamt scheinen sich die Bakteriendichten in den letzten Jahren auf einem Niveau von etwa 2×10^6 Zellen/ml im Jahresdurchschnitt eingependelt zu haben. Werte dieser Größenordnung werden weltweit auch für andere oligotrophe Seen ermittelt.

Fischfang-Erträge im Obersee

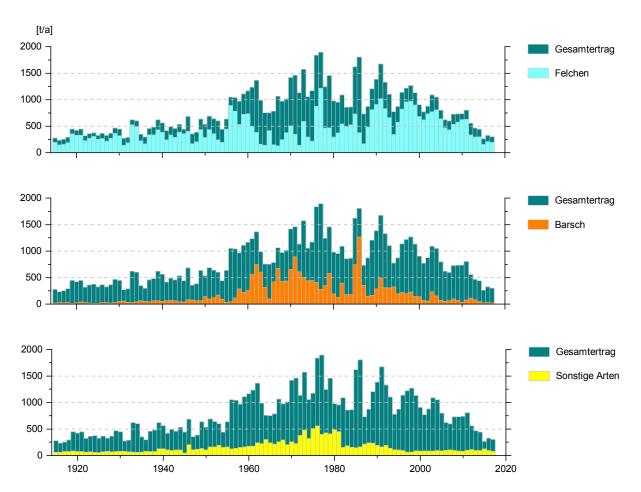


Abb. 49: Fischfang-Ertrag im Bodensee-Obersee (Quelle: FFS Baden-Württemberg).

Die Menge und Artenzusammensetzung der gefangenen Fische im Bodensee-Obersee änderten sich in den letzten 100 Jahren beträchtlich. Die Eutrophierung und Reoligotrophierung wirken sich auch auf die Fischerträge aus.

Vom Beginn des 20. Jahrhunderts bis in die 1950er-Jahre stiegen die Erträge langsam an (Abb. 49), den Hauptanteil des Fangs (ca. 70 %) machten die Felchen aus.

Von 1955 bis 1977 stiegen die Fangerträge auf fast die dreifache Menge an, gleichzeitig sank der Anteil gefangener Felchen bis unter 30 %, während die Anteile der Barsche und Weißfische zunahmen. Seit Ende der 1970er-Jahre haben sich die Felchenfänge verbessert und stabilisiert.

Die Barschfänge sind seither tendenziell zurückgegangen, stiegen aber Mitte der 1980er-Jahre noch einmal kurz an. Der Rückgang der Barschfänge geht mit einem Rückzug der Art aus dem Pelagial einher. Im reoligotrophierten Bodensee ernähren sich größere Barsche wieder vorwiegend von Fischen, meist der eigenen Art.

Die Weißfischfänge sind schon spätestens seit Beginn der 1970er-Jahre stark zurückgegangen. Die Ursachen hierfür sind unbekannt.

Der Gesamtertrag der Berufsfischer am Bodensee-Obersee erreichte 2017 rund 298,2 t und damit 8,5 % weniger als im Jahr 2016 (326,1 t). Insgesamt liegt der Wert von 2017 um 47 % unter dem Mittelwert der letzten zehn Jahre (562,8 t). Damit löst das Jahr 2017 das Vorjahr als zweitschlechtestes Ergebnis seit 1936 ab. Felchen machen mit knapp 194,8 t rund 65,4 % des Gesamtfangs aus. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Ertrag um ca. 5 % geringer ausgefallen (2016: 205,4 t). Der Anteil des Barsches am Gesamtfang macht mit 26,5 t im Jahr 2017 8,9 % vom Gesamtfang aus. Im 2016 wurden 28,2 t Barsche gefangen (8,6 % des Gesamtfangs). Inzwischen machen Weißfische und Brachsen mit 11,7 % (35 t) einen höheren Anteil am Gesamtertrag aus. Nennenswert ist auch der Fang von Aalen (4,4 %) und Hechten (4 %), doch auch hier ist der Ertrag rückläufig.

Seit etwa 2013 wird ein extrem hohes Aufkommen des Dreistachligen Stichlings beobachtet, der als Nahrungskonkurrent und Fressfeind vermutlich ebenfalls zu den Ertragsrückgängen beiträgt. Dieser ist hinsichtlich der Abundanz im Pelagial die dominante Fischart.

Fischfang-Erträge im Untersee

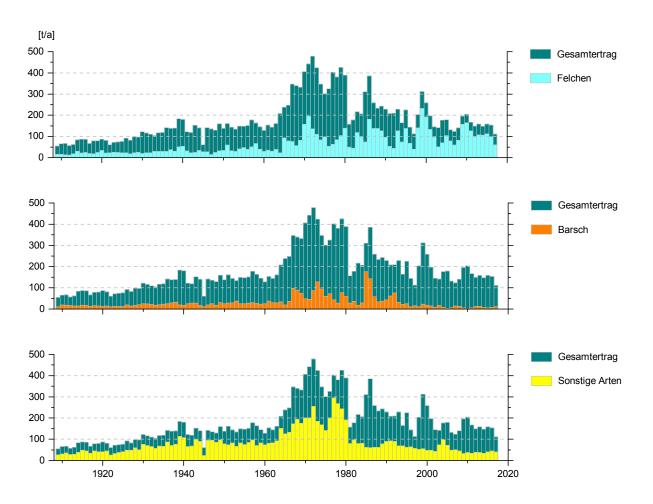


Abb. 50: Fischfang-Ertrag im Bodensee-Untersee (Quelle: FFS Baden-Württemberg).

Am Bodensee-Untersee existiert seit 1910 eine lückenlose Statistik der Berufsfischerfänge. Von 1910 bis 1965 lag der Ertrag bei ca. 50 t bis 150 t (Abb. 50), danach stieg er stark an.

In den 1970er Jahren wurden von den Berufsfischern die höchsten Erträge mit einem Maximalwert von knapp 500 t erzielt, bei den Felchen lag der höchste Ertrag mit 232 t im Jahr 1999.

In den letzten zehn Jahren lag der Gesamtertrag bei etwa 120 bis 200 t und betrug im Jahr 2017 ca. 110,8 t (28 % niedriger als im Vorjahr mit 152,9 t). Am Gesamtfang hatten die Felchen mit 59,9 t einen Anteil von 54,1 %. 2016 lag der Felchenertrag mit 99,2 t und einem Anteil von 64,8 % noch deutlich höher. Beim Barsch hingegen haben die Erträge 2017 um etwa 3 t im Vergleich zum Vorjahr zugenommen (2017: 11,4 t Barsche, 10 % am Gesamtfang, 2016: 8,3 t, 5,4 % am Gesamtfang).

Untersuchungsprogramm Einzugsgebiet

Bericht der Sachverständigen zum Fachbereich Einzugsgebiet

1. Abwasserbeseitigung 2015/2016

Zahlen zur Abwasserbeseitigung im Bodensee-Einzugsgebiet		2015	2016
Einwohner in ARA-Einzugsgebieten (Anzahl)		1'654'000	1'669'100
Einwohner an zentrale ARA (Kategorie I bis III) angeschlossen (Anzahl)		1'622'600 ¹	1'640'200 ²
Einwohner nicht an zentrale ARA (Kategorie I bis III) angeschlossen (Anzahl)		31'400	28'900
davon ³	Abwasser dezentral ordnungsgemäss entsorgt Abwasser nicht ordnungsgemäss entsorgt	25'100 6'300	23'600 5'300
Ordnungsgemässe dezentrale Abwasserentsorgung (in Prozent) Ordnungsgemässe zentrale Abwasserentsorgung (in Prozent)		80.1 98.1	81.7 98.3
Ordnungsgemässe Abwasserentsorgung total (in Prozent)		99.6	99.7
Einwohnerwerte an ARA angeschlossen (Anzahl)		3'030'000	3'110'000
Abwasserreinigungsanlagen (ARA) gemäss IGKB-Richtlinie			
	- Kategorie III (> 40'000 EW) - Kategorie II (1'000 - 40'000 EW) - Kategorie I (50 - 1'000 EW)	32 119 62	33 117 62
Abwasserreinigungsanlagen total (Anzahl)		213	212
davon mit	- Nitrifikation - Denitrifikation - Phosphorelimination - weitergehende Reinigung (z.B. Flockungsfiltration) - Spurenstoffbehandlung	182 115 157 14 3	181 117 156 15 3
Ablauffrachten ARA			
	- Jahresabwassermenge (in 1'000 Kubikmeter) - Gesamtphosphor (in Tonnen) - Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB, in Tonnen) - Totaler organischer Kohlenstoff (TOC, in Tonnen) - Anorganischer Stickstoff (N _{anorg} , in Tonnen)	259'321 73.7 5'739 1'529 2'870	299'238 79.5 5'911 1'594 3'104
Regen- und Mischabwasser			
	- Flächenanteil im Mischsystem (in Prozent) ⁴ - Ausbaugrad Mischsystem (in Prozent)	77.9 90.9	78.2 92.4

Ende des Berichtsjahres 2016 waren von den fast 1,67 Millionen Einwohnern in ARA-Einzugsgebieten des Bodensees rund 1,64 Millionen an eine zentrale Abwasserreinigungsanlage (ARA) angeschlossen. Daneben wird das Abwasser von etwa 94'700 Einwohnern zu Anlagen ausserhalb des Bodensee-Einzugsgebiets übergeleitet. Ende 2016 waren 28'900 Einwohner nicht an eine ARA angeschlossen. Der

¹ Abwasser von ca. weiteren 94'700 Einwohnern geht zu Anlagen ausserhalb des Bodensee-Einzugsgebiets

² Abwasser von ca. weiteren 94'700 Einwohnern geht zu Anlagen ausserhalb des Bodensee-Einzugsgebiets

³ Begriffe gelten im Sinne des Arbeitsmanuals

⁴ ohne Vorarlberg

Anschlussgrad an eine zentrale Reinigungsanlage lag 2016 bei **98,3** %. Bei den nicht an eine zentrale Reinigungsanlage angeschlossenen Einwohnern war die Entsorgung 2016 bei rund **81,7** % ordnungsgemäss. Gesamthaft lag die korrekte Abwasserentsorgung (zentral und dezentral) 2016 bei **99,7** %. Ein gewisses Sanierungspotenzial liegt somit noch bei der dezentralen Abwasserentsorgung (s. Abb. 1).

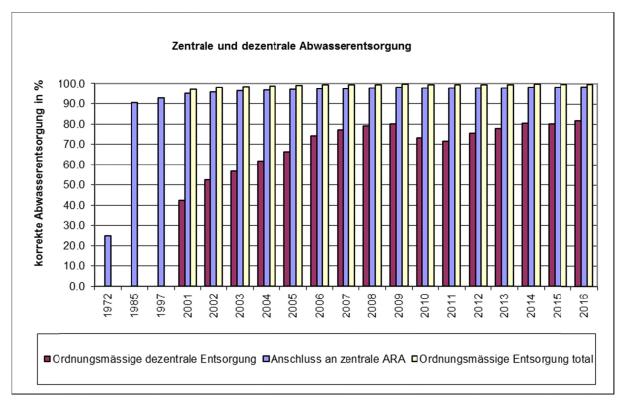


Abb. 1: Entwicklung der Abwasserreinigung: Anschlussgrad an zentrale Abwasserreinigungsanlagen (ARA), ordnungsgemäße dezentrale Entsorgung und totale ordnungsgemäße Abwasserentsorgung. Der Anteil bei der ordnungsmäßigen dezentralen Entsorgung hat 2010 abgenommen, da in Baden-Württemberg und Bayern seit 2010 neue Anforderungen gelten.

Die Jahresabwassermenge aus den insgesamt 212 ARA im Bodensee-Einzugsgebiet betrug im Jahr 2016 rund 299 Mio. m³. 31,5 % dieses Abwassers wurden in 15 Anlagen einer weitergehenden Reinigung (z.B. Flockungsfiltration) unterzogen. Die jahresmittlere Ablaufkonzentration in diesen Anlagen betrug im Durchschnitt 0,13 mg/l P_{gesamt}. In weiteren 141 Anlagen wurden 67,7 % der Abwassermenge durch Phosphatfällung behandelt (jahresmittlere Ablaufkonzentration durchschnittlich 0,30 mg/l P_{gesamt}).

3 ARA (Langwiese, Kressbronn, Stockacher Aach) sind mit einer Stufe zur Elimination von **organischen Spurenstoffen** ausgerüstet (Verfahren mit Pulveraktivkohle). Abb. 2 zeigt die Entwicklung der Abwassermengen sowie der Schmutzstoff- und Nährstoffrestfrachten im Ablauf aller ARA im Bodensee-Einzugsgebiet von 1997-2016.

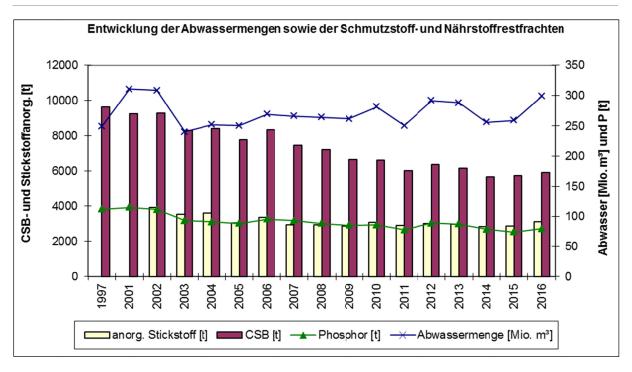


Abb. 2: Entwicklung der Abwassermengen, der Schmutzstoff- (CSB) und der Nährstoffrestfrachten im Ablauf aller ARA im Einzugsgebiet des Bodensees (seit 2010 inkl. Anteile Appenzell Ausserhoden im Einzugsgebiet).

Im Jahr 2016 waren die CSB-, Stickstoff- und Phosphorrestfrachten im Vergleich zu den Vorjahren leicht höher (s. Abb. 2 und 3). Ein Grund dafür sind die höheren Abwassermengen im Berichtsjahr.

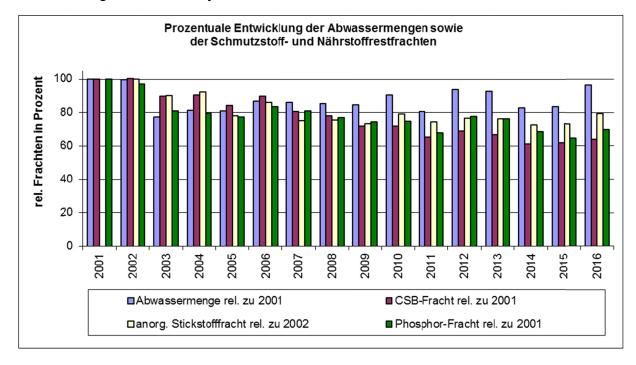


Abb. 3: Prozentualer Verlauf der Abwassermengen, der Schmutzstoff- (CSB) und der Nährstoffrestfrachten aller ARA im Einzugsgebiet des Bodensees bezogen auf das Jahr 2001 bzw. für Stickstoff das Jahr 2002.

2. Übersichtskarten

Die Kläranlagenübersichtskarte und die Karte mit den wichtigen "Fliessgewässer-Messstellen im Einzugsgebiet des Bodensees" (Gewässerbezeichnung, Stellenbezeichnung, Betreiber der Messstelle, Art der Beprobung bzw. Untersuchung sowie deren Häufigkeit) wurden aktualisiert. Weitere Arbeitsunterlagen des Fachbereichs wurden aktualisiert (Abb. 6 - 11).

3. Spezielle Tätigkeiten im Untersuchungsgebiet

Abwasserreinigung

Im Kanton Thurgau wird die ARA Münsterlingen auf 21'000 Einwohnerwerte (EW) ausgebaut. Die ARA Tägerwilen (Dimensionierung 10'000 EW) wird 2017 in ein Pumpwerk umgebaut und der Abwasseranschluss an die ARA Konstanz vorgenommen.

In Vorarlberg wird der Ausbau der ARA Ludesch 2017 abgeschlossen (Dimensionierung 108'000 EW).

In Bayern wurde die Sanierung der Flockungsfiltration bei der ARA Lindau im Berichtsjahr abgeschlossen (Dimensionierung 60'000 EW).

Organische Spurenstoffe

In der Schweiz müssen ab 2016 rund 120 ARA mit einer zusätzlichen Stufe zur Elimination von organischen Spurenstoffen ausgerüstet werden. Von den seeanliegenden Thurgauer ARA erfüllt keine die Kriterien des Bundes, die einem Ausbau zugrunde liegen. Im Thurgauer Ein-zugsgebiet des Bodensees wird einzig die ARA Moos bei Amriswil aufgrund des schlechten Verdünnungsverhältnisses in der Aach (Bodenseezufluss) eine zusätzliche Stufe bauen müssen. Im Jahr 2017 ist vorgesehen, abzuklären, ob eine Ozonung in Frage kommt. Eine andere Möglichkeit ist, die Direktdosierung von Pulveraktivkohle (PAK) auf die bereits bestehende Filtration zu prüfen. Dazu soll eine der vier Filterzellen versuchsmässig umgerüstet werden.

In St. Gallen wurde bei der ARA Altenrhein mit dem Bau einer zusätzlichen Stufe begonnen. Es wird eine Kombination von Ozonung und Nachbehandlung mit Granulierter Aktivkohle (GAK) in der Filtration erstellt. Die ARA Morgental und Flawil werden bis 2019 mit dem Bau einer Stufe zur Behandlung von Spurenstoffen beginnen. Im Berichtsjahr wurden zudem die Abflüsse aller ARA auf Spurenstoffe untersucht.

In Deutschland, Österreich und Liechtenstein gibt es keine Vorgaben zur Behandlung von Spurenstoffen.

In Baden-Württemberg gibt es die Möglichkeit von Zuschüssen für die Erstellung einer solchen Behandlungsstufe.

In Bayern hat auf der ARA Weissenburg (35'000 EW, im Main-Einzugsgebiet) am 08.09.2016 der Spatenstich für ein Pilotprojekt zur Spurenstoffelimination stattgefunden. Die Anlage soll im Juni 2017 in Betrieb gehen. Anschliessend ist ein Jahr mit intensiver wissenschaftlicher Begleitung vorgesehen. Zum Einsatz kommt die Verfahrenskombination Ozonungsstufe mit nachgeschalteter Aktivkohle bzw. Sandfilter.

In Vorarlberg wurde ein Screening von diversen Spurenstoffen auf den ARA abgeschlossen. Die Berichtslegung erfolgt 2017.

In Liechtenstein wird ein Monitoring der aktuellen Belastung mit Spurenstoffen durchgeführt.

Pflanzenschutzmittel

In der Schweiz wurde die Vernehmlassung zum Nationalen Aktionsplan Pflanzenschutzmittel (PSM) abgeschlossen. Im Thurgau sind viele kleine Bäche im Einzugsgebiet des Bodensees wegen des Obstbaues stark mit PSM belastet. Ein Ressourcenprojekt zum nachhaltigen Tafelobstbau ist ab 2018 mit mehreren Betrieben vorgesehen.

Im Bodenseekreis wirkt die Obstbauberatung auf eine weitgehend flächendeckende Umrüstung bestehender Sprühgeräte für die Anwendung von PSM in den Raumkulturen Obst, Wein und Hopfen hin, um diese Geräte auf den gehobenen Stand der Technik einer Abdriftminderung von 75 bis 90 % zu bringen. Ziel dieser Kampagne ist es, die abdriftbedingten Einträge von PSM in Oberflächengewässer im Einzugsbereich des Bodensees zu verringern.

Aquatische Neozoen

Die Schwarzmeergrundel hat sich im Rhein stark ausgebreitet. Um die Wanderung in den Bodensee möglichst zu verhindern, wurde in der Schweiz im Berichtsjahr eine Strategie ausgearbeitet (Grundlagen, Prävention und Bekämpfung).

Der Signalkrebs wird seit längerem in den Bodenseezuflüssen gefunden (z.B. Rhein, Dornbirner Aach) und wurde auch bereits im Bodensee nachgewiesen.

Bei Revitalisierungen, insbesondere der Aufhebung von Sperren für eine bessere Durchgängigkeit, können die Aspekte der invasiven Neozoen von Bedeutung sein.

4. Abschätzung des Phosphoreintrags in den Obersee

a) Direkt einleitende Abwasserreinigungsanlagen

Der Eintrag von Phosphor in den Obersee aus den 17 seeanliegenden Abwasserreinigungsanlagen (Stockacher Aach, Uhldingen, Immenstaad, Friedrichshafen, Eriskirch, Kressbronn, Lindau, Leiblachtal, Bregenz, Hofsteig, Altenrhein, Morgental, St. Gallen-Hofen, Romanshorn, Kesswil, Münsterlingen und Aachtal) wurde mit Hilfe der durchgeführten Abwasseruntersuchungen ermittelt. Er betrug im Jahr 2016 20.0 Tonnen. Dies entspricht gegenüber dem Vorjahr einer Zunahme um 2.5 Tonnen (zum Vergleich die Werte 1996/97: 30 Tonnen; 1995/96: 35 Tonnen).

b) Gesamtabschätzung der Phosphorfracht

Aufgrund der Abschätzung der Phosphorfrachten aus den Einzugsgebieten von Alpenrhein, Bregenzerach, Argen und Schussen sowie den ARA-Abfluss-Phosphorfrachten kann davon ausgegangen werden, dass sich die dem Obersee zugeführten P-Frachten seit den Zuflussuntersuchungen 1995-1997 wenig verändert haben (s. Abb. 2 und Abb. 4). Die Frachtschwankungen sind vor allem auf Hochwasserereignisse im Einzugsgebiet der Zuflüsse zurückzuführen. Dies zeigt die Abb. 5 für das Jahr 1999 beim Alpenrhein (Messstelle Diepoldsau). Auch in besonders regenreichen Jahren können tendenziell höhere P-Frachten beobachtet werden.

5. Organische Spurenstoffe

Im Jahr 2015 wurden organische Spurenstoffe im Bodensee (analog zu 2008) und seinen Zuflüssen (analog zu 2009) untersucht. Dies geschah in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Stabilität Ökosystem (ehemaliger Fachbereich See). Die Probenahmen fanden im März, Juni und September statt. Im Budget waren dafür 43'000 Euro eingestellt.

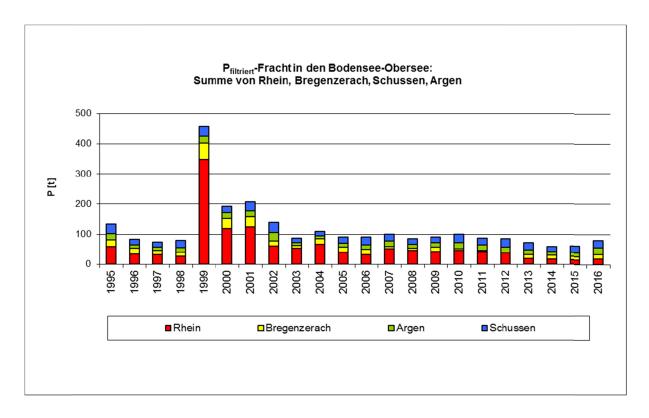


Abb. 4: Entwicklung der P_{filtriert}-Frachten in den Bodensee von Alpenrhein, Bregenzerach, Schussen und Argen von 1995 bis 2016 (Rhein mit BAFU-Daten Diepoldsau, Q ab 1995, Pfiltriert 7-Tg-Sammelproben ab 2012).

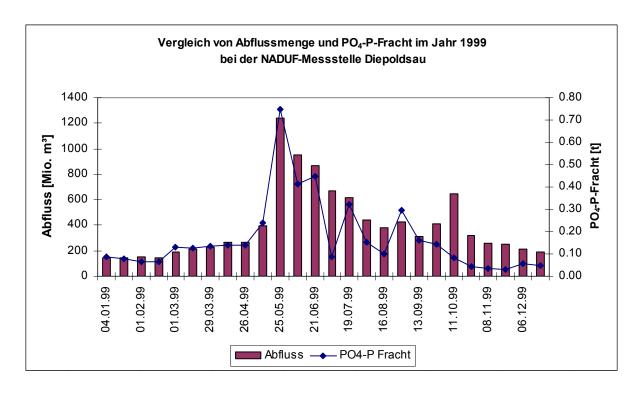


Abb. 5: Vergleich von Abflussmengen und PO4-P-Frachten des Alpenrheins im Jahr 1999 bei der NADUF-Messstelle Diepoldsau.

6. Abwasserbeseitigung 2016/2017

Zahlen zur Ab	wasserbeseitigung im Bodensee-Einzugsgebiet	2016	2017
Einwohner in AR	A-Einzugsgebieten (Anzahl)	1'669'100	1'688'100
Einwohner an ze	ntrale ARA (Kategorie I bis III) angeschlossen (Anzahl)	1'640'200 ⁵	1'659'600 ⁶
Einwohner nicht	an zentrale ARA (Kategorie I bis III) angeschlossen (Anzahl)	28'900	28'500
davon ⁷	Abwasser dezentral ordnungsgemäss entsorgt Abwasser nicht ordnungsgemäss entsorgt	23'600 5'300	23'600 4'900
	se dezentrale Abwasserentsorgung (in Prozent) se zentrale Abwasserentsorgung (in Prozent)	81.7 98.3	82.7 98.3
Ordnungsgemä	sse Abwasserentsorgung total (in Prozent)	99.7	99.7
Einwohnerwerte	an ARA angeschlossen (Anzahl)	3'110'000	3'080'000
Abwasserreinig	ungsanlagen (ARA) gemäss IGKB-Richtlinie		
	- Kategorie III (> 40'000 EW) - Kategorie II (1'000 - 40'000 EW) - Kategorie I (50 - 1'000 EW)	33 117 62	33 117 62
Abwasserreinig	ungsanlagen total (Anzahl)	212	212
davon mit	- Nitrifikation - Denitrifikation - Phosphorelimination - weitergehende Reinigung (z.B. Flockungsfiltration) - Spurenstoffbehandlung	181 117 156 15 3	179 117 156 16 3
Ablauffrachten A	ARA		
	- Jahresabwassermenge (in 1'000 Kubikmeter) - Gesamtphosphor (in Tonnen) - Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB, in Tonnen) - Totaler organischer Kohlenstoff (TOC, in Tonnen) - Anorganischer Stickstoff (N _{anorg} , in Tonnen)	299'238 79.5 5'911 1'594 3'104	280'641 70.3 5'815 1'591 2'931
Mit weitergehen	der Reinigung behandelte Abwassermenge (in 1'000 Kubil	kmeter) => <i>Erh</i> e	bung ab 2017
	- Filtration (ohne Spurenstoffbehandlung) - Spurenstoffbehandlung	-	63'931 (23%) 24'362 (9%)
Regen- und Mis	chabwasser		•
	- Flächenanteil im Mischsystem (in Prozent) ⁸ - Ausbaugrad Mischsystem (in Prozent)	78.2 92.4	76.6 93.1

Ende des Berichtsjahres 2017 waren von den fast **1,69 Millionen Einwohnern** in ARA-Einzugsgebieten des Bodensees rund **1,66 Millionen** an eine zentrale Abwasserreinigungsanlage (ARA) angeschlossen. Daneben wird das Abwasser von etwa **94'700 Einwohnern** zu Anlagen ausserhalb des Bodensee-Einzugsgebiets übergeleitet. Ende 2017 waren **28'500 Einwohner** nicht an eine ARA angeschlossen. Der

110

⁵ Abwasser von ca. weiteren 94'700 Einwohnern geht zu Anlagen ausserhalb des Bodensee-Einzugsgebiets

⁶ Abwasser von ca. weiteren 94'700 Einwohnern geht zu Anlagen ausserhalb des Bodensee-Einzugsgebiets

⁷ Begriffe gelten im Sinne des Arbeitsmanuals

⁸ ohne Vorarlberg

Anschlussgrad an eine zentrale Reinigungsanlage lag 2017 bei **98,3** %. Bei den nicht an eine zentrale Reinigungsanlage angeschlossenen Einwohnern war die Entsorgung 2017 bei rund **82,7** % ordnungsgemäss. Gesamthaft lag die korrekte Abwasserentsorgung (zentral und dezentral) 2017 bei **99,7** %. Ein gewisses Sanierungspotenzial liegt somit noch bei der dezentralen Abwasserentsorgung

Die Jahresabwassermenge aus den insgesamt 212 ARA im Bodensee-Einzugsgebiet betrug im Jahr 2017 rund 281 Mio. m³. 31,5 % dieses Abwassers wurden in 16 Anlagen einer weitergehenden Reinigung (Flockungsfiltration, Spurenstoffelimination) unterzogen. Die jahresmittlere Ablaufkonzentration in diesen Anlagen betrug im Durchschnitt 0,11 mg/l P_{gesamt}. In weiteren 140 Anlagen wurden 67,8 % der Abwassermenge durch Phosphatfällung behandelt (jahresmittlere Ablaufkonzentration durchschnittlich 0,28 mg/l P_{gesamt}).

3 ARA (Langwiese, Kressbronn, Stockacher Aach) sind mit einer Stufe zur Elimination von **organischen Spurenstoffen** ausgerüstet (Verfahren mit Pulveraktivkohle).

7. Abschätzung des Phosphoreintrags in den Obersee

a) Direkt einleitende Abwasserreinigungsanlagen

Der Eintrag von Phosphor in den Obersee aus den 17 seeanliegenden Abwasserreinigungsanlagen (Stockacher Aach, Uhldingen, Immenstaad, Friedrichshafen, Eriskirch, Kressbronn, Lindau, Leiblachtal, Bregenz, Hofsteig, Altenrhein, Morgental, St. Gallen-Hofen, Romanshorn, Kesswil, Münsterlingen und Aachtal) wurde mit Hilfe der durchgeführten Abwasseruntersuchungen ermittelt. Er betrug im Jahr 2017 16.2 Tonnen. Dies entspricht gegenüber dem Vorjahr einer Abnahme um 3.8 Tonnen (zum Vergleich die Werte 1996/97: 30 Tonnen; 1995/96: 35 Tonnen).

8. Organische Spurenstoffe

Messungen in den Zuflüssen und im See

Im Jahr 2015 wurden organische Spurenstoffe im Bodensee und seinen Zuflüssen analog zu 2009 untersucht. Dies geschah in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich See. Die Probenahmen fanden im März, Juni und September statt. 2019 werden die Untersuchungen wiederholt.

Kläranlagenkarte zum Stand der Reinhaltungsmassnahmen im Einzugsgebiet

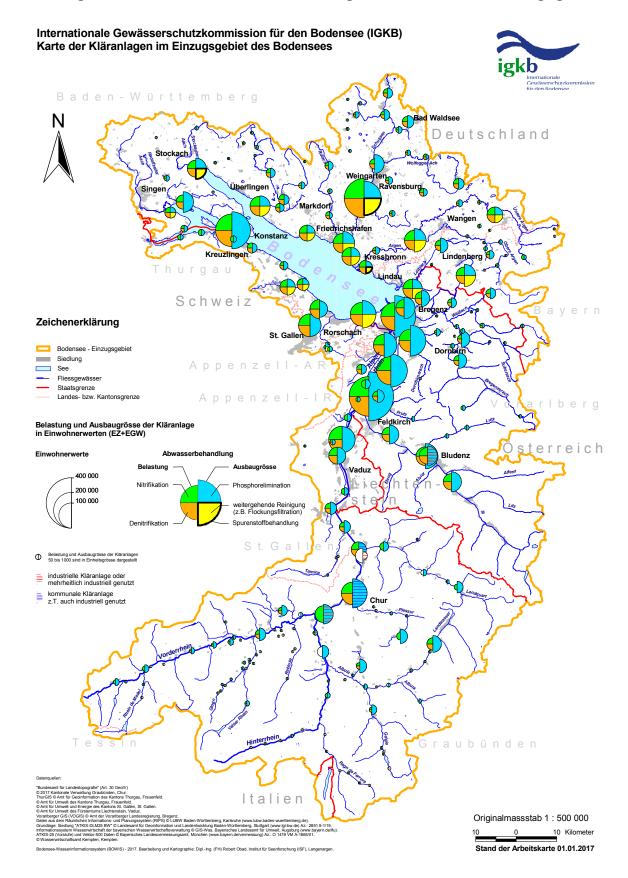


Abb. 6: Kläranlagenkarte: Stand der Reinhaltungsmassnahmen im Einzugsgebiet des Bodensees 2016.

Kläranlagenkarte zum Stand der Reinhaltungsmassnahmen im Einzugsgebiet

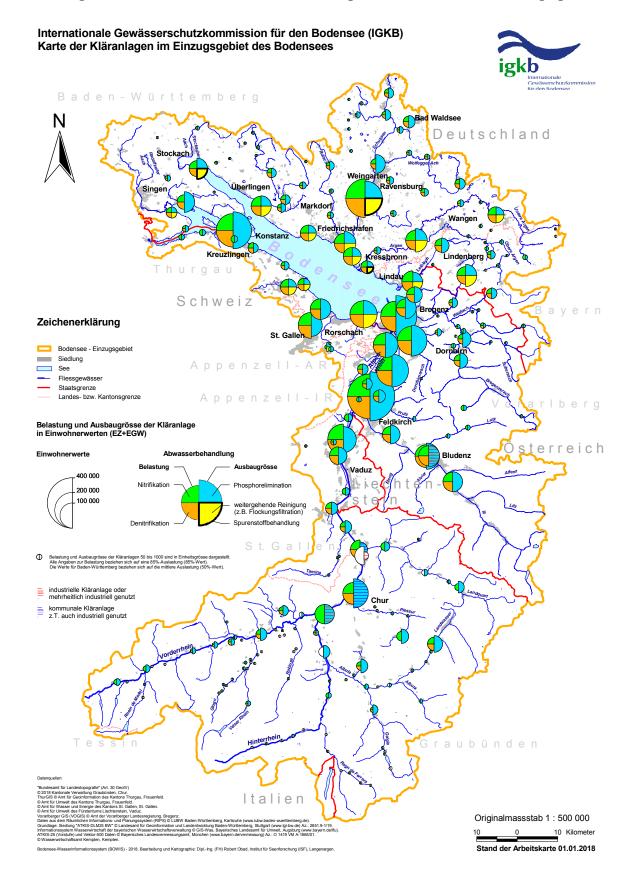


Abb. 7: Kläranlagenkarte: Stand der Reinhaltungsmassnahmen im Einzugsgebiet des Bodensees 2017.

Fliessgewässer-Messstellenkarte im Einzugsgebiet 2013-2016

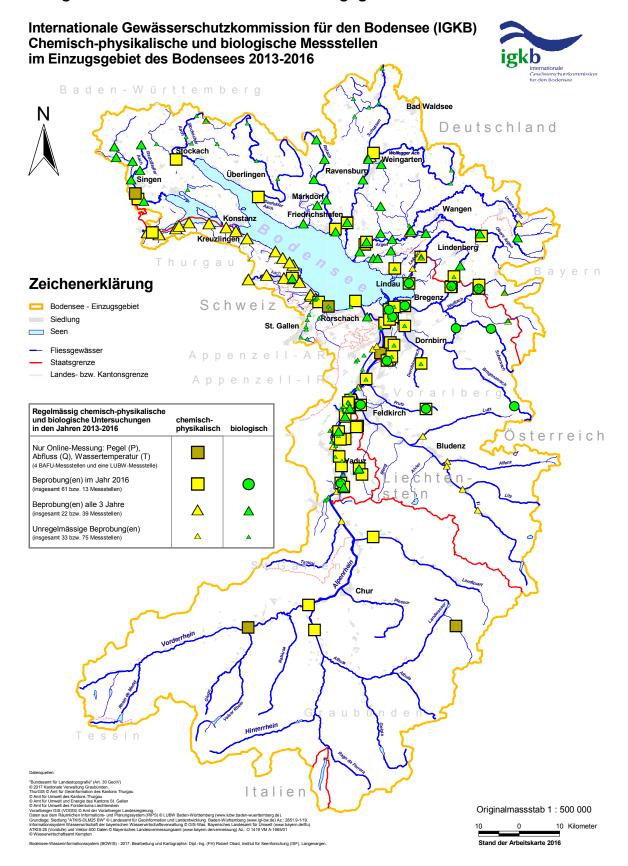


Abb. 8: Karte mit den wichtigen Fliessgewässer-Messstellen im Einzugsgebiet des Bodensees 2013-2016.

Fliessgewässer-Messstellenkarte im Einzugsgebiet 2016

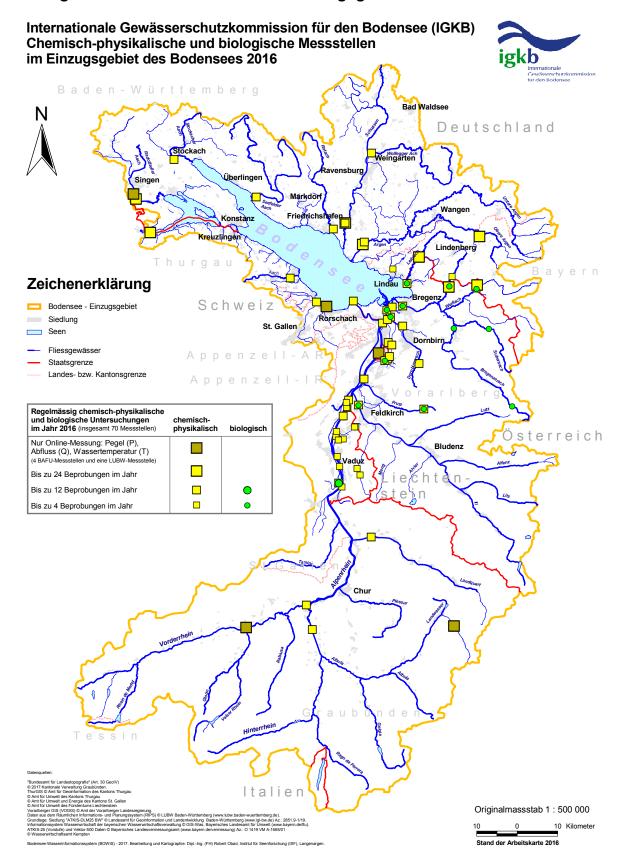


Abb. 9: Karte der Fliessgewässer-Messstellen im Einzugsgebiet des Bodensees, Untersuchungshäufigkeiten im Jahr 2016.

Fliessgewässer-Messstellenkarte im Einzugsgebiet 2014-2017

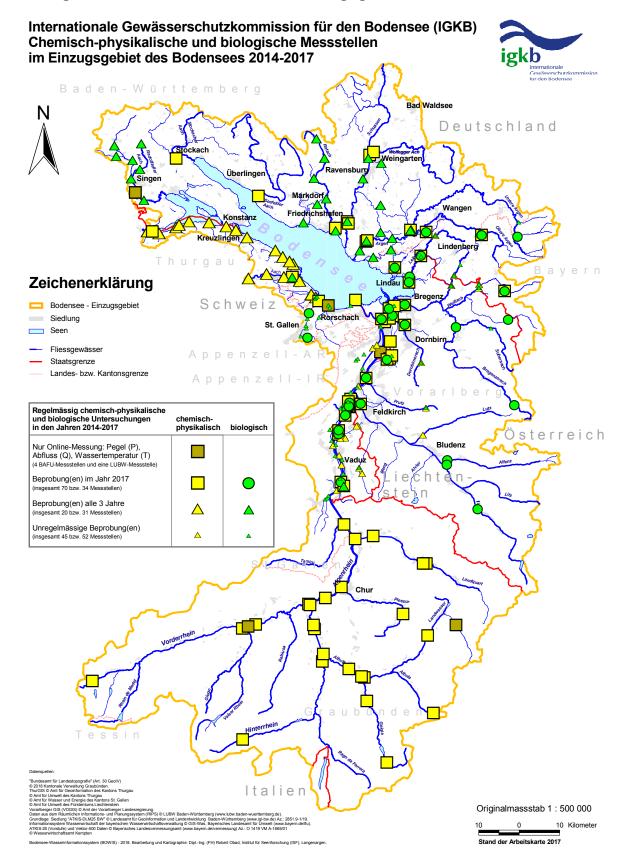


Abb. 10: Karte mit den wichtigen Fliessgewässer-Messstellen im Einzugsgebiet des Bodensees 2014-2017.

Fliessgewässer-Messstellenkarte im Einzugsgebiet 2017

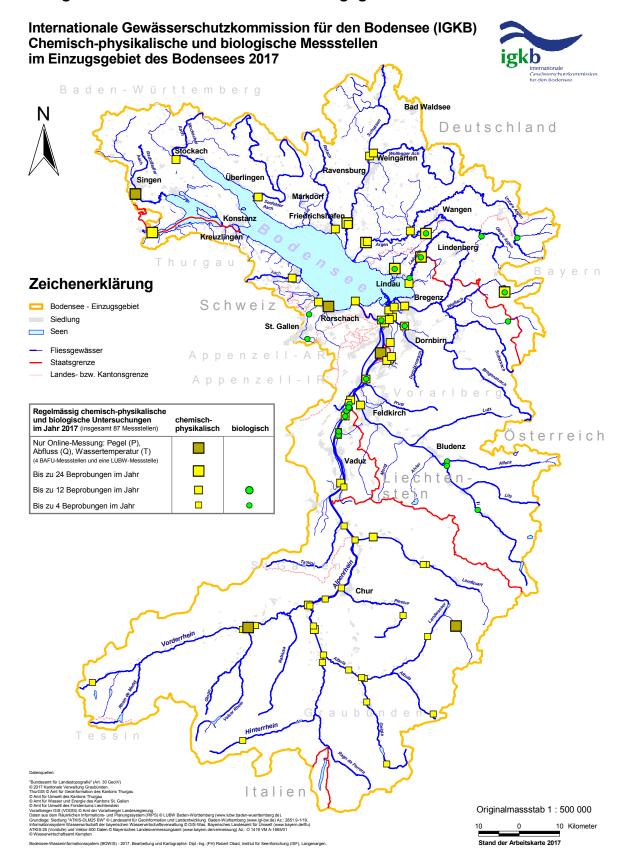


Abb. 11: Karte der Fliessgewässer-Messstellen im Einzugsgebiet des Bodensees, Untersuchungshäufigkeiten im Jahr 2017.

Seit 2012 werden die Phytoplanktonarten im Bodensee neu vermessen und anhand von Geokörpern das Standardzellvolumen berechnet. Die Daten bis einschließlich 2013 wurden, auch wenn neue Volumina bei der Zählung hinterlegt waren auf die ISF-Standardzellvolumina umgerechnet, um die Langzeitdaten vergleichbar zu halten. Ab 2014 waren so viele Arten neu vermessen, dass diese Volumina übernommen wurden. In den Tabellen 1-3 werden die Volumina für die einzelnen Arten dokumentiert. Die Volumina können sich so lange ändern bis von den Arten jeweils 20 Individuen vermessen wurden und der Mittelwert daraus als neues Standardzellvolumen festgelegt wird. Bei den Zähllisten der BWV (Station Überlingersee) werden die Arten, die in Größenklassen gezählt werden, jeweils vermessen, so dass hier in der Tabelle alle in dem Jahr verwendeten Standardvolumina angegeben sind (vgl. Tab. 3).

Tab. 1: Verwendete Standardzellvolumen der Station Fischbach-Uttwil.

	ISF Volumen	2014 - 2015	2016 - 2017
Таха	μm³	Mittelwert	Mittelwert
Achnanthes minutissima - Sippen	200	135	135
Amphidinium	1300		305
Amphora	4000	1143	1143
Anabaena lemmermannii	90	177	177
Anabaena mendotae	-	89	89
Ankyra judayi	150	103	103
Aphanizomenon 1	90	92	92
Aphanocapsa	-	1	1
Asterionella formosa	450	596	596
Aulacoseira	1500	586	586
Aulacoseira ambigua	800	600	600
Aulacoseira granulata	1200		1460
Aulacoseira granulata var. angustissima	500	407	407
Bitrichia chodatii	100	195	195
Ceratium hirundinella	45000	48780	48780
Chroococcus	100	154	154
Chrysocapsa	32	254	254
Chrysochromulina parva	40	33	33
Chrysolykos planctonicus	50	68	68
Closterium acutum var. variabile	650	812	812
Coelosphaerium kuetzingianum	22	10	12
Coenocystis	220	999	999
Colacium	400	1421	1421
Cosmarium depressum	1200	4659	4659
Cryptomonas curvata/rostratiformis 45-50µm	5800	5339	5339
Cryptomonas curvata/rostratiformis 50-55µm	5800	6892	6892
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 15-20μm	2100	864	864
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 20-25µm	2100	1368	1368
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 25-30μm	2100	1832	1832
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 30-35µm	2100	2943	2943
Сryptomonas erosa/ovata/phaseolus 35-40µm	2100	4017	4017
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 40-45µm	2100	5799	5799
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 45-50µm	2100	6671	6671
Cryptomonas marssonii 15-20µm	800	532	532
Cryptomonas marssonii 20-25µm	800	723	723
Diatoma ehrenbergii	2500	6302	6302
Diatoma tenuis	1100	1331	1331
Dinobryon	230	318	318
Dinobryon bavaricum	230	284	284
Dinobryon crenulatum	230	191	191
Dinobryon cylindricum	230	445	445
Dinobryon divergens	230	328	328
Dinobryon sertularia	230	020	460

	ISF Volumen	2014 - 2015	2016 - 2017
Dinobryon sociale	230	294	294
Elakatothrix	200	232	232
Erkenia subaequiciliata	50	29	29
Fragilaria 50-100μm B < 3	650	312	312
Fragilaria 100-150µm B < 3	650	590	590
Fragilaria capucina	360	1115	1115
Fragilaria crotonensis	700	1521	1521
Fragilaria ulna angustissima - Sippen 100-150	2200	1140	1140
Fragilaria ulna angustissima - Sippen 150-200	2200	1634	1634
Fragilaria ulna angustissima - Sippen 200-250	2200	2023	2023
Fragilaria ulna angustissima - Sippen 250-300	2200	2265	2265
Fragilaria ulna angustissima - Sippen 300-350	2200	2806	2806
Fragilaria ulna angustissima - Sippen 350-400	2200	3250	3250
Fragilaria ulna var. ulna 150-200	-	10524	10524
Fragilaria ulna var. ulna 200-250	-	14067	14067
Fragilaria ulna var. ulna 250-300	-	18242	18242
Gymnodinium	1500	10746	10746
Gymnodinium helveticum	20000	12373	12373
Gymnodinium lantzschii	1600	2086	2086
Gymnodinium uberrimum	6300	87901	87901
Kephyrion rubri-claustri	50	77	77
Limnothrix obliqueacuminata	10	13	13
Limnothrix redekei	30	22	22
Mallomonas	3200	1594	1594
Mallomonas akrokomos	560	135	135
Mallomonas caudata	4000	10233	10233
Melosira varians	7500		6651
Microcrocis	-	91	91
Microcystis aeruginosa	48	68	68
Monoraphidium irregulare	-	121	121
Nitzschia acicularis - Formenkreis	170	502	502
Nitzschia spitz 0-50	200	248	248
Nitzschia spitz 50-100	200	1098	1098
Oocystis borgei	-		1169
Oocystis lacustris	450	270	270
Oocystis marssonii 10-15	700	708	708
Oocystis marssonii 15-20	700	1320	1320
Oocystis solitaria	800	5855	5855
Pandorina	400	1199	1199
Pandorina morum B < 12,5µm	400	260	260
Peridiniopsis polonicum	-		13680
Peridinium mittel (25-40µm)	800	14804	14804
Peridinium umbonatum-Komplex < 25	4500	2671	2671
Peridinium umbonatum-Komplex > 25	4500	7990	7990
Peridinium willei	25000	66469	61792

	ISF Volumen	2014 - 2015	2016 - 2017
Phacotus lenticularis	100	187	187
Planktosphaeria gelatinosa	1000	1697	1697
Planktothrix	-	112	112
Planktothrix agardhii	70	48	48
Planktothrix rubescens	70		80
Pseudanabaena limnetica	15	16	16
Pseudopedinella erkensis	550	724	714
Radiocystis geminata	-	6	6
Rhodomonas lacustris var. lacustris	130	130	130
Rhodomonas lacustris var. nannoplanctica	90	71	71
Rhodomonas lens	300	436	436
Scherffelia dubia	-	181	179
Snowella lacustris	8	8	8
Snowella litoralis	-		8
Sphaerocystis-Formenkreis 0-5	150		17
Sphaerocystis-Formenkreis 5-10	150	360	360
Sphaerocystis-Formenkreis 10-15	150	630	630
Spirogyra	20000	104875	104875
Synedra acus var. ostenfeldii	-	563	563
Tabellaria flocculosa	1400	1618	1618
Tetrachlorella alternans	600	473	473
Tetraedron minimum	70		292
Tetraselmis cordiformis	2000	2235	2235
unbestimmte Chlorococcales OVAL	200/750/3500	58	58
Unbestimmte Chrysophyceae 5-10	-	204	204
unbestimmte Euglenophyceae	200/1000/4000	3103	3103
Unbestimmte Volvocales 10-15	100/750/3500	811	811
Unbestimmte Volvocales 15-20	100/750/3500	2968	2968
Uroglena	100	174	174
Westella botryoides	230	293	307
Zentrale Diatomeen < 5µm		18	18
Zentrale Diatomeen 5-10µm		116	116
Zentrale Diatomeen 10-15µm		537	537
Zentrale Diatomeen 15-20µm		1473	1473
Zentrale Diatomeen 20-25µm		3131	3131
Zentrale Diatomeen 25-30µm		5717	5717
Zentrale Diatomeen 30-35µm		9436	9436
Zentrale Diatomeen 35-40µm		14496	14496
Zentrale Diatomeen 40-45µm		21102	21102
Zentrale Diatomeen 45-50µm		29460	29460

Tab. 2: Verwendete Standardzellvolumen der Unterseestationen Zellersee und Rheinsee.

	ISF Volumen	2014 - 2015	2016 - 2017
Таха	μm³	Mittelwert	Mittelwert
Achnanthes minutissima - Sippen	200	135	135
Amphidinium	1300		305
Amphora	4000	1143	1143
Anabaena lemmermannii	90	177	177
Anabaena mendotae	-	89	89
Ankyra judayi	150	103	103
Aphanizomenon 1	90	92	92
Aphanocapsa	-	1	1
Asterionella formosa	450	596	596
Aulacoseira	1500	586	586
Aulacoseira ambigua	800	600	600
Aulacoseira granulata	1200		1460
Aulacoseira granulata var. angustissima	500	407	407
Bitrichia chodatii	100	195	195
Ceratium hirundinella	45000	48780	48780
Chroococcus	100	154	154
Chrysocapsa	32	254	254
Chrysochromulina parva	40	33	33
Chrysolykos planctonicus	50	68	68
Closterium acutum var. variabile	650	812	812
Coelosphaerium kuetzingianum	22	10	12
Coenocystis	220	999	999
Colacium	400	1421	1421
Cosmarium depressum	1200	4659	4659
Cryptomonas curvata/rostratiformis 45-50µm	5800	5339	5339
Cryptomonas curvata/rostratiformis 50-55µm	5800	6892	6892
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 15-20µm	2100	864	864
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 20-25µm	2100	1368	1368
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 25-30µm	2100	1832	1832
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 30-35µm	2100	2943	2943
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 35-40µm	2100	4017	4017
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 40-45µm	2100	5799	5799
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus 45-50µm	2100	6671	6671
Cryptomonas marssonii 15-20µm	800	532	532
Cryptomonas marssonii 20-25µm	800	723	723
Diatoma ehrenbergii	2500	6302	6302
Diatoma tenuis	1100	1331	1331
Dinobryon	230	318	318
Dinobryon bavaricum	230	284	284
Dinobryon crenulatum	230	191	191
Dinobryon cylindricum	230	445	445
Dinobryon divergens	230	328	328
Dinobryon sertularia	230	460	460

	ISF Volumen	2014 - 2015	2016 - 2017
Dinobryon sociale	230	294	294
Elakatothrix	200	232	232
Erkenia subaequiciliata	50	29	29
Fragilaria 50-100µm B < 3	650	312	312
Fragilaria 100-150µm B < 3	650	590	590
Fragilaria capucina	360	1115	1115
Fragilaria crotonensis	700	1521	1521
Fragilaria ulna angustissima - Sippen 100-150	2200	1140	1140
Fragilaria ulna angustissima - Sippen 150-200	2200	1634	1634
Fragilaria ulna angustissima - Sippen 200-250	2200	2023	2023
Fragilaria ulna angustissima - Sippen 250-300	2200	2265	2265
Fragilaria ulna angustissima - Sippen 300-350	2200	2806	2806
Fragilaria ulna angustissima - Sippen 350-400	2200	3250	3250
Fragilaria ulna var. ulna 150-200	-	10524	10524
Fragilaria ulna var. ulna 200-250	-	14067	14067
Fragilaria ulna var. ulna 250-300	-	18242	18242
Gymnodinium	1500	10746	10746
Gymnodinium helveticum	20000	12373	12373
Gymnodinium lantzschii	1600	2086	2086
Gymnodinium uberrimum	6300	87901	87901
Kephyrion rubri-claustri	50	77	77
Limnothrix obliqueacuminata	10	13	13
Limnothrix redekei	30	22	22
Mallomonas	3200	1594	1594
Mallomonas akrokomos	560	135	135
Mallomonas caudata	4000	10233	10233
Melosira varians	7500		6651
Microcrocis	-	91	91
Microcystis aeruginosa	48	68	68
Monoraphidium irregulare	-	121	121
Nitzschia acicularis - Formenkreis	170	502	502
Nitzschia spitz 0-50	200	248	248
Nitzschia spitz 50-100	200	1098	1098
Oocystis borgei	-		1169
Oocystis lacustris	450	270	270
Oocystis marssonii 10-15	700	708	708
Oocystis marssonii 15-20	700	1320	1320
Oocystis solitaria	800	5855	5855
Pandorina	400	1199	1199
Pandorina morum B < 12,5μm	400	260	260
Peridiniopsis polonicum	-		13680
Peridinium mittel (25-40µm)	800	14804	14804
Peridinium umbonatum-Komplex < 25	4500	2671	2671
Peridinium umbonatum-Komplex > 25	4500	7990	7990
Peridinium willei	25000	66469	61792

	ISF Volumen	2014 - 2015	2016 - 2017
Phacotus lenticularis	100	187	187
Planktosphaeria gelatinosa	1000	1697	1697
Planktothrix	-	112	112
Planktothrix agardhii	70	48	48
Planktothrix rubescens	70		80
Pseudanabaena limnetica	15	16	16
Pseudopedinella erkensis	550	724	714
Radiocystis geminata	-	6	6
Rhodomonas lacustris var. lacustris	130	130	130
Rhodomonas lacustris var. nannoplanctica	90	71	71
Rhodomonas lens	300	436	436
Scherffelia dubia	-	181	179
Snowella lacustris	8	8	8
Snowella litoralis	-		8
Sphaerocystis-Formenkreis 0-5	150		17
Sphaerocystis-Formenkreis 5-10	150	360	360
Sphaerocystis-Formenkreis 10-15	150	630	630
Spirogyra	20000	104875	104875
Synedra acus var. ostenfeldii	-	563	563
Tabellaria flocculosa	1400	1618	1618
Tetrachlorella alternans	600	473	473
Tetraedron minimum	70		292
Tetraselmis cordiformis	2000	2235	2235
unbestimmte Chlorococcales OVAL	200/750/3500	58	58
Unbestimmte Chrysophyceae 5-10	-	204	204
unbestimmte Euglenophyceae	200/1000/4000	3103	3103
Unbestimmte Volvocales 10-15	100/750/3500	811	811
Unbestimmte Volvocales 15-20	100/750/3500	2968	2968
Uroglena	100	174	174
Westella botryoides	230	293	307
Zentrale Diatomeen <5µm		18	18
Zentrale Diatomeen 5-10μm		116	116
Zentrale Diatomeen 10-15µm		537	537
Zentrale Diatomeen 15-20µm		1473	1473
Zentrale Diatomeen 20-25µm		3131	3131
Zentrale Diatomeen 25-30µm		5717	5717
Zentrale Diatomeen 30-35µm		9436	9436
Zentrale Diatomeen 35-40µm		14496	14496
Zentrale Diatomeen 40-45µm		21102	21102
Zentrale Diatomeen 45-50µm		29460	29460

Tab. 3: Verwendete Standardzellvolumen der Station Überlingersee.

	ISF Volumen	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Таха	μm³	μm³	μm³	μm³	μm³	μm³	μm³
Achnanthes	200	200	200				200
Achnanthes catenata	130	130	130	130	137	137	137
Achnanthes minutissima - Sippen	130	130	130	130	130		
Amphora ovalis	4000	4000	4000				
Anabaena lemmermannii	90	90	90	103	104	104	104
Anabaena planctonica				239			
Ankistrodesmus	250		250				
Ankyra judayi	150		150	90			162
Ankyra lanceolata	140	140	140	30	35	35	35
Aphanizomenon					70	70	70
Aphanizomenon flos-aquae	70	70	70	69			
Aphanocapsa delicatissima	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
Aphanocapsa elachista	2	2	2	2	1,8	1,8	1,8
Aphanocapsa incerta	-	4	4	1,5	1,2	1,2	1,2
Aphanothece clathrata	2	2	2	1	0,8	0,8	0,8
Asterionella formosa	450	450	450	473	484	484	484
Aulacoseira							591
Aulacoseira ambigua				610	568	591	
Aulacoseira granulata							1983
Aulacoseira granulata var. angustissima	500	500	500	400	412	412	412
Aulacoseira granulata var. angustissima					568		
Bitrichia chodatii	100	100	100	102,5	152	152	152
Botryococcus braunii	550	550	550	200	200	200	200
Ceratium hirundinella	45000	45000	45000	44939	44939	44939	44939
Chlamydomonas					1642		
Chlamydomonas 10-15µm	-	1020	1020	1000	928	928	928
Chlamydomonas 15-20 μm							1642
Chlamydomonas 5-10µm	-	220	220		49		
Chlamydomonas reinhardtii	700	700	700				
Chlamydomonas tremulans	400	400	400				
Chlorella	15	15	15	15			15
Chroococcus limneticus						153,7	570
Chrysochromulina parva	40	40	40	28	28	28	28
Chrysoflagellaten >10µm					888	896	896
Chrysoflagellaten 5-10µm					101	101	101
Chrysolykos planctonicus	50	50	50	68	60	56	51
Closterium limneticum							322
Closterium limneticum							1059
Cocconeis pediculus	5300		5300			1099	
Coelastrum polychordum							212
Coelosphaerium kuetzingianum				6,4		7,7	8,2
Colacium					1099		1099
Cosmarium depressum	-	2200	2200	3170			

	ISF Volumen	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cosmarium depressum var. planctoni-	1200		1200				
cum	1200		1200				
Cosmarium reniforme							22972
Crucigeniella apiculata					12	18	
Cryptomonas	2500		2500				
Cryptomonas curvata	-		3577	1821	4201	4542	6354
Cryptomonas curvata	-		3577	3577	4202	4691	4740
Cryptomonas curvata	-		4493	4163	4651	4691	4839
Cryptomonas curvata	-		4585	4219	5656	5024	4840
Cryptomonas curvata	-		3577	4357	4329	5245	4995
Cryptomonas curvata	-		4585	4433	5306	5597	5083
Cryptomonas curvata	-		4585	5365	4627	5906	5147
Cryptomonas curvata	-		5840	6086	4840	6183	5178
Cryptomonas curvata	-		4081	7475	4840	6284	5364
Cryptomonas curvata	-		4585		4202	6972	5519
Cryptomonas curvata	-		4585		4840	6302	5448
Cryptomonas curvata	-		6030				6058
Cryptomonas curvata	-		6088				6215
Cryptomonas curvata	-		4585				6354
Cryptomonas curvata	-		5194				
Cryptomonas curvata	-		4585				
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus	2100	2100	2100	1202	2207	1483	1311
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				1301	2122	1539	1339
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				1367	2289	1543	1402
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				1387	1684	1587	1408
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				1412	1754	1630	1425
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				1452	2006	1635	1545
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				1460	1730	1695	1574
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				1470	1492	1915	1622
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				1569	1760	2007	1698
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				1603	1668	2077	1798
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				1691	1775	2444	1811
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				1736	1367	2530	1899
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				1898	1867	2957	1909
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus				2004	2088		2040
Cryptomonas erosa/ovata/phaseolus	900	900	900	904	070	070	2249
Cryptomonas marssonii	800	800	800	801	870	870	870
Cryptomonas rostratiformis	5800	5800	5800	116			
Cyclostephanos delicatus		540	116	116	126	527	1472
Cyclostephanos dubius	-	540	116		436 1209	537	14/2
Cyclostephanos dubius Cyclostephanos dubius	-	1470	1472		3130		
	-		3130 537	116		527	
Cyclostephanos invisitatus	-			110	116	537	
Cyclostephanos invisitatus	-		116 115				
Cyclostephanos invisitatus	-		115				

	ISF Volumen	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cyclotella	200		200	116	116	116	116
Cyclotella				126	117		117
Cyclotella							118
Cyclotella							118
Cyclotella							119
Cyclotella							126
Cyclotella							132
Cyclotella balatonis	-	420	116	116	3671	853	179
Cyclotella balatonis	-	540	804	553	4986	1177	262
Cyclotella balatonis	-	650	1110	559	4533	1239	537
Cyclotella balatonis	-	700	1226	1186	5714	1472	730
Cyclotella balatonis	-	750	1246	1397	1252	1709	1013
Cyclotella balatonis	-	840	1246	1472	2945	1893	1056
Cyclotella balatonis	-	950	1391	1552	2554	1940	1132
Cyclotella balatonis	-	1040	1472	2369	1836	2029	1140
Cyclotella balatonis	-	1050	1887	2985	1829	2215	1143
Cyclotella balatonis	-	1080	2234	3049	1595	2241	1240
Cyclotella balatonis	-	1110	2577	3129	1859	2776	1436
Cyclotella balatonis	-	1130	2725	3550	1684	3096	1526
Cyclotella balatonis	-	1280	2834	4715	1351		1653
Cyclotella balatonis	-	1355	2889		568		2922
Cyclotella balatonis	-	2710	2980				
Cyclotella balatonis	-	2800	4425				
Cyclotella balatonis	-		4606				
Cyclotella bodanica				11140			
Cyclotella bodanica	5400		5400	14489			
Cyclotella bodanica				21091			
Cyclotella comensis					116	116	
Cyclotella costei	90	90	90	116	122	119	117
Cyclotella costei				117	120	120	117
Cyclotella costei				119	116	123	118
Cyclotella costei				120	117	125	119
Cyclotella costei				121	118	127	121
Cyclotella costei				125	118	129	121
Cyclotella costei				126	129	145	122
Cyclotella costei				139	143	153	124
Cyclotella costei				140	134	160	125
Cyclotella costei					119		130
Cyclotella costei					120		132
Cyclotella costei					129		145
Cyclotella costei					148		154
Cyclotella costei					189		155
Cyclotella kuetzingiana					537	116	
Cyclotella meneghiniana	300		300	116	1472		
Cyclotella meneghiniana				1472			

	ISF Volumen	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cyclotella ocellata	450		450	140	537	116	116
Cyclotella ocellata				219	124	124	126
Cyclotella ocellata				537	133	129	136
Cyclotella ocellata				1052	375	136	138
Cyclotella ocellata					164	537	146
Cyclotella ocellata					576	143	141
Cyclotella ocellata							149
Cyclotella ocellata							157
Cyclotella ocellata							165
Cyclotella ocellata							200
Cyclotella pseudocomensis	-	120	120	116	116	116	116
Cyclotella pseudocomensis	-			118			117
Cyclotella pseudocomensis				123			119
Cyclotella pseudocomensis				537			121
Cyclotella pseudocomensis							129
Cyclotella pseudocomensis							135
Cyclotella pseudocomensis							138
Cyclotella pseudocomensis							139
Cymatopleura solea	2000		2000				
Cymbella				2000	2683	2000	
Cymbella						2390	
Diatoma	1100		1100				
Diatoma tenuis	1100		1100	1331	1137		
Diatoma vulgaris					3283	4180	3273
Dictyosphaerium pulchellum	300		300				
Dinobryon alle Arten	230	230	230				17
Dinobryon bavaricum				230	251	251	251
Dinobryon crenulatum				100	127	127	127
Dinobryon cylindricum						275	
Dinobryon divergens				267	262	262	262
Dinobryon sertularia				344	427	427	427
Dinobryon sociale				233	251	251	251
Discostella pseudostelligera	-	116	116	116		116	116
Elakatothrix gelatinosa	200	200	200	104	109	109	109
Epipyxis						79	76
Erkenia subaequiciliata	50	50	50	35	37	37	37
Eudorina elegans	300	300	300	516	624	624	624
Eunotia				1000			
Eutetramorus fottii	150	150	150				
Fragilaria		600	183	253	303	262	262
Fragilaria			195	293	306	306	267
Fragilaria			198	298	333	386	326
Fragilaria			199	301	350	387	378
Fragilaria			199	314	354	448	473
Fragilaria			204	317	361	488	492

	ISF Volumen	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Fragilaria	isr volumen	2012	2013	318	479	504	548
Fragilaria			205	323	509	541	592
Fragilaria			205	327	510	1002	612
Fragilaria			206	334	513	1002	632
Fragilaria			207	346	594	1310	709
Fragilaria			216	357	731	1337	801
Fragilaria			221	370	1276	1975	1468
Fragilaria			226				4479
Fragilaria			235				
Fragilaria			273				
Fragilaria			950				
Fragilaria			1374				
Fragilaria capucina	360		360		929	929	
Fragilaria crotonensis	700	700	700	1148	1140	1140	1140
Fragilaria tenera	730	730	730				
Fragilaria ulna angustissima –	2200	2200	2200	1478			
Sippen							
Fragilaria ulna angustissima –				2160			
Sippen							
Fragilaria ulna angustissima –				4207			
Sippen							
Fragilaria ulna angustissima –				4338			
Sippen							
Fragilaria ulna angustissima –				4468			
Sippen							
Fragilaria ulna var. ulna				14067	5954	954	6295
Fragilaria ulna var. ulna						7420	
Gomphonema	2500	2500	2500	2500	1061	1061	1061
Gymnodinium	1500		1500				
Gymnodinium helveticum	20000	20000	20000	12591	12283	12283	12283
Gymnodinium lantzschii	1600	1600	1600	949	1135	1135	1135
Gymnodinium uberrimum	6300	6300	6300	53319	49424	49424	49424
Gyrosigma attenuatum				5045			
Kephyrion	70	70	70	44	48	48	48
Kirchneriella	180	180	180		180		
Koliella longiseta	200		200				
Lagerheimia genevensis	400		400				
Mallomonas	3200	3200	3200	1596	1755	1755	1755
Mallomonas						3052	
Mallomonas acaroides	3200	3200	3200				
Mallomonas akrokomos	560		560	149	145	145	145
Mallomonas caudata	4000	4000	4000	7052	8284	8284	8284
Melosira varians					5462	5462	5462
Merismopedia					5	5	3
Merismopedia							8

	ISF Volumen	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Microcystis					27		
Microcystis aeruginosa				51	51	51	51
Microcystis flos-aquae					27		27
Microcystis wesenbergii							37
Monoraphidium	220	220	220				220
Monoraphidium contortum					100		
Monoraphidium griffithii	220	220	220				220
Monoraphidium komarkovae	300	300	300	300	157	157	
Mougeotia viridis	2800		2800	2800			
Navicula	-	2000	203	103	845	267	334
Navicula	-	300	208	300	3356		
Navicula	-		1400	318	1727		
Navicula	-		1600	2137	10341		
Navicula	-		2637				
Nephrocytium agardhianum						202	377
Nitzschia	-	200	200	150	254		394
Nitzschia	-	2000	372	200	394		
Nitzschia	-		103	370	416		
Nitzschia	-			474	511		
Nitzschia					727		
Nitzschia acicularis - Formenkreis	170	170	170	170	247	234	234
Ochromonas	60	60	60	900			
Ochromonas 10-15µm				687		896	896
Ochromonas 5-10µm				110		101	
Oocystis						1003	1068
Oocystis lacustris	250	250	250		285	285	285
Oocystis marssonii	700	700	700	1146	1719	1719	1719
Pandorina morum	400	400	400	315	316	316	316
Pediastrum boryanum	350	350	350	350	350	441	43
Pediastrum boryanum					382		159
Pediastrum duplex				414			
Pediastrum tetras							154
Peridinium				8000	82618		
Peridinium aciculiferum	15000		15000	11583	13206		13206
Peridinium cinctum	25000	25000	25000				
Peridinium umbonatum Komplex	10000	10000	10000	3518	6032		
Peridinium umbonatum Komplex					7354		
Peridinium umbonatum-Komplex <							
25µm						3380	3380
Peridinium willei	25000		25000	63549	64948	64948	64948
Phacotus lenticularis	100	100	100	185	182	182	182
Planctonema lauterbornii					287	79	
Planktosphaeria gelatinosa	1000		1000	1023		1023	1023
Planktosphaeria gelatinosa				2806			
Planktothrix agardhii	70		70	73	61	61	

	ISF Volumen	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Planktothrix rubescens						69	69
Prasinophyceae							212
Pseudanabaena catenata	10		10		17	17	15
Pseudanabaena limnetica	-	9	9	10	11	11	11
Pseudopedinella erkensis	550	550	550	327	610	610	610
Pseudosphaerocystis lacustris	250	250	250	221	221	221	221
Pseudosphaerocystis lacustris				250			
Radiocystis geminata	4		4	4	5		5
Raphidiocelis	-	150	50				
Raphidiocelis	-		150				
Rhodomonas lacustris	130	130	130	132	133	133	133
Rhodomonas lacustris var. nannoplanc-	90	90	90	62	70	70	70
tica	30	90	90	02	70	70	70
Rhodomonas lens	300	300	300	347	337	337	337
Scenedesmus	250	250	250	250			250
Scenedesmus							138
Scenedesmus disciformis							14
Scenedesmus quadricauda	250	250	250	250	51	51	51
Scherffelia dubia				180	176	175	175
Snowella							7
Snowella lacustris	8	8	8	7	7	7	
Sphaerocystis Formkreis	150		150	102	221	221	8
Sphaerocystis Formkreis				221	1023	1023	29
Sphaerocystis Formkreis							221
Sphaerocystis Formkreis							1023
Sphaerocystis Formkreis							2806
Sphaerocystis schroeteri	200	200					
Spirogyra	20000		20000				
Spirulina						23562	
Stephanocostis chantaica	75	75	75	116	116	116	116
Stephanodiscus alpinus	1250	1250	1250	1472	1472	1472	1472
Stephanodiscus alpinus				1876	2270	1765	1804
Stephanodiscus alpinus				1919	2332	1804	1887
Stephanodiscus alpinus				2504	2846	1807	2083
Stephanodiscus alpinus				2863	4522	5061	2257
Stephanodiscus alpinus				3130			2854
Stephanodiscus alpinus		400	100	3572	440	440	5714
Stephanodiscus minutulus	-	139	169	116	116	116	116
Stephanodiscus minutulus	-	166	126	119	120	125	153
Stephanodiscus minutulus	-	537	116	135	122	158	156
Stephanodiscus minutulus	-	194	117	147	146	160	161
Stephanodiscus minutulus	-	326	118	155	162	204	183
Stephanodiscus minutulus	-	204	139	199	192	275	187
Stephanodiscus minutulus	-	116	147	214	232	410	192
Stephanodiscus minutulus	-	537	251	358	298		195

	ISF Volumen	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Stephanodiscus minutulus	-	297	116	366			196
Stephanodiscus minutulus	-	116	116	970			223
Stephanodiscus minutulus	-	537	116				
Stephanodiscus minutulus	-	537	117				
Stephanodiscus minutulus	-	298	140				
Stephanodiscus minutulus	-	153	228				
Stephanodiscus minutulus	-	116	137				
Stephanodiscus minutulus	-		432				
Stephanodiscus neoastraea	8000	8000	8000	79	5714	9432	3130
Stephanodiscus neoastraea				5714	7401	10696	7735
Stephanodiscus neoastraea				7573	9277	12327	7945
Stephanodiscus neoastraea				8798	9327	14489	10753
Stephanodiscus neoastraea				9695	9432	15566	10919
Stephanodiscus neoastraea					9763	15886	11339
Stephanodiscus neoastraea					11960	16291	12105
Stephanodiscus neoastraea					15850	16878	14489
Stephanodiscus neoastraea					22260		
Stylochrysalis libera	75	75	75	251	172	172	172
Synechococcus				11			
Synechococcus cedrorum	50	50	50				
Synechocystis aquatilis	60	60	60	60			
Synura	420	420	420			883	
Tabellaria flocculosa	1400	1400	1400	1483	1483	1483	1483
Tetrachlorella alternans							240
Tetraedron minimum	70		70	70		393	260
Tetraedron triangulare				81			
Tetraselmis cordiformis	-	2000	2000	1433	1712	1712	1712
unbek. Cya-	_	4	4				
no.cfRadiocystis/cf.Gomphospheria							
unbek. Cya-	_	10	10				
no.cfRadiocystis/cf.Gomphospheria							
Unbestimmte Chlorococcales1	-			38	31		31
Unbestimmte Chlorococcales2					52	52	52
Unbestimmte Chlorococcales3					21		21
Unbestimmte Chlorophyceae	-			50			291
Unbestimmte Chlorophyceae1	-			38			
Unbestimmte Chlorophyceae2	-		222	50	225	225	
Unbestimmte Chrysophyceae			222	221	225	225	
Unbestimmte pennate Diatomeen	-		4000	403	1488		
Unbestimmte pennate Diatomeen	-		2000	569	1604		
Unbestimmte pennate Diatomeen	-	100	3966	2000	100	4.47	4.47
Uroglena Wasaniahan nagaliana	100	100	100	174	168	147	147
Woronichinia naegeliana				2.4	2.4	24	32
Zentrale Diatomeen < 5µm	-			34	34	34	34
Zentrale Diatomeen 25-30µm						5714	5714

Auskünfte

Baden-Württemberg: Institut für Seenforschung (ISF) der Landesanstalt für

Umwelt Baden-Württemberg

Argenweg 50/1

D-88085 Langenargen

Bayern: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

D-86179 Augsburg

Wasserwirtschaftsamt Kempten

Rottachstr. 15

D-87439 Kempten

Österreich: Amt der Vorarlberger Landesregierung

Römerstraße 14

A-6901 Bregenz

Schweiz: Bundesamt für Umwelt (BAFU)

CH-3003 Bern

Dieser Bericht steht als PDF-Datei unter http://www.igkb.org zur Verfügung.

