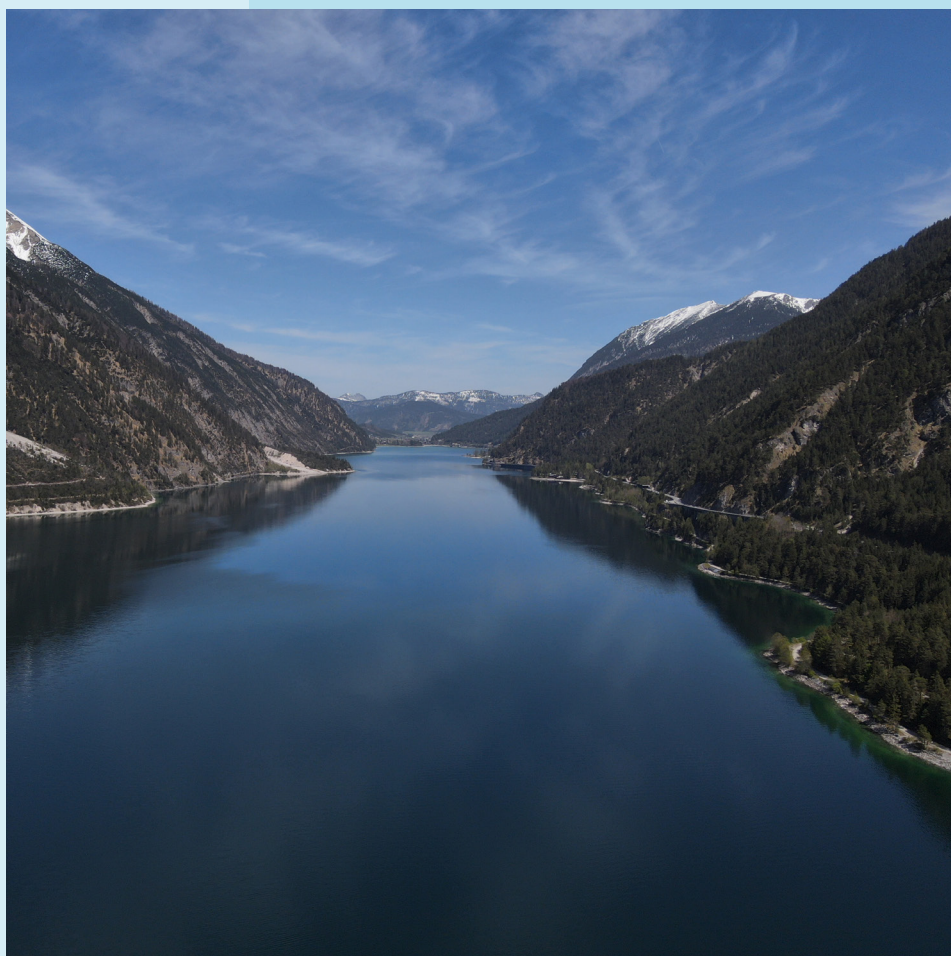


30 Jahre Tiroler Seenmonitoring

Endbericht
Teilbericht 1 – Gesamtauswertung



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Glossar	2
3	Lebensraum See	4
4	Grundlagen und Untersuchungsumfang	6
4.1	Seen.....	7
4.2	Parameter	9
4.2.1	Erhebung Phytoplankton.....	9
4.2.2	Physikalisch-chemische Erhebungen	16
5	Ergebnisse	19
5.1	Artenzusammensetzung – häufige Taxa	19
5.2	Trophie-Scores	23
5.3	Biovolumen	26
5.4	Nährstoff - Phosphor.....	29
5.5	Biovolumen, Trophie-Scores und Phosphorkonzentration	32
5.6	Sichttiefe	34
5.7	Wassertemperatur	37
5.8	Trophie	40
5.9	Zusammenfassung	43
6	Anhang.....	45
7	Verzeichnisse.....	65
7.1	Abbildungsverzeichnis	65
7.2	Tabellenverzeichnis.....	66

1 Einleitung

Seit 1992 werden an ausgewählten Tiroler Seen biologische und physikalisch-chemische Daten erhoben. Die Aufnahmen bilden die Grundlage zur Beurteilung des Gewässerzustandes bzw. der Nährstoffversorgung der vorwiegend als Badegewässer genutzten Seen. Im Mittelpunkt des Langzeitmonitoring steht die Untersuchung der Schwebealpengemeinschaft (Phytoplankton) als Indikator für die Nährstoffsituation. Das Monitoring soll (negative) Entwicklungen frühzeitig aufzeigen und bildet so die Grundlage für die Entwicklung von Maßnahmen zur Seesanieung und Seerestaurierung. Neben dem ökologischen Aspekt der Dokumentation der langfristigen Entwicklung ist das Seenmonitoring auch für die Dokumentation der Badegewässerqualität von Bedeutung. Die Entwicklung von Schwebealgen und ihre Verteilung in der Wassersäule hat direkte Auswirkungen auf die Transparenz des Seewassers (Sichttiefe) und kann, bei außergewöhnlichen Bedingungen, auch zu Massenentwicklungen führen. Kommt es beispielsweise zu einer Massenentwicklung und Aufschwimmen von sogenannten Cyanobakterien (Blaualgen), die Toxine bilden können, welche bei hoher Dichte gesundheitsschädigende Auswirkungen auf Mensch und Tier haben, so ist die Nutzung als Badegewässer zumindest zeitweilig eingeschränkt.

Im vorliegenden Bericht werden die chemisch-physikalischen Verhältnisse (Nährstoff Phosphor, Sauerstoff, Wassertemperatur Sichttiefen) und die Menge und Zusammensetzung der Schwebealpengemeinschaft (Phytoplankton) für 31 Seen beschrieben und für den Zeitraum von bis zu 30 Jahren ausgewertet. Die erhobenen Daten umfassen insgesamt 4.062 limnologische Untersuchungen im Rahmen des Seenmonitorings des Amtes der Tiroler Landesregierung seit 1992 bis 2022 und 174 Untersuchungen durch die bundesweite Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) im Zeitraum 2007 bis 2022.

2 Glossar

Alpha-Diversität	(α -Diversität), Maß für die Artenvielfalt eines Lebensraums. Sie beschreibt die Anzahl der in einem Habitat oder Biotop vorkommenden Arten ohne Berücksichtigung der Abundanz
Biovolumen	Gesamtes Zellvolumen eines Taxons pro Volumseinheit (üblicherweise in mm^3/L)
Brettum-Index	Trophieindex zur Bewertung des Phytoplanktons gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie
Centrales	Ordnung der Kieselalgen – Form rund, elliptisch oder polygonal
Chlorophyll-a	Chlorophyll ist ein grüner Farbstoff, der in den Chloroplasten von Pflanzen und Algen sowie in den Zellen von Cyanobakterien vorhanden ist. Seine Hauptfunktion liegt in der Absorption von Licht, um Energie für die Photosynthese bereitzustellen
Epilimnion	Oberste Wasserschicht in geschichteten Seen, die sich temperaturmäßig von den darunterliegenden Schichten deutlich abhebt und annähernd homogen durchmischt ist (darunter befindet sich das Metalimnion mit der thermischen Sprungschicht = Zone mit der größten temperaturbedingten Dichteänderung)
EQR	Ecological Quality Ratio: Quotient aus Ist-Wert und Referenzwert; Maßzahl zur Beschreibung der Abweichung des Istwerts eines Metric oder Qualitätselements vom Referenzwert
Euphotische Zone	Zone innerhalb eines Wasserkörpers, in dem eine Nettoproduktion möglich ist (Brutto-Primärproduktion > Respiration). Sie reicht bis in jene Tiefe, in welcher noch 1% der photosynthetisch aktiven Strahlung direkt unter der Wasseroberfläche vorhanden ist (Kompensationsebene). Das entspricht etwa dem 2,5-fachen der Sichttiefe (Secchi-Tiefe)
GZÜV	Gewässerzustandsüberwachungsverordnung
holomiktisch	Typisierung eines Sees in Abhängigkeit des Zirkulationsverhaltens. Bei holomiktischen Seen wird das Wasser während der Umwälzungsperioden, in gemäßigten oder temperierten Klimaten im Herbst und im Frühjahr, bis zum Grund durchmischt. Durch die Umwälzung der gesamten Wassersäule ist eine Anreicherung mit Sauerstoff und eine gleichmäßige Nährstoffverteilung gegeben.
Hypolimnion	unterste und während der sommerlichen Schichtung kälteste Schicht im See, mit relativ homogener Verteilung der Wassertemperatur
meromiktisch	Typisierung eines Sees in Abhängigkeit des Zirkulationsverhaltens. Bei meromiktischen Seen Bezeichnung wird das Tiefenwasser nie oder nur teilweise von der Zirkulation erfasst, weil es entweder durch große Mengen gelöster Substanzen eine sehr hohe Dichte aufweist, oder weil der See zu windgeschützt liegt. Meromiktische Seen sind in gemäßigten oder temperierten Klimaten verbreitet; typisch sind anaerobe Bakterien im Tiefenwasser, die Methan (methanbildende Bakterien) oder Schwefelwasserstoff bilden

Metalimnion	Übergangszone zwischen dem wärmeren Epilimnion und dem kälteren Hypolimnion (Klassifizierung: Temperaturänderung mindestens $\sim 1^\circ\text{C}$ pro Meter Tiefe)
Pennales	Ordnung der Kieselalgen – Form linear, lanzettlich oder oval, meist mit bilateralsymmetrisch "gefiederten" Strukturen
Phytoplankton	Schwebealgen, Gemeinschaft frei schwebender, vorwiegend photosynthetischer Organismen aquatischer Systeme, einschließlich Algen und Cyanobakterien (Blaualgen)
REBECCA (ID)	EU-weite, einheitlich Identifikationsnummer die im Rebecca-Projekt für die Art/ das Taxon vergeben wurde
Secchi-Tiefe	vgl. Sichttiefe
Sichttiefe	Maximale Tiefe, bis zu der eine weiße Scheibe (nach Angelo Secchi) im Wasser gerade noch sichtbar ist. Die Messung der Sichttiefe dient nach ÖNORM EN ISO 7027 der Bestimmung der Trübung in einem Gewässer
Stagnation	Ausbildung einer stabilen vertikalen Schichtung (in der warmen Jahreszeit – Sommerstagnation)
Taxa (Taxon)	eine Gruppe von Organismen, die sich durch gemeinsame Merkmale beschreiben und von anderen Gruppen unterscheiden lässt
Thermokline	= Sprungschicht; Bereich mit der größten durch Temperaturunterschiede bedingten vertikalen Dichteänderung
Trophie	Maß für die Auswirkung der Nährstoffkonzentration auf Menge der pflanzlichen Produktion (und die Zusammensetzung der Pflanzengemeinschaft)
Zirkulation	(Herbst/Frühjahr), Durch vertikale Temperaturangleichung ermöglichte und durch Windeinwirkung und Einstömungen von Zubringern bedingte Durchmischung der Wasserschichten eines Sees

3 Lebensraum See

In unseren Breiten zeichnen sich Seen vor allem im Sommer durch eine stabile Schichtung aus (Stagnation). Durch die Sonneneinstrahlung kommt es zu einer Erwärmung des Oberflächenwassers, das kalte Wasser verbleibt in der Tiefe. Die warme Oberschicht (Epilimnion) wird durch die Sprungschicht (Thermokline) von der kalten Tiefenzone (Hypolimnion) getrennt. Bei seichten Seen ist zumeist keine stabile Schichtung ausgebildet. Im gemäßigten Klimabereich findet in der Regel zweimal jährlich eine so genannte Vollzirkulation statt. Sowohl im Frühjahr als auch im Herbst kommt es bei einer gleichmäßigen Wassertemperatur von ca. 4 °C über die gesamte Wassersäule zu einer Durchmischung des Wassers und zu einer Umverteilung von Sauerstoff und Nährstoffen. Eine Ausnahme davon bilden die sogenannten „meromiktischen“ (teildurchmischenden) Seen. Meromixis kann durch topographische (windgeschützt), morphologische (kleine Wasseroberfläche im Verhältnis zur Tiefe) oder chemische (salzreiches Hypolimnion mit Ausbildung einer chemischen Sprungschicht) Verhältnisse bedingt sein.

Schwebealgen und Wasserpflanzen, entnehmen mit Hilfe des Sonnenlichts aus dem Wasser das Kohlendioxid und bilden Glucose bzw. binden Nährstoffe in Biomasse. Je mehr Nährstoffe zur Verfügung stehen, umso größer ist das Algenwachstum. Die Menge der Schwebealgen beeinflusst auch die Transparenz des Wassers und die Qualität des Sees als Badegewässer. Entsprechend ihrer Entwicklungsphasen sterben die Algen, sinken zu Boden und werden unter Sauerstoffverbrauch von Mikroorganismen zersetzt. Nährstoffeintrag erfolgt aber auch aus anderen Quellen, wie etwa aus dem Umland bzw. Einzugsgebiet (z. B. aus landwirtschaftlich genutzten Flächen oder direkt durch Laubeintrag). So kann es am Ende des Sommers zu einem Sauerstoffschwund in der Tiefenzone kommen, die mit der herbstlichen Zirkulation wieder aufgelöst wird. Diese Prozesse sind temperaturabhängig sodass bei höheren Temperaturen die Prozesse rascher ablaufen und die Nährstoffe bald wieder zur Verfügung stehen und so zu Algenblüten führen können, die ebenfalls die Qualität als Badegewässer einschränken.

Für die Beurteilung eines Sees ist aus gewässerökologischer Sicht der Nährstoff Phosphor, die Menge an Schwebealgen (Phytoplankton), die Transparenz sowie die Sauerstoffsättigung über Grund bzw. über die gesamte Wassersäule von Bedeutung.

Die Bewertung eines Sees anhand des Phytoplanktons ist in erster Linie eine Klassifizierung des Nährstoff- oder Produktionsniveaus. **Tabelle 1** gibt einen Überblick über die Trophieklassen für die wichtigsten Trophieindikatoren für Seen > 50 ha (Wolfram, et al., 2015). Für kleine Seen kann dieses Schema zumindest teilweise übernommen werden, entscheidend dabei ist die endgültige

Trophiebewertung nach Experteneinschätzung unter Berücksichtigung weiterer, biotischer und abiotischer, Parameter (vgl. zusammenfassende Bewertung in Kap. 5.8).

Tabelle 1: Trophieklassen der wichtigsten Trophieindikatoren TP = Gesamtphosphor (volumengewichtet, alternativ: Frühjahrszirkulation), Chl-a = Chlorophyll-a, BV = Gesamtbiovolumen, ST = Sichttiefe (aus (Wolfram, et al., 2015):

Trophieklasse	Nährstoffreichtum	TP [$\mu\text{g L}^{-1}$]	Chl-a [$\mu\text{g L}^{-1}$]	BV [$\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$]	ST [m]
ultra-oligotroph	sehr nährstoffarm	≤ 3	$\leq 1,2$	$\leq 0,3$	≥ 10
oligotroph	nährstoffarm	3–10	1,2–3	0,3–0,75	5,5–10
mesotroph	mäßig nährstoffreich	10–20	3–7	0,75–1,75	3,5–5,5
schwach eutroph	nährstoffreich	20–30	7–12	1,75–3,0	<3,5
stark eutroph	sehr nährstoffreich	30–50	12–20	3,0–5,0	<2,5
hypertroph	extrem nährstoffreich	>50	>20	>5,0	<2

4 Grundlagen und Untersuchungsumfang

Im Rahmen des Seenmonitorings des Amtes der Tiroler Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft werden seit 1992 die Tiroler Seen (v.a. Badeseen) in Hinblick auf ihre physikalisch-chemischen und biologischen Verhältnisse untersucht. Zusammen mit Untersuchungen im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV, seit 2007) und Untersuchungen der Universität Innsbruck bilden sie die Grundlage für den vorliegenden Bericht.

Der Untersuchungsumfang, -intensität und Parameterumfang hat sich seit Beginn der Erhebungen verändert, auf Grundlage der gemeinsam verfügbaren Datengrundlagen erfolgt eine Zusammenschau der Entwicklung im Rahmen der vorliegenden Studie.

In folgenden Kapiteln werden die zur Verfügung gestellten Grundlagendaten und die Qualität/Quantität der Daten über die Zeitreihe von 1992 bis 2022 beschrieben.

4.1 Seen

Auf Grundlage der Daten des amtlichen Seenmonitorings der Tiroler Landesregierung zusammen mit den Erhebungen im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung und der Untersuchung am Piburger See (Universität Innsbruck) werden im Rahmen der vorliegenden Studie insgesamt 31 Seen berücksichtigt. Der See mit der größten Tiefe ist der Achensee (133 m) gefolgt vom Plansee (78,4 m). Das Überwasser Ladis ist der am höchsten gelegene See im Untersuchungsraum (1.275 m.ü.A) der mit einer Wassertiefe von 2 m auch den seichtesten See der Untersuchung darstellt.

Tabelle 2: Übersicht der untersuchten Tiroler Seen (1992 – 2022)

See	maximale Tiefe [m]	Meereshöhe
Achensee	133,0	929
Badesee Going	3,7	739
Badesee Kirchberg	4,5	832
Badesee Mieming	3,4	790
Badesee Weißlahn	8,8	540
Baggersee Rossau	14,3	561
Berglsteiner See	2,2	713
Brixener Badeteich	4,5	790
Haldensee	22,7	1.124
Hechtsee	57,0	542
Heiterwangersee	61,7	975
Hintersteiner See	35,0	882
Krummsee	2,7	561
Lanser See	10,2	840
Lauchsee Fieberbrunn	4,5	859
Moorstrandbad Kirchbichl	3,7	512
Natterer See	3,0	826
Piburger See	25,3	912
Plansee	78,4	975
Reintaler See	10,3	563
Reither See	7,7	622
Rieder Badesee	4,2	873
Schwarzsee Kitzbühel	7,0	780
Stimmersee	5,9	522
Thiersee	12,4	616
Tristacher See	7,4	820
Überwasser Ladis	2,0	1.275
Urisee	36,7	901
Vilsalpsee	30,6	1.165
Walchsee	21,0	655
Wildsee Seefeld	5,2	1.177

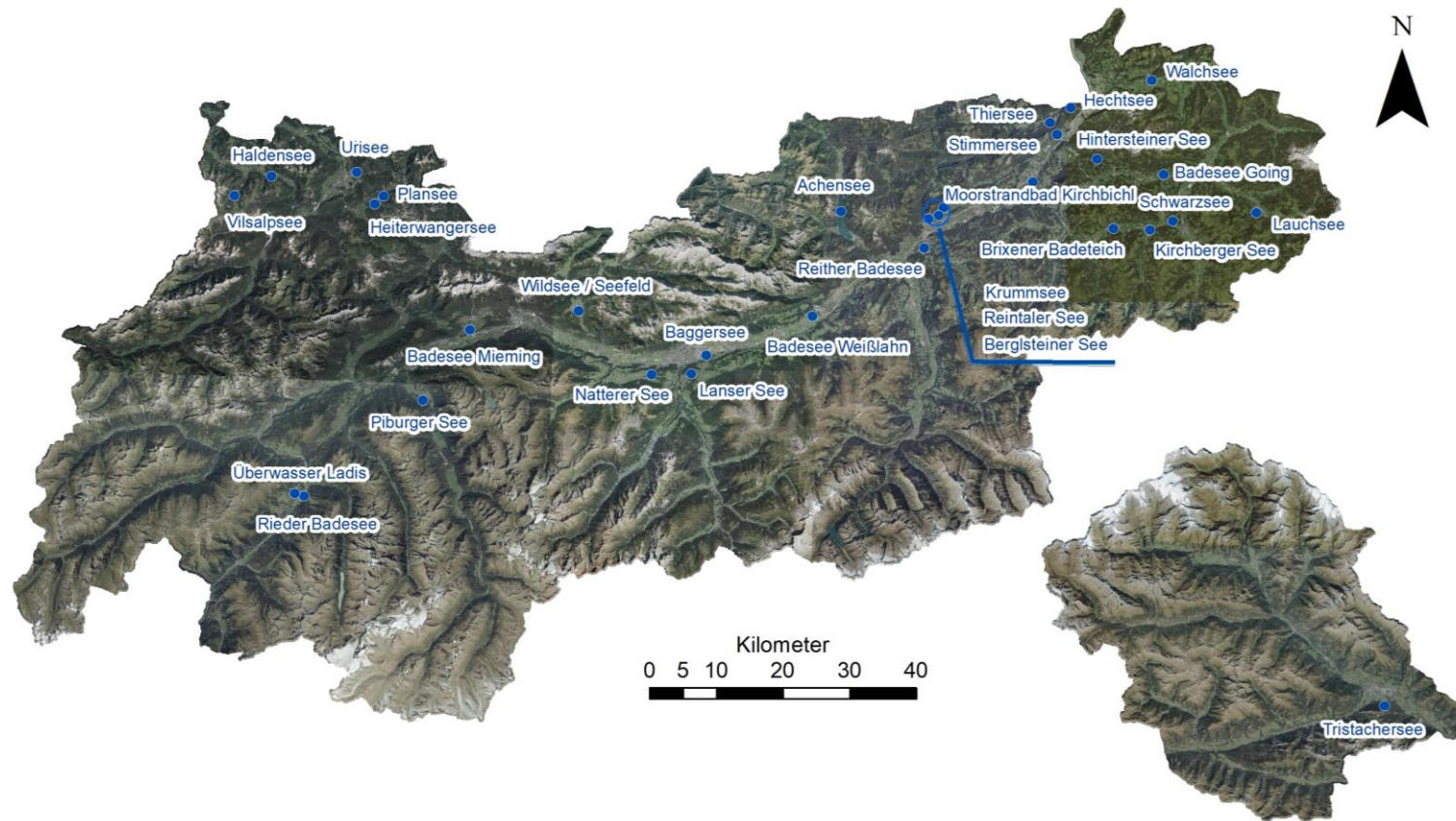


Abbildung 1: Übersicht zur Lage der untersuchten Seen (Anzahl 31)

4.2 Parameter

4.2.1 Erhebung Phytoplankton

Das Phytoplankton ist die Gemeinschaft freischwebender, vorwiegend photosynthetischer Organismen in aquatischen Ökosystemen (Algen und Cyanobakterien). Ihre Entwicklung ist vor allem an die Nährstoffverfügbarkeit im Gewässer gekoppelt bzw. dadurch limitiert. Die verschiedenen Arten (Taxa) bzw. ihre spezifische Zusammensetzung sind Anzeiger für unterschiedliche Konzentration des Hauptnährstoffes Phosphor im Gewässer.

Die Gesamtauswertung erfolgt einerseits auf Grundlage aller verfügbaren Proben (Tiefenstufen und Jahreszeiten) und andererseits werden die detaillierten Auswertungen zur besseren Vergleichbarkeit auf den Zeitraum Mai – September im Bereich der Seeoberfläche eingeschränkt (auf diesen Zeitraum liegt der Schwerpunkt des amtlichen Seenmonitorings).

Als Grundlage wurden im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung 4.236 limnologische Untersuchungen der Phytoplanktonbesiedelung herangezogen (vgl. **Tabelle 3**).

Folgende Parameter werden im Rahmen der Auswertung berücksichtigt

- Biovolumen [mm^3/L]
- Chlorophyll-a Konzentration [$\mu\text{g}/\text{L}$]
- Auswertung zu den häufigsten Phytoplankton Taxa
- Trophie-Scores (gewichtet nach Biovolumen der entsprechenden Zeigerarten)

Tabelle 3: Übersicht zur Anzahl der Phytoplanktonproben pro Jahr seit 1992 der Tiroler Seen (ohne Piburger See); rot – nur Biovolumen, keine Taxalisten; orange – Erhebungen im Rahmen der GZÜV

See /Jahr	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Summe	
Achensee			3			2		2	9				8	11	8	3	4	3	4	4	4	4	4		4	4	4	4	2	4	4	99	
Badesee Going				2	2	1		1	3			2	3	2	1		3	4	4	3	3		6	6	4	8	4	4	6	2	2	76	
Badesee Kirchberg				2	2	2		1	3	2		1	3	2	2	1	3	4	4	3	6		6	6	6	6	4	4	3	1	2	79	
Badesee Mieming	10	10	13	8	10	11	1	6	4	2		2		3	1	1	2	8	4	4	8		6	6	6	6	4	4	5	2	2	149	
Badesee Weißlahn	7	12	10	8	10	10		8	14	2		16		3	2		5	12	14	12	12		12	9	9	12	2	4	8	5	5	223	
Baggersee Rossau	13	16	11	12	12	13			8	2	8	15	24	4	12	3	5	12	12	12	4		15	12	21	12	8	3	11	10	5	295	
Berglsteiner See					1				3			1	1	2	2	1	2	4	4	3	6		6	6	6	6	2	4	4	2	2	68	
Brixener Badeteich				2	2	1		1	2			1	3	2	2	2	3	4	6	6	6		4	6	6	6	4	4	6	1	2	82	
Haldensee	9	12	9	3	4	1		2	3			6	7	14	10	2	4	4	8	6	6		6	6	6	6	4	4	10	2	2	156	
Hechtsee	8	10	5	10	7+12	1	11	4	4	18	6	6	6	6	16	2	6	4	10	3	3		3	8	3	3	2	3	8	2	2	192	
Heiterwangersee	4	5	3		1	2	2	3	3	2		5	4	7	5	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	105	
Hintersteiner See		1						1	2	2		4		10	10	2	5	4	10	6	6		6	6	5	6	4	4	12	2	2	110	
Krummsee				3	2	1		2	3	2		2	3	3	2	2	2	4	4	5	3		6	6	6	6	4	4	4	2	2	83	
Lanser See	12	15	14	8	8	6	1	6	4	4	20	33		4	3	3	5			6	9		12	10	9	12	8	4	8	5	5	234	
Lauchsee Fieberbrunn				2	1	1		1	3	2		2		2	2	2	2	8	4	6	9		9	9	6	6	4	4	6	4	2	97	
Moorstrandbad Kirchbichl	6	7	12	6	10	12		5	4	2		5		2	2	2	2	8	8	6	8		6	7	7	9	6	4	6	4	3	159	
Natterer See	8	10	11	6	7	4	1	8	4	2		2		3	2	1	2	8	4	6	7		6	6	6	6	4	4	4	5	4	141	
Plansee	4	5	3		1	2	1	4	6	2		5		7	5	3	4	3	4	3	5	3	4	4	4	4	4	4	2	4	4	104	
Reintaler See	9	7	10	4	6	4	12	9	7	5					8	5	12	12	8	9	9		9	9	9	9	6	4	10	6	6	204	
Reither See	10	12	14	4	10	9		7	4	3		3		2	2	2	4	12	6	12	15	15	18	18	24	12	12	6	8	6	6	256	
Rieder Badesee	8	10	7	6	5	3		6	5	2		2	1	3	2	2	4	14	6	6	10		5	6	6	6	4	4	6	2	5	146	
Schwarzsee Kitzbühel	10	14	10	8	10	13		6	4	2							4	12	6	6	9		12	9	9	12	2	4	8	5	5	180	
Stimmersee				2	1			1	3	2		2		3	2	1					2	3		6	6	6	6	2	4	6	2	2	62
Thiersee	1		10	5	2	1		1	5	2		1	1	3	2	4	6	11	8	20	12		12	10	10	12	2	4	8	6	6	165	
Tristacher See	8	13	9	3	6	7		7	2	2	11	24		3	2	2	4	4	6	3	15		9	9	9	9	4	2	10	7	6	196	

Fortsetzung **Tabelle 3**

See /Jahr	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Summe
Überwasser Ladis				2	1	1		1	3	3		2	1	3	2	1	2	4	4	6	6		6	6	6	5	4	4	4	2	2	81
Urisee	9	10	10	3	3	1		2	3	2		2		2	2	2	5	4	10	9	9		9	9	6	6	2	4	10	2	2	138
Vilsalpsee				1	1	1						7		10	10	2	5	4	14	9	9		9	9	5	6	2	4	10	2	2	122
Walchsee	8	1	5	3	2	1		1	6	2		6		10	2	2	5	4	10	9	12		12	10	12	14	2	4	12	2	2	159
Wildsee / Seefeld	1	1	3	2	2	1	1	1	3	3		2		2	3	3	6	1					6	6	6	6	3	4	6	1	2	75
																																4236

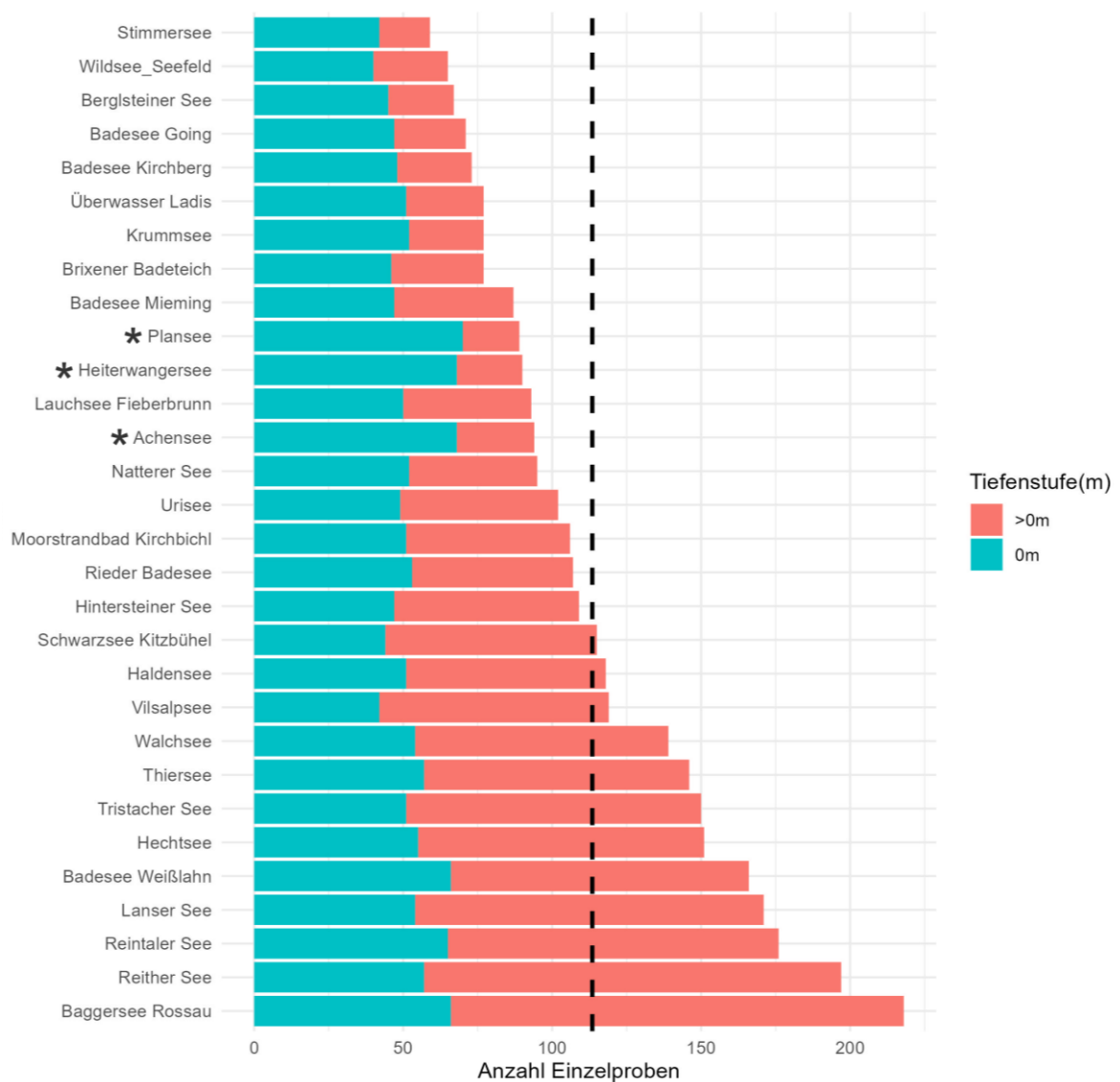


Abbildung 2: Gesamtanzahl der vorliegenden Phytoplankton-Untersuchungen (auf Taxaniveau¹) von 1998 – 2022 des amtlichen Seenmonitorings und der GZÜV-Erhebung² (ohne Piburger See); strichlierte Linie: Mittelwert der Probenzahl 1998 - 2022

¹Für den Zeitraum 1992 – 1997 liegen keine Phytoplanktonergebnisse auf Taxaniveau vor – hier werden nur Biovolumina der Phytoplanktonzönosen für die Auswertung herangezogen

²Die integrierenden Teilproben bzw. Mischproben der GZÜV-Erhebungen wurden für die Übersicht in Abbildung 2 der Tiefenstufe 0 m zugeordnet

4.2.1.1 Biovolumen

Das Biovolumen ist jenes Verdrängungsvolumen, welches unter Berücksichtigung der Größe und Form der unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Schwebelagertaxa ermittelt wird. Der Volumenbezug dient der Rückberechnung auf die im Gewässer herrschende Algendichte "Biovolumen/Liter". Die Größe der Organismen des Phytoplanktons variiert dabei sehr stark und reicht von ca. 0,2 µm bis 200 µm (0,0002 - 0,2 mm). In Abhängigkeit der Form (zylindrisch, oval, kugelig,...) ist somit auch das Biovolumen der unterschiedlichen Taxa sehr variabel.

Für den Zeitraum 1992 – 1997 stehen fast ausschließlich nur Biovolumina-Angaben für die jeweils untersuchten Seen zur Verfügung (vgl. Angaben in **Tabelle 3**). Ab 2000 sind detailliertere Erhebungen auf Taxa-Niveau erfolgt und somit genauere Auswertungen möglich.

Nicht alle Grundlagendaten bzgl. der ermittelten Biovolumina konnten in digitaler, in gängigen Programmen bearbeitbarer Form, bereitgestellt werden. Einige Datensätze, hier vor allem die Datensätze der Bearbeitung im Rahmen der GZÜV (2007, 2008, 2009, 2011, 2012 und 2015) wurden als pdf-Berichte übermittelt. Hier sind aufgrund der Rundung der Werte des Biovolumens (mm^3/L) $< 0,0005 \text{ mm}^3/\text{L}$ in den Tabellen die Werte „0,000“ enthalten. Um trotz der fehlenden Angaben die Biovolumina der betroffenen Arten bzw. Taxa im Rahmen der Auswertung zu berücksichtigen wurde hier als Standardwert $0,0002 \text{ mm}^3/\text{L}$ für das Biovolumen verwendet.

Das Biovolumen ist neben mehreren anderen relevanten Parametern (Phosphorkonzentration, Sichttiefe, Chlorophyll-a Konzentration) ein Indikator für die Klassifizierung des Nährstoff- oder Produktionsniveaus eines Sees. Eine Zuordnung ist anhand der Werte in **Tabelle 4** möglich.

Tabelle 4: Trophieklassen für den Trophieindikatoren Biovolumen (in Anlehnung an die Klassifizierung für Alpenseen > 50 ha (Wolfram, et al., 2015))

Trophieklasse	Nährstoffreichtum	Biovolumen [$\text{mm}^3 \text{ L}^{-1}$]
ultra-oligotroph	sehr nährstoffarm	$\leq 0,3$
oligotroph	nährstoffarm	0,3–0,75
mesotroph	mäßig nährstoffreich	0,75–1,75
schwach eutroph	nährstoffreich	1,75–3,0
stark eutroph	sehr nährstoffreich	3,0–5,0
hypertroph	extrem nährstoffreich	$> 5,0$

4.2.1.2 Chlorophyll-a

Neben dem Biovolumen ist auch die Chlorophyll-a-Konzentration ($\mu\text{g L}^{-1}$) eine relevante Kenngröße für die Klassifizierung des Nährstoffgehaltes eines Sees. Grundsätzlich kann die Chlorophyll-a-Konzentration spektralphotometrisch oder mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) ermittelt werden. Da im vorhandenen Datensatz nur vereinzelt Angaben zur Chlorophyll-a Konzentration vorliegen, wird im Rahmen der Bearbeitung auf eine zusammenfassende Gesamtauswertung verzichtet.

Das Chlorophyll-a ist neben mehreren anderen relevanten Parametern (Phosphorkonzentration, Sichttiefe, Biovolumen) ein Indikator für die Klassifizierung des Nährstoff- oder Produktionsniveaus eines Sees. Eine Zuordnung ist anhand der Werte in **Tabelle 5** möglich.

Tabelle 5: Trophieklassen für den Trophieindikator Biovolumen (in Anlehnung an die Klassifizierung für Alpengseen >50 ha (Wolfram, et al., 2015))

Trophieklasse	Nährstoffreichtum	Chlorophyll-a [$\mu\text{g L}^{-1}$]
ultra-oligotroph	sehr nährstoffarm	$\leq 1,2$
oligotroph	nährstoffarm	1,2–3
mesotroph	mäßig nährstoffreich	3–7
schwach eutroph	nährstoffreich	7–12
stark eutroph	sehr nährstoffreich	12–20
hypertroph	extrem nährstoffreich	>20

4.2.1.3 Taxonomie, Ermittlung der häufigen Arten

Durch die zeitlichen Änderungen in der Nomenklatur wurden die vorliegenden Daten in ein aktuelles, standardisiertes Nomenklatorsystem überführt. Grundlage bilden dabei die gebräuchlichen und EU-weit einheitlichen Identifikationsnummern entsprechend der Erfassung im Rahmen des REBECCA-Projektes (Relationships between ecological and chemical status of surface waters – 2002 bis 2006). Die Rebecca-Algenliste ist in der aktuellen Version über <http://www.freshwaterecology.info/> abrufbar.

Aufgrund der im Laufe der Jahre veränderten taxonomischen Bearbeitungstiefe im Zusammenhang mit der Bestimmung von Schwebealgen (hier vor allem Kieselalgen – Bacillariophyceae) werden aus dem Datensatz insgesamt 326 Taxa für die Bearbeitung nicht berücksichtigt. Eine Zusammenfassung auf Klassenniveau sowie eine Taxaliste ist in **Tabelle 24** und **Tabelle 12** im Anhang enthalten.

Die häufigsten pro See vorkommenden Arten wurden anhand des mittleren jährlichen Biovolumens in allen Tiefenstufen zu allen Terminen (Jänner bis Dezember) ermittelt.

4.2.1.4 Trophie-Scores

Für rund 162 Taxa (Arten und Gattungen vgl. (Wolfram, et al., 2015)) gibt es bekannte Vorlieben ihres Vorkommens in 6 unterschiedlichen Phosphor- Konzentrationsbereichen zwischen $\leq 5 \mu\text{g/L}$ (Klasse 6) bis $> 60 \mu\text{g/L}$ (Klasse 1). Die Berechnung erfolgte auf Basis der vorhandenen Proben in der Tiefenstufe 0 m für den Zeitraum Mai – September. Grundlage für die Einstufung bilden dabei die Angaben im aktuellen Leitfaden (Wolfram, et al., 2015). Der Trophie-Score wird für jede gelistete Art bzw. Taxon anhand der Stetigkeit des Vorkommens und dem relativen Biovolumensanteil in sechs verschiedenen Phosphor-Konzentrationsbereichen berechnet (Klasse 6: $\leq 5 \mu\text{g/L}^{-1}$; Klasse 5: 5 bis $8 \mu\text{g/L}^{-1}$; Klasse 4: 8 bis $15 \mu\text{g/L}^{-1}$; Klasse 3: 15 bis $30 \mu\text{g/L}^{-1}$; Klasse 2: 30 bis $60 \mu\text{g/L}^{-1}$; Klasse 1: $\geq 60 \mu\text{g/L}^{-1}$). Diese Phosphorkonzentrationsbereiche entsprechen nicht den Trophieklassen. Für den Gesamtüberblick (Mittelwert aller Seen, Tiefenstufe 0 m, Zeitraum Mai – September) werden nur jene Jahre berücksichtigt, bei denen mehr als 20 Einzelproben vorliegen.

Datenaufbereitung

Um zu berücksichtigen, dass die Nährstoffbereiche zwischen den trophischen Klassen unterschiedlich groß sind, wurde zuerst für jede Klasse der Mittelwert aus der unteren und oberen Grenze berechnet. Anschließend wurde ein Faktor zwischen den Klassen ermittelt, indem der Mittelwert der höheren Klasse durch den der niedrigeren Klasse geteilt wird. Um den Mittelwert für die höchste Klasse ($> 60 \mu\text{g L}^{-1}$) zu berechnen, wurde der Durchschnitt der Faktoren zwischen den vorherigen Klassen genommen und mit 60 multipliziert. Da diese Klasse keine obere Grenze hat, ermöglicht der Faktor eine sinnvolle Ableitung des Mittelwerts auf Basis der Abstände der anderen Klassen.

Anschließend wurde der gewichtete Mittelwert pro See und Jahr berechnet, indem der Mittelwert jeder trophischen Kategorie mit ihrem relativen Biovolumenanteil multipliziert und die Ergebnisse summiert wurden. Dieser Wert repräsentiert die durchschnittliche trophische Bedingung ($\mu\text{g/L}$ Phosphor) des Sees für das jeweilige Jahr.

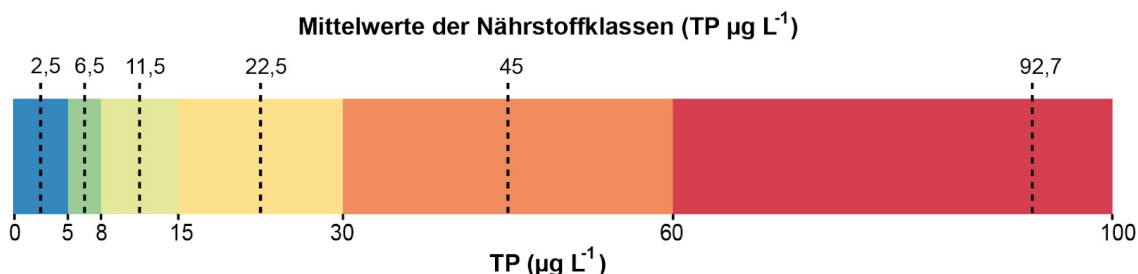


Abbildung 3: Darstellung der Nährstoffklassen, Grenzwerte und Mittelwerte für die Berechnung der trophischen Einstufung

4.2.2 Physikalisch-chemische Erhebungen

4.2.2.1 Totalphosphor und Sauerstoffkonzentration

Der Pflanzennährstoff Phosphor ist neben mehreren anderen relevanten Parametern (Biovolumen, Sichttiefe, Chlorophyll-a Konzentration) ein Indikator für die Klassifizierung des Nährstoff- oder Produktionsniveaus eines Sees. Neben dem Nährstoffparameter Phosphor ist der Sauerstoffgehalt bzw. die Sauerstoffbilanz eines Sees entscheidend für die Lebensbedingungen autotropher Organismen, die auf die Verfügbarkeit von Sauerstoff angewiesen sind.

Begleitende Untersuchungen der chemischen Parameter erfolgen im Rahmen des amtlichen Seenmonitorings der Tiroler Landesregierung seit dem Jahr 2003, beginnend mit Analysen des für die Nährstoffsituation relevanten Parameters Totalphosphor. Seit 2009 wird auch der Parameter Sauerstoffkonzentration erhoben. Die Anzahl der Proben in den unterschiedlichen Tiefenstufen je Untersuchung variiert dabei (Bsp. Probennahme ohne Boot – nur Oberflächenproben).

Im gesamten Untersuchungszeitraum wurden 6.351 Phosphorproben (TP) und 5.236 Sauerstoffproben (O_2) analysiert bzw. ausgewertet (siehe **Tabelle 12** im Anhang).

Für den Piburger See (Erhebung durch die Universität Innsbruck) liegen durchgehende Auswertungen der Phosphorkonzentration (TP) und Sauerstoffsättigung (O_2) seit 1992 (monatliche Untersuchungen – Wasseroberfläche) vor und werden im Rahmen der vorliegenden Auswertung berücksichtigt.

Die Zuordnung der jährlichen mittleren Totalphosphorkonzentration (Wasseroberfläche, Zeitraum Mai bis September) zu den Trophieklassen erfolgt entsprechend der Einteilung in **Tabelle 6** in Anlehnung an die methodische Vorgangsweise im Rahmen der Bewertung für Alpenseen > 50 ha Fläche.

Tabelle 6: Trophieklassen für den Trophieindikatoren Totalphosphor (in Anlehnung an die Klassifizierung für Alpenseen >50 ha (Wolfram, et al., 2015))

Trophieklasse	Nährstoffreichtum	Totalphosphor [$\mu\text{g L}^{-1}$]
ultra-oligotroph	sehr nährstoffarm	≤ 3
oligotroph	nährstoffarm	3–10
mesotroph	mäßig nährstoffreich	10–20
schwach eutroph	nährstoffreich	20–30
stark eutroph	sehr nährstoffreich	30–50
hypertroph	extrem nährstoffreich	>50

4.2.2.2 Sichttiefe

Die Sichttiefe (= Secchitiefe) ist ein Maß für die Trübung des Wassers. Je trüber das Wasser, desto geringer ist die Sichttiefe. Die Trübung des Wassers in stehenden Gewässern wird meist durch die Menge von Schwebealgen verursacht (teilweise auch durch den Eintrag von mineralischen Trübstoffen über Zubringer oder dem Zutritt von Huminstoffen beispielsweise bei Moorseen). Hohe Algendichten im Gewässer äußern sich in einer starken, meist grünlichen, in Einzelfällen auch rötlichen oder bräunlichen Trübung des Wassers, die sich wiederum als Verminderung der Sichttiefe messen lässt. Die Sichttiefe dient unter anderem auch zur Abschätzung der Tiefe der Euphotischen Zone (= Zone in der Photosynthese stattfindet). Als Faustregel gilt die 2½-fache Sichttiefe entspricht der Ausdehnung der Euphotischen Zone (1% der Lichtintensität die an der Oberfläche auftrifft).

Die Erhebung der Sichttiefe ist seit 1992 Bestandteil des amtlichen Seenmonitorings der Tiroler Landesregierung und der Erhebungen im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) seit 2006. Auf Grundlage dieser Erhebungen stehen für die Auswertung im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung seit 1992 insgesamt 2.125 Einzeldaten zur Sichttiefe vor (vgl. **Tabelle 13** im Anhang).

Für den Piburger See (Erhebung Universität Innsbruck) steht eine durchgehende Zeitreihe seit 1992 (monatliche Erhebungen) für die Auswertung im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung zur Verfügung.

Die Sichttiefe (Transparenz) ist neben mehreren anderen relevanten Parametern (Biovolumen, Phosphorkonzentration, Chlorophyll-a Konzentration) ein Indikator für die Klassifizierung des Nährstoff- oder Produktionsniveaus eines Sees. Eine Zuordnung ist anhand der Werte in der nachfolgenden **Tabelle 7** möglich.

Tabelle 7: Trophieklassen für den Trophieindikatoren Sichttiefe [$\mu\text{g/L}$] (in Anlehnung an die Klassifizierung für Alpenseen > 50 ha (Wolfram, et al., 2015))

Trophieklasse	Nährstoffreichtum	Sichttiefe [m]
ultra-oligotroph	sehr nährstoffarm	≥ 10
oligotroph	nährstoffarm	5,5–10
mesotroph	mäßig nährstoffreich	3,5–5,5
schwach eutroph	nährstoffreich	<3,5
stark eutroph	sehr nährstoffreich	<2,5
hypertroph	extrem nährstoffreich	<2

4.2.2.3 Wassertemperatur

Zahlreiche Prozesse im See sind temperaturabhängig. So steuert die Wassertemperatur beispielsweise das Wachstum und die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons. Die Primärproduktion wird durch Erwärmung zunächst direkt gefördert, doch kann die erhöhte Temperatur indirekt auch die Produktion bremsen, z. B. über verringerte Nährstoffzufuhr aus dem Tiefenwasser als Folge einer ausgeprägteren Temperaturschichtung. Die Zersetzung des abgestorbenen Materials von Schwebealgen und sonstigen Stoffeinträgen durch Mikroorganismen wird durch höhere Wassertemperaturen ebenfalls erhöht, die Remobilisierung von Nährstoffen dadurch beschleunigt. Auch die Löslichkeit von Sauerstoff (O_2) ist temperaturabhängig – je höher die Wassertemperatur desto weniger Sauerstoff kann gelöst werden.

Im Rahmen des amtlichen Seenmonitorings der Tiroler Landesregierung bzw. der Untersuchungen im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung wurden jeweils Temperaturen für die Wasseroberfläche erhoben. Der Temperaturverlauf in den unterschiedlichen Tiefenschichten des Seenwasserkörper (Epi-, Meta- und Hypolimnion) ist nur in einigen Ausnahmefällen vorhanden. Belastbare Aussagen auf Grundlage dieser vorhandenen Einzeldaten sind nicht möglich, da sie zu stark von den Witterungsverhältnissen im zeitlichen Umfeld der Probennahme abhängen. Für eine im Rahmen der Auswertung belastbare Aussage hinsichtlich der Entwicklung der Wassertemperatur wurde daher auf vorhandene Pegelmessdaten zurückgegriffen. Mindestanforderung ist dabei die Datenqualität in Form von Tagesmittelwerten (Ausnahme Piburger See – durchgehend monatliche Messungen im Zeitraum 1992 bis 2009, dann ebenfalls Tagesmittelwerte). Für 12 Seen stehen Datenreihen bzgl. der Wassertemperatur entsprechend der Mindestanforderung zur Verfügung (vgl. **Tabelle 14** im Anhang).

5 Ergebnisse

5.1 Artenzusammensetzung – häufige Taxa

Die mengenmäßig häufigsten 20 Taxa (Top 20 Taxa bzw. Arten) anhand der mittleren jährlichen Biovolumenanteile aller Proben sind in folgender **Abbildung 4** dargestellt, bzw. **Tabelle 17** im Anhang. Die Taxazahlen/Klassen und prozentualen Anteile, sowie die identifizierten Taxa pro See sind auch in **Tabelle 15** und **Tabelle 16** im Anhang dargestellt.

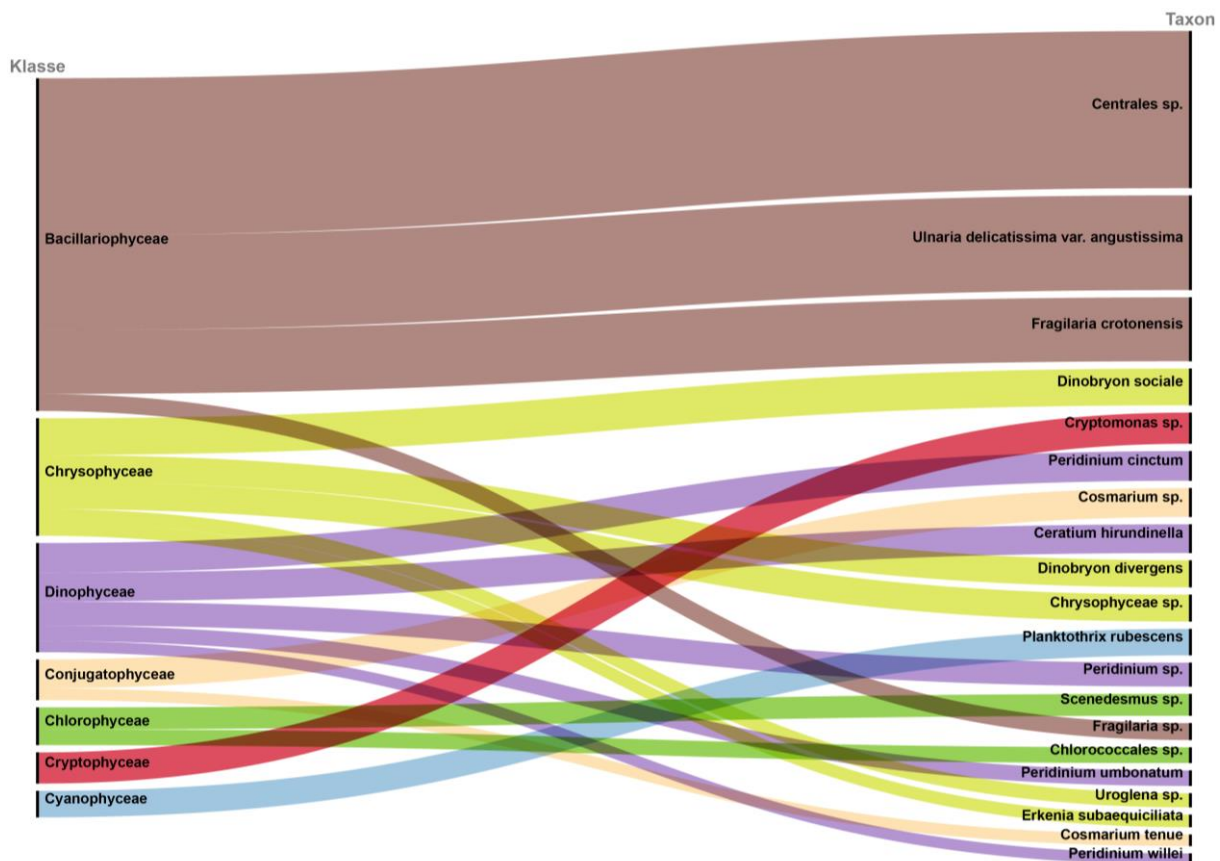


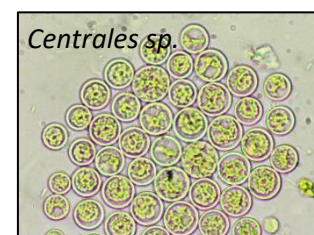
Abbildung 4: Mengenmäßig häufigste 20 Phytoplanktonarten (alle Proben) – Reihung nach mittleren Biovolumen (mm^3/L)

Zu den hier angeführt mengenmäßig häufigsten Taxa ergeben sich folgende Anmerkungen:

Bacillariophyceae

Centrales sp.

Die kreisförmigen Kieselalgen werden als „Centrales“ bezeichnet (oval oder nadelförmig – „Pennales“). Ein überwiegender Anteil der kurzen (trommelförmigen) Zylinder kann im Durchlichtmikroskop nicht auf



Gattungsniveau bestimmt werden, daher werden sie als *Centrales* sp. zusammengefasst.

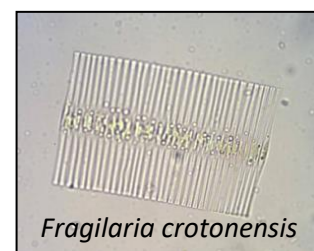
Ulnaria delicatissima var. *angustissima*



Der Name hat in den letzten Jahren etliche Änderungen erfahren (z.B. *Synedra delicatissima* var. *angustissima* oder *Fragilaria delicatissima* var. *angustissima*). Die Alge ist stäbchenförmig, manche Arten sind bis zu 600 µm lang. Sie kommt in Süß- und Meerwasser vor, der Tophie-Schwerpunkt liegt in der Klasse von 5-15 µg/L (Phosphor), sie ist daher weit verbreitet in nährstoffarmen bis mäßig nährstoffreichen Seen.

Fragilaria crotonensis

Die stäbchenförmige Zellen dieser Kieselalge bilden Bänder, das erhöht das Schwebevermögen und verringert den Fraßdruck von Zooplanktern und anderen Fressfeinden. *Fragilaria crotonensis* ist eine häufige Art in der temperierten Zone. Für diese Art ist keine Einstufung der bevorzugten Phosphor-Konzentration (Trophie-Scores) vorhanden.



Chrysophyceae

Dinobryon sociale und *Dinobryon divergens*

Die zwei Arten sind weit verbreitet und treten in unterschiedlichsten



Gewässern auf. Sie bilden normalerweise Kolonien, indem die Gehäuse mehrerer bis vieler Zellen aneinander hängen, mit bäumchenartigen Verzweigungen. Für diese zwei Arten sind keine Einstufungen der bevorzugten Phosphor-Konzentrationen (Trophie-Scores) vorhanden



Uroglena sp.

Uroglena ist eine Gattung der Goldbraunen Algen (Chrysophyceae) die mit nur wenigen Arten im Süßwasser vorkommt. Sie bildet kugelige Kolonien, der Tophie-Schwerpunkt liegt in der Klasse von 5-15 µg/L bzw. 15 – 30 µg/L (Phosphor), sie ist daher weit verbreitet in nährstoffarmen bis mäßig nährstoffreichen Seen.

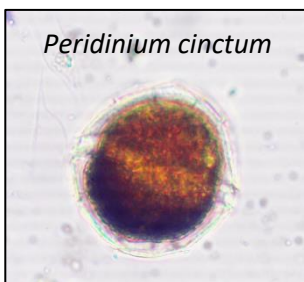


Erkenia subaequiciliata

Sehr kleine Alge (ca. 4µm); Der Tophie-Schwerpunkt liegt in der Klasse von >60 µg/L (Phosphor), sie ist daher weit verbreitet in nährstoffreichen Seen.

Cryptophyceae*Cryptomonas sp.*

Cryptomonas ist die namensgebende Gattung der Cryptophyceen. Die Bestimmung einzelner Arten ist schwer bis unmöglich *Cryptomonas sp.* kommt in unterschiedlichsten Seen vor (von wenig bis hohem Nährstoffgehalt), als Schwachlichtspezialist häufig auch in tieferen Wasserschichten oder unter Eis (zB im Hechtsee in ca. 15m Tiefe häufig), in fast allen unserer Seen anzutreffen.

*Cryptomonas sp.*Dinophyceae*Peridinium cinctum**Peridinium cinctum*

Die Zelle sitzt in einem „Panzer“ (Panzerflagellat). *Peridinium cinctum* ist eine der wenigen bestimmbaren Peridinium-Arten, in Seen unserer Breiten häufig anzutreffen. Der Tophie-Schwerpunkt liegt in der Klasse von 15-30 µg/L (Phosphor), sie ist daher weit verbreitet in mäßig nährstoffreichen Seen (mesotroph).

Peridinium sp.

s.o. – Zusammenfassung, aller auf Artniveau im Durchlichtmikroskop nicht bestimmbarer Peridinium-Arten.

Peridinium umbonatum

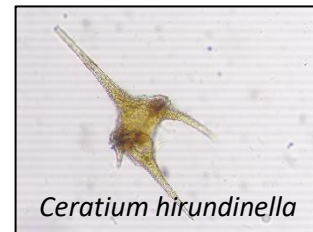
Peridinium umbonatum ist ein Anzeiger für sehr nährstoffarme Seen, der Tophie-Schwerpunkt liegt in der Klasse von < 5 µg/L (Phosphor).

*Peridinium umbonatum**Peridinium willei*

Eine der wenigen Peridinium-Arten, die im Durchlichtmikroskop gut erkennbar sind, der Tophie-Schwerpunkt liegt in der Klasse von 5 - 8 µg/L (Phosphor) und somit im oligotrophen (nährstoffarmen) Bereich.

Ceratium hirundinella

Panzerflagellat der in Seen unserer Breiten häufig anzutreffen ist, meist aber in geringer Zahl. Der hohe Biovolumensanteil ist der Größe geschuldet (relativ groß, ca 250 µm). *Ceratium hirundinella* ist vor allem nahe der Wasseroberfläche anzutreffen.

Conjugatophyceae*Cosmarium sp*

Cosmarium ist der Name einer mit zirka 1000 beschriebenen Vertretern relativ artenreichen Gattung. Die auf Gattungsniveau ausgewiesenen Taxa sind im Durchlichtmikroskop nicht näher bestimmbar.

Cyanophyceae*Planktothrix rubescens*

Die Burgunderblutalge gehört zur Klasse der Cyanobakterien (fadenförmig, rötlich). Sie kann Toxine bilden und bildet manchmal Massenvorkommen („Algenblüten“). Früher in den großen Tiroler Seen (Achensee, Heiterwanger See und Plansee) häufig, seit der Ableitung von Abwässern treten sie praktisch nicht mehr dort auf. Der Tophie-Schwerpunkt liegt in der Klasse von 15-30 µg/L (Phosphor), sie ist daher weit verbreitet in mäßig nährstoffreichen Seen (mesotroph). Im Sommer im kühlen Tiefenbereich (hier den Badegästen nicht zugänglich), im Winter steigen die „Algen“ zur Wasseroberfläche auf und können rötliche Algenwatten bilden, meist zeitlich begrenztes Phänomen.

Chlorophyceae*Scenedesmus sp*

Scenedesmus ist eine Gattung einzelliger Grünalgen, die häufig in Süßwasser vorkommt. Im Allgemeinen bilden sie Kolonien mit 4 oder mehr Zellen. *Scenedesmus* ist in allen Klimazonen verbreitet, vor allem in nährstoffreichen Seen.



5.2 Trophie-Scores

Für rund 162 Taxa (Arten und Gattungen vgl. (Wolfram, et al., 2015)) gibt es bekannte Vorlieben ihres Vorkommens in 6 unterschiedlichen Phosphor- Konzentrationsbereichen zwischen $\leq 5 \mu\text{g/L}$ (Klasse 6) bis $> 60 \mu\text{g/L}$ (Klasse 1). Die Veränderung der relativen %-Anteile gewichteten nach Biovolumenanteil des jeweiligen Taxons ist in **Abbildung 5** dargestellt.

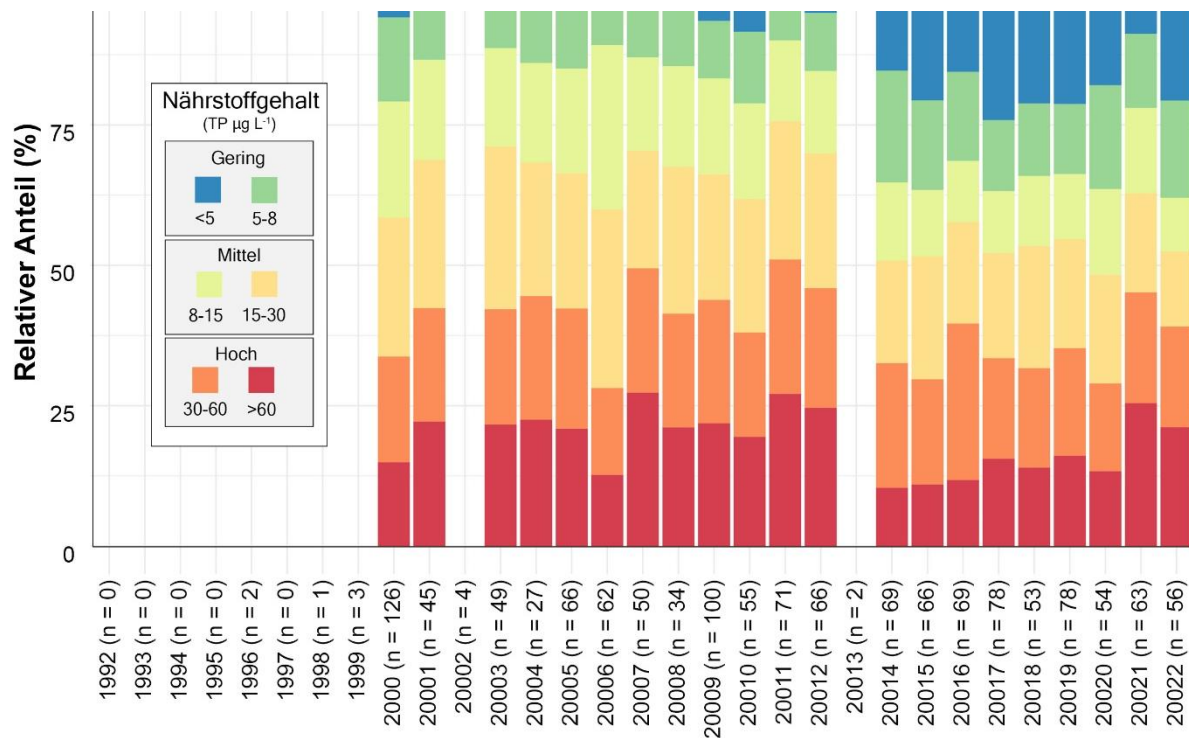


Abbildung 5: Trophie-Scores (gewichtet nach Biovolumen der entsprechenden Zeigerarten) an der Wasseroberfläche im Zeitraum Mai – September (Auswertung ab einer Probenanzahl $n > 20/\text{Jahr}$)

Die Veränderung der prozentualen Anteile der jeweiligen Klasse im Zeitraum bis 2010 und ab 2010 ist in **Tabelle 18** im Anhang und in der nachfolgenden **Abbildung 6** dargestellt.

Auffallend dabei ist eine nahezu Verdopplung der prozentualen Anteile in der Klasse $< 5 \mu\text{g/L}$ Phosphor-Konzentration von ca. 9 % auf rund 18% wobei hingegen der Anteil der Klassen 6 bis 4 und 1 bis 3 ($< \text{bzw.} > 15 \mu\text{g/L}$ Phosphor-Konzentration) mit je ca. 50% Anteil gleichbleiben. Das heißt, der Biovolumenanteil jener Taxa, welche ihren Hauptverbreitungsschwerpunkt in „nährstoffarmen“ Bereichen ($< 5 \mu\text{g/L}$ Phosphor-Konzentration) haben, haben sich nahezu verdoppelt, jedoch nicht zugunsten einer Abnahme der Biovolumensanteile in den Klassen mit hohem Nährstoffgehalt sondern innerhalb der Klassen mit mittleren und geringen Nährstoffgehalt (vgl. **Tabelle 18** im Anhang). Insgesamt ist durch diese Veränderung jedenfalls eine Trend zur Abnahme der Nährstoffkonzentration ableitbar.

Anhand der Mittelwertberechnung der Trophie-Score Klassen eines jeden Jahres pro See lässt sich auch der Trend zur Reduktion des Klassenmittelwertes in Richtung geringerer Phosphorkonzentrationen ableiten. Das Ergebnis dieser Betrachtung ist in folgender Abbildung 6 dargestellt.

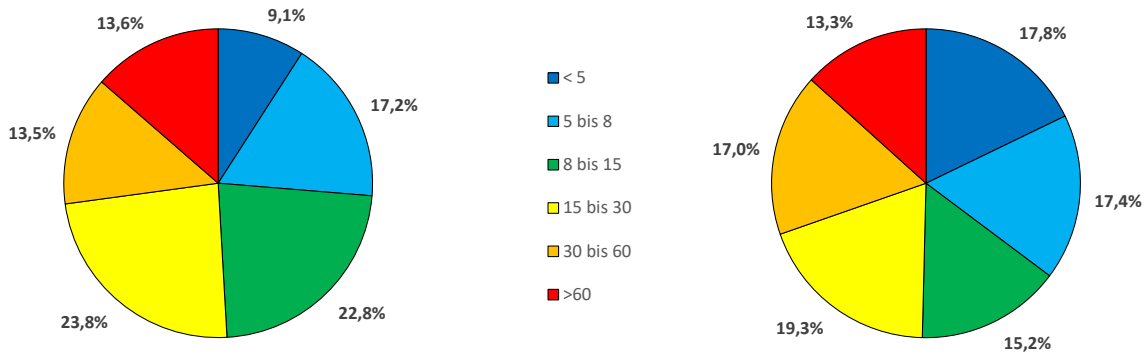


Abbildung 6: Prozentuale Anteile (Mittelwerte der Trophie-Scores gewichtet nach Biovolumen der entsprechenden Zeigerarten) an der Wasseroberfläche im Zeitraum Mai – September für die Zeitperiode bis 2010 (links) und ab 2010 (rechts)

Eine Betrachtung des Zeitraumes bis 2010 bzw. nach 2010 für jeden See und die Angabe zur Veränderung der %-Anteile der Mittelwertklassen ist in **Abbildung 17** bis **Abbildung 19** im Anhang dargestellt.

Eine Zunahme der mittleren Trophie-Score Klasse der Taxa mit Präferenz für **höhere Phosphorkonzentrationen** zeigen die Seen Badensee Going, Badensee Weißlahn, Lauchsee Fieberbrunn, Natterer See, Schwarzsee Kitzbühel und Thiersee (6 von 30 Seen).

Alle anderen Seen (24 von 30) zeigen **gleichbleibende Verhältnisse** oder eine Zunahme der Trophie-Score Klasse der Taxa mit Präferenz für **niedrigere Phosphorkonzentrationen** und somit bestätigen diese Daten den allgemeinen Trend zur Verringerung der Nährstoffkonzentrationen der im Rahmen der vorliegenden Studie aufgezeigt wird.

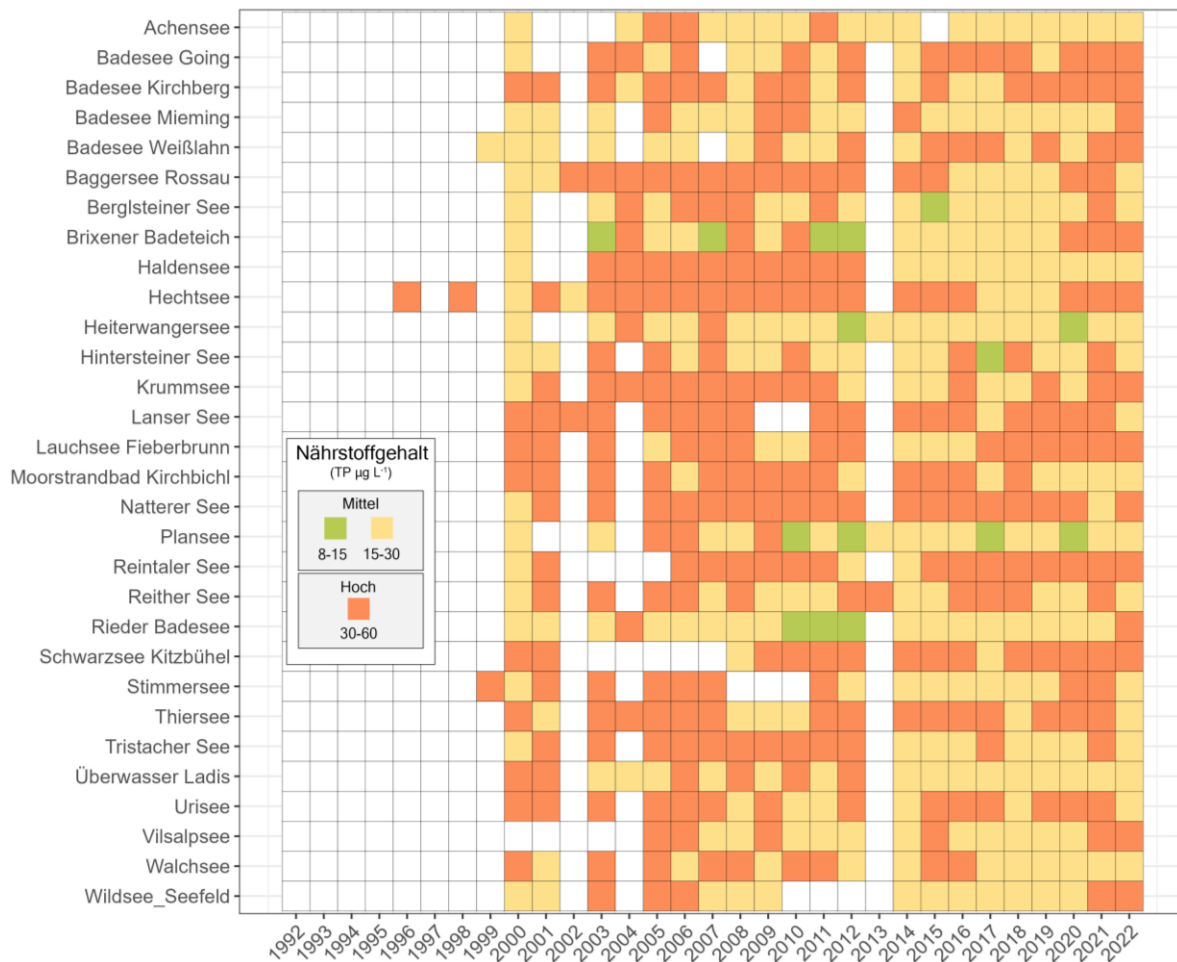


Abbildung 7: Mittelwert der Trophie-Score Klassen für jedes Untersuchungsjahr pro See

5.3 Biovolumen

Die vergleichende Betrachtung des Biovolumens der Schwebealpengemeinschaft der 30 Seen (ohne Piburger See) basiert auf Grundlage der Proben an der Wasseroberfläche im Zeitraum Mai bis September. In folgender **Abbildung 8** sind die mittleren Biovolumina über den gesamten Untersuchungszeitraum dargestellt. Der Mittelwert aller untersuchten Seen liegt bei einem Biovolumen von $1,7 \text{ mm}^3/\text{L}$ (Wasseroberfläche, Mai bis September) im Übergangsbereich zwischen mäßig nährstoffreichen bis nährstoffreichen Verhältnissen.

Auf Grundlage der Biovolumina sind die Seen Hintersteiner See, Plansee, Vilsalpsee, Heiterwangersee, Urisee, Achensee, Haldensee, Piburger See, Hechtsee, Stimmersee, Wildsee/Seefeld und Walchsee als sehr nährstoffarm bzw. nährstoffarm (ultraoligotroph, oligotroph) einzustufen ($\leq 0,75 \text{ mm}^3/\text{L}$).

Der Badensee Going, Badensee Kirchberg, Thiersee, Reintaler See, Krummsee, Schwarzsee Kitzbühel, Natterer See, Brixener Badeteich, Überwasser Ladis, Tristacher See, Badensee Mieming, Berglsteiner See, Lanser See und Lauchsee Fieberbrunn zeigen auf Basis des Biovolumens der Schwebealpengemeinschaft an der Wasseroberfläche (Mai bis September) auf mäßig nährstoffreiche bis nährstoffreiche Verhältnissen hin ($0,75 \text{ mm}^3/\text{L}$ bis $3,0 \text{ mm}^3/\text{L}$).

Als sehr nährstoffreich sind auf Basis der Biovolumsverhältnisse der Phytoplanktonzönosen der Baggersee Rossau, der Reither See, das Moorstrandbad Kirchbichl, der Badensee Weißlahn und der Rieder Badensee zu bezeichnen.

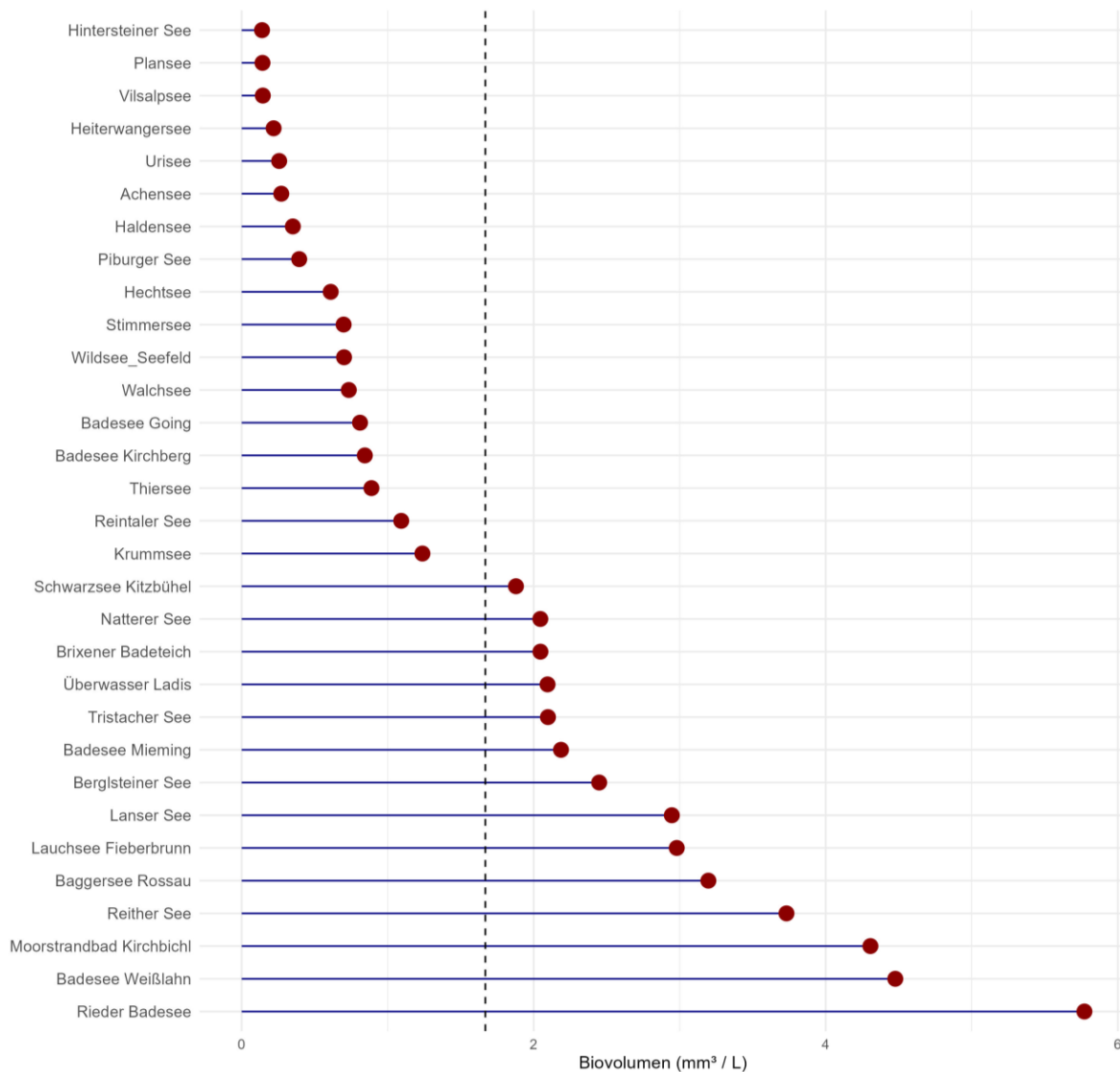


Abbildung 8: Mittelwerte der Biovolumina (mm³/L) an der Wasseroberfläche im Zeitraum Mai bis September der Jahre 1992 – 2022 (strichliert – Mittelwert aller Seen)

Aufgrund der starken Schwankungsbreite je See über die gesamte Zeitreihe ist eine zusammenfassende Auswertung aller Seen nicht zielführend. Die Entwicklung der Biovolumina über die Jahre in den einzelnen Seen ist in den jeweiligen Einzelseebeschreibungen bzw. -auswertungen enthalten (vgl. Teilbericht 2 – Seenberichte). In folgender **Abbildung 9** ist die Veränderung des Biovolumens des gesamten Untersuchungszeitraumes für die Monate Mai bis September an der Wasseroberfläche für die einzelnen Seen dargestellt (siehe auch **Tabelle 19** im Anhang).

Eine Zunahme des Biovolumens im Zeitraum Mai-September (Wasseroberfläche) ist an 11 von 30 untersuchten Seen zu beobachten. Der Trend ist aber nur am Vilsalpsee als signifikant einzustufen (siehe **Tabelle 19** im Anhang).

Eine Abnahme der Biovolumina im Zeitraum Mai-September (Wasseroberfläche) an der überwiegenden Anzahl der untersuchten Seen (19 von 30) zu beobachten. Der Trend ist am Haldensee, Stimmersee, Badensee Kirchberg, Reintaler See, Lauchsee Fieberbrunn, Reither See, Moorstrandbad Kirchberg und Baggersee Rossau ist als signifikant einzustufen (siehe **Tabelle 19** im Anhang).

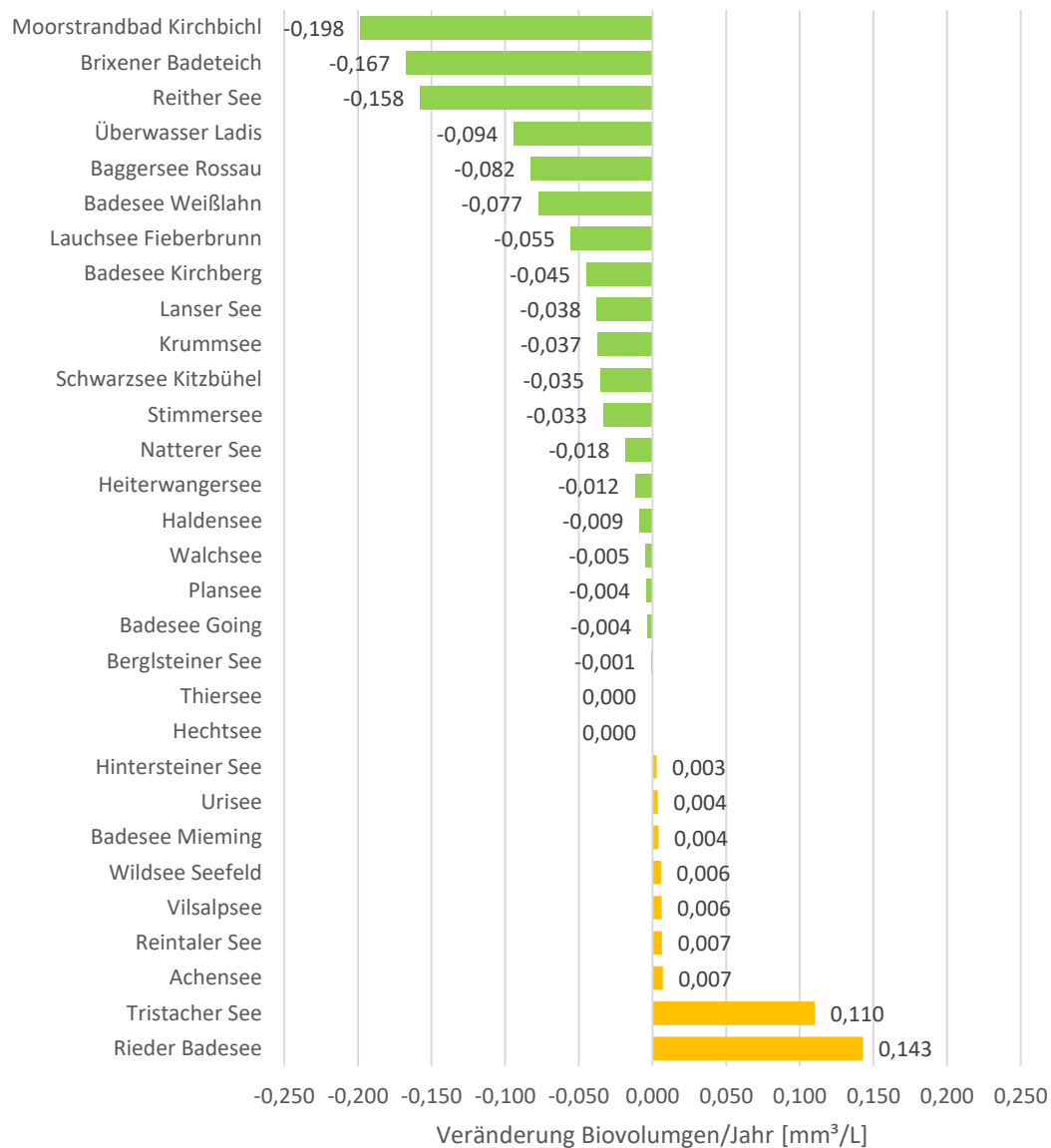


Abbildung 9: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) des Biovolumens [mm³/L] im Zeitraum Mai-September (0m)

5.4 Nährstoff - Phosphor

Die mittlere Phosphorkonzentration der untersuchten Seen (Zeitraum Mai bis September, Wasseroberfläche) liegt für alle Seen bei 11,8 µg/L und somit im mesotrophen Bereich (mäßig-nährstoffreich). Die Schwankungsbreite der Mittelwerte reicht von ca. 3 µg/L (Hintersteiner See) bis hin zu ca. 30 µg/L (Natterer See).

Zu den nährstoffarmen (oligotrophen) Seen anhand des Nährstoffes Phosphor können der Hintersteiner See, Achensee, Vilsalpsee, Heiterwangersee, Urisee, Haldensee, Piburger See, Plansee, Thiersee, Stimmersee, Hechtsee, Walchsee, Berglsteiner See und Brixener Badeteich gerechnet werden.

Als mäßig nährstoffreich (mesotroph) gelten demnach der Badensee Going, Badensee Kirchberg, Reintaler See, Wildsee Seefeld, Krummsee, Baggersee Rossau, Rieder Badensee, Überwasser Ladis, Tristacher See, Lanser See, Badensee Mieming, Badensee Weißlahn, Moorstrandbad Kirchbichl, Reither See und Schwarzsee Kitzbühel.

Als nährstoffreich (schwach eutroph) können der Lauchsee Fieberbrunn und der Natterer See klassifiziert werden.

Eine Zunahme der Gesamtphosphorkonzentrationen (Zeitraum Mai bis September, Wasseroberfläche – siehe folgende **Abbildung 9** und **Tabelle 20** im Anhang) zeigen 9 von 31 Seen (Tristacher See, Brixener Badeteich, Vilsalpsee, Haldensee, Lauchsee Fieberbrunn, Walchsee, Berglsteiner See, Urisee und Hechtsee) wobei nur beim Vilsalpsee die Zunahme als signifikant einzustufen ist (vgl. **Tabelle 20** im Anhang).

Der überwiegende Anteil der untersuchten Seen (22 von 31) zeigen einen Trend zur Abnahme der Gesamtphosphorkonzentration, wobei der Trend bei Hintersteiner See, Reintaler See, Krummsee, Baggersee Rossau, Lanser See, Überwasser Ladis, Moorstrandbad Kirchbichl und Natterer See als signifikant angesehen werden kann (vgl. **Tabelle 20** im Anhang).

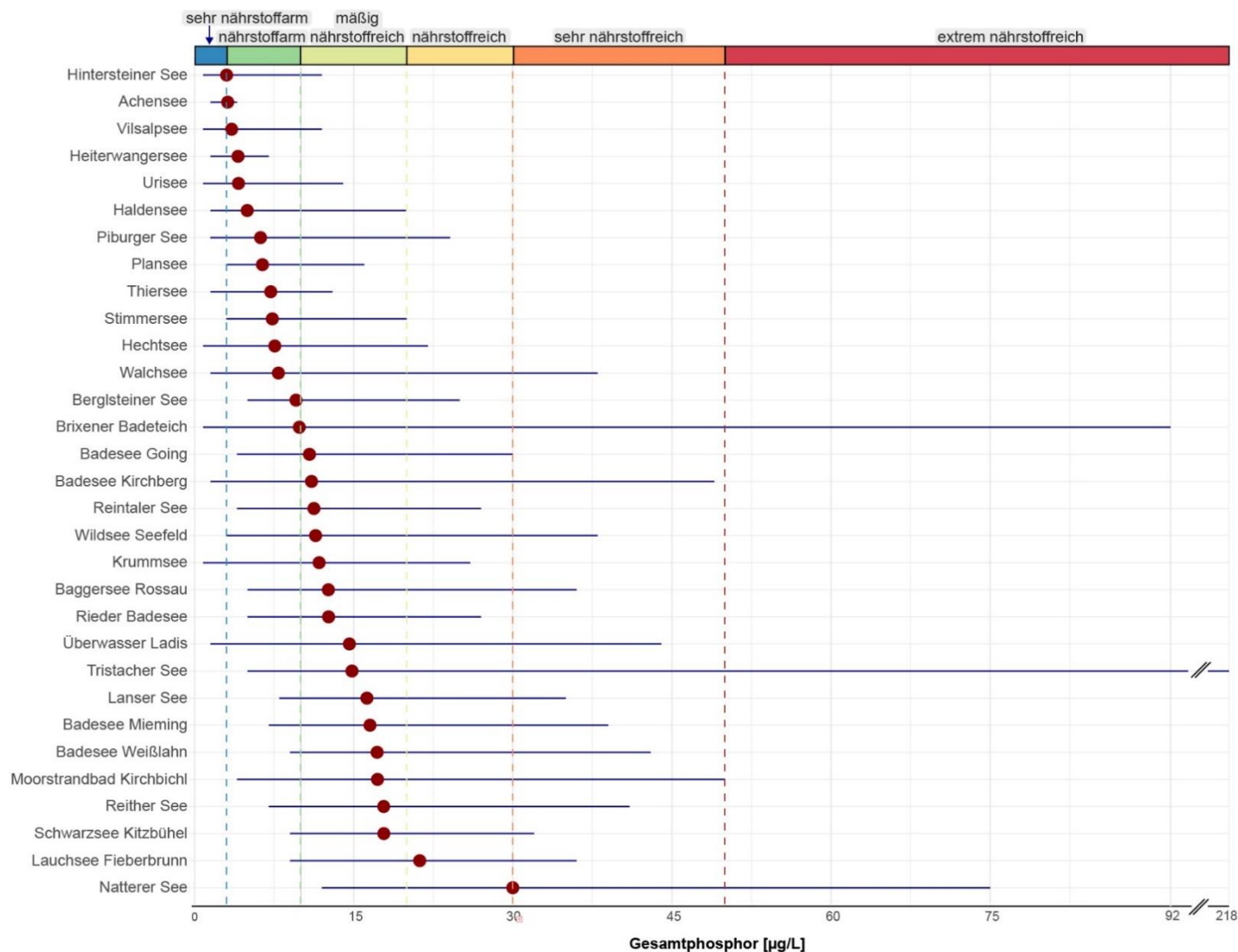


Abbildung 10: Mittelwerte der Gesamtphosphorkonzentration [µg/L] der untersuchten Seen im Zeitraum Mai bis September (Wasseroberfläche), 1992 – 2022

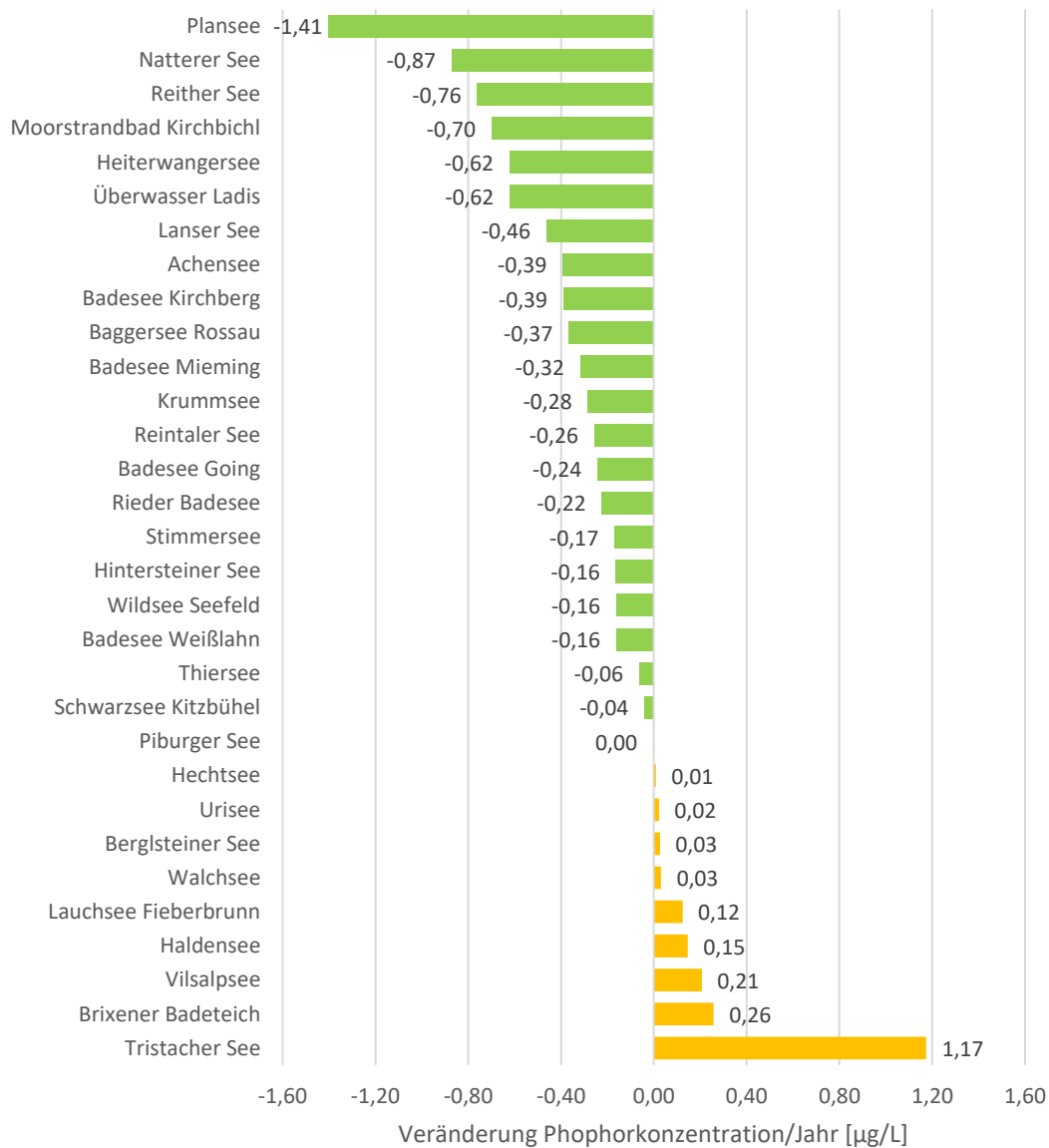


Abbildung 11: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Gesamtposphorkonzentration [µg/L] im Zeitraum Mai-September (0m)

5.5 Biovolumen, Trophie-Scores und Phosphorkonzentration

Zur Darstellung der Zusammenhänge zwischen Biovolumen, Trophie-Score und Phosphorkonzentration wurden jeweils die Jahresmittelwerte der Oberflächenproben im Zeitraum Mai-September einer statistischen Auswertung unterzogen (Abbildung 12).

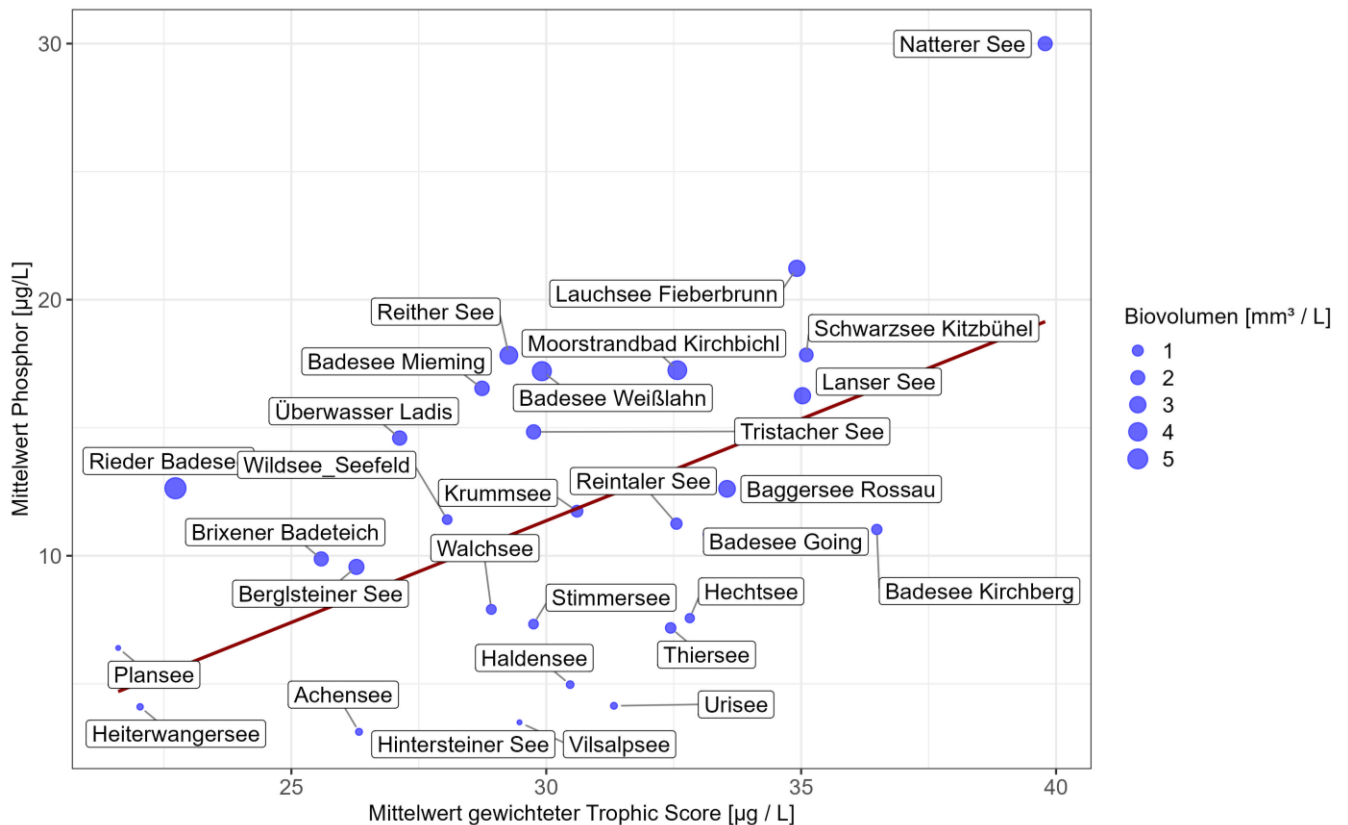


Abbildung 12: Mittlere Phosphorkonzentration und gewichteter Trophie-Score im Zeitraum Mai-September an der Wasseroberfläche der untersuchten Seen

In **Abbildung 12** ist die Auswertung ersichtlich. Auf der x-Achse ist der Mittelwert der gewichteten Trophie-Scores aufgetragen – je weiter rechts desto höher ist die Trophie-Score-Klasse (also jener Wert, der hohe Phosphornährstoffkonzentrationen anzeigt). Auf der y-Achse ist die mittlere Phosphorkonzentration aufgetragen. Die Statistik zeigt, dass das Modell als Ganzes signifikant ist (Signifikanzwert 0,0000003767). Der Koeffizient für den mittleren gewichteten Trophie-Score ist 0,7352, was bedeutet, dass der Phosphorgehalt langsamer ansteigt als der trophische Score, aber die Beziehung ist stark und signifikant. Das Biovolumen hat ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf den Phosphorgehalt mit einem Koeffizienten von 2,5251. Dies zeigt, dass das Biovolumen einen erheblichen Beitrag zur Erklärung der Variation im Phosphorgehalt leistet.

Das Modell zeigt, dass sowohl der gemittelte Trophie-Score als auch das Biovolumen eine signifikant hohe Voraussagewahrscheinlichkeit für den Phosphorgehalt haben. Der Anteil der erklärten Variation im

Phosphorgehalt ($R^2 = 66.57 \%$) ist deutlich höher als in einem vorab berechneten Modell ohne das Biovolumen, was die Bedeutung des Biovolumens als Einflussfaktor bzw. des Phosphorgehaltes unterstreicht.

5.6 Sichttiefe

Die mittleren Sichttiefen (Zeitraum Mai bis September) schwanken über den Untersuchungszeitraum von 12,0 m am Hintersteiner See bis 1,3 m an Natterer See und Lauchsee Fieberbrunn (vgl. **Tabelle 8**).

Der Hintersteiner See, mit der größten mittleren Sichttiefe von 12,0 m, kann auf Basis der Sichttiefe als Indikator für das Nährstoffniveau als ultraoligotroph (sehr nährstoffarm) eingestuft werden.

Der Vilsalpsee, Plansee, Piburger See und Urisee sind anhand ihrer Sichttiefen in der Klasse oligotroph, also nährstoffarm einzustufen. In der Klasse mäßig nährstoffreich (mesotroph) sind anhand der Sichttiefen (Mai bis September) der Heiterwangersee, Achensee, Haldensee, Hechtsee, Reintaler See, Walchsee und der Badensee Kirchberg einzuordnen.

Als schwach eutroph und damit nährstoffreich sind Stimmersee, Tristacher See, Brixener Badeteich, Badensee Going, Baggersee Rossau und Thiersee zu klassifizieren. In der Klasse stark eutroph fallen auf Grundlage des Indikators Sichttiefe der Badensee Mieming, Schwarzsee Kitzbühel, Krummsee und Wildsee-Seefeld, in die Klasse hypertroph und damit extrem nährstoffreich Reither See, Rieder Badensee, Moorstrandbad Kirchbichl, Bergsteiner See, Badensee Weißlahn, Überwasser Ladis, Lanser See Natterer See und Lauchsee Fieberbrunn.

Als Einschränkung für die hier durchgeführte Einteilung ist anzumerken, dass in Abhängigkeit der Seentypologie (z.B. Moorsee – gekennzeichnet durch huminstoffangereichertes, trübes Wasser) eine Abnahme der Sichttiefe nicht immer mit einer erhöhten Nährstoffversorgung einhergehen muss. Auch ist durch die Einschränkung auf die „Sommermonate“ (Zeitraum Mai bis September) eine Unterschätzung der im Jahresverlauf auftretenden Sichttiefen gegeben.

Im Zeitraum der Untersuchung kann an insgesamt 12 Seen ein Trend zur Zunahme der Sichttiefe festgestellt werden. (vgl. folgende **Abbildung 13** und **Tabelle 21** im Anhang). An Achensee, Wildsee-Seefeld und Reither See ist dieser Trend auch als signifikant anzusehen.

An den übrigen 19 Seen ist ein Trend zur Abnahme der Sichttiefen im Zeitraum Mai bis September erkennbar, bei Natterer See, Bergsteiner See, Piburger See, Schwarzsee Kitzbühel, Badensee Going, Reintaler See, Baggersee Rossau, Badensee Kirchberg, Plansee und Heiterwangersee ist dieser Trend auch als signifikant einzustufen (vgl. **Tabelle 21** im Anhang).

Tabelle 8: Mittelwerte der Sichttiefen [m der untersuchten Seen im Zeitraum Mai bis September, 1992 – 2022 mit Angaben zum Beobachtungszeitraum

See	mittlere Sichttiefe [m]	Beobachtungszeitraum	
		von	bis
Hintersteiner See	12	1993	2020
Vilsalpsee	9,5	1995	2020
Plansee	8,4	1992	2021
Piburger See	7,5	1990	2022
Urisee	7,3	1992	2020
Heiterwangersee	5,4	1992	2021
Achensee	5,3	1994	2021
Haldensee	4,8	1992	2020
Hechtsee	4,5	1992	2021
Reintaler See	3,9	1992	2022
Walchsee	3,7	1992	2022
Badesee Kirchberg	3,5	1995	2022
Stimmersee	3,3	1995	2022
Tristacher See	2,9	1992	2022
Badesee Going	2,7	1995	2022
Brixener Badeteich	2,7	1995	2021
Baggersee Rossau	2,6	1992	2022
Thiersee	2,5	1992	2022
Badesee Mieming	2,4	1992	2022
Schwarzsee Kitzbühel	2,3	1992	2022
Krummsee	2,2	1995	2021
Wildsee_Seefeld	2,2	1992	2020
Reither See	1,9	1992	2022
Bergsteiner See	1,7	1996	2022
Moorstrandbad Kirchbichl	1,7	1992	2022
Rieder Badesee	1,7	1992	2022
Badesee Weißlahn	1,5	1992	2022
Lanser See	1,5	1992	2022
Überwasser Ladis	1,5	1995	2021
Lauchsee Fieberbrunn	1,3	1995	2022
Natterer See	1,3	1992	2022

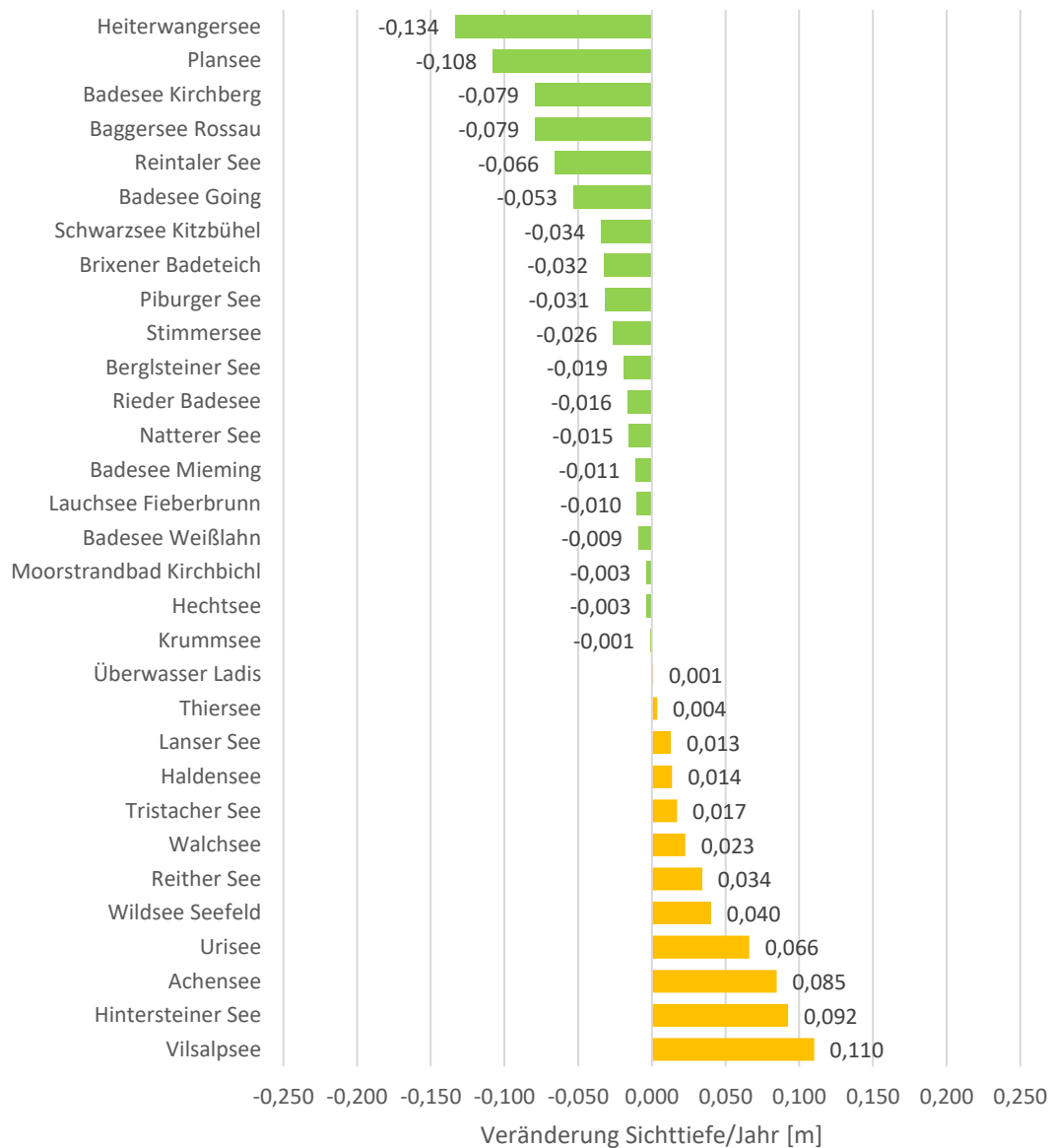


Abbildung 13: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Sichttiefe im Zeitraum Mai-September

5.7 Wassertemperatur

Für 12 der 31 Seen stehen Temperaturdaten in ausreichender Datenqualität (z.B. durchgehende Jahresreihe, zumindest Tagesmittelwerte) zur Verfügung (vgl. Tabelle 9 bzw. **Tabelle 14** im Anhang).

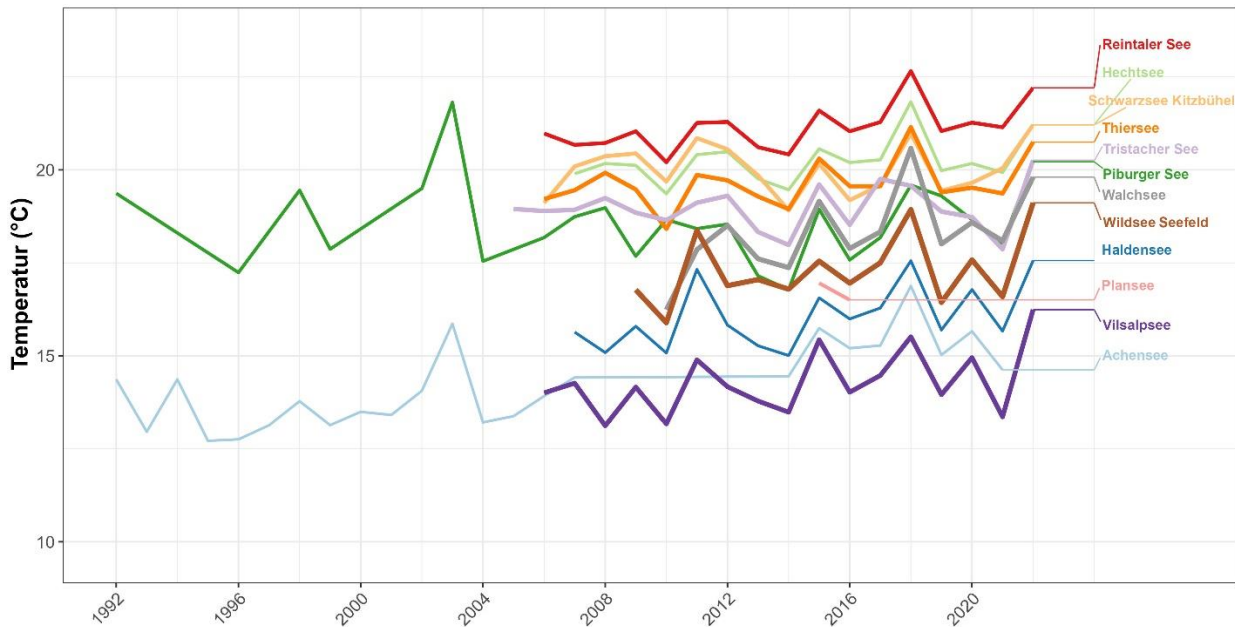


Abbildung 14: Mittlere Wassertemperatur an der Wasseroberfläche im Zeitraum Mai bis September

Der Temperaturverlauf der Nordtiroler Seen (Achensee, Haldensee, Hechtsee, Piburger See, Plansee, Reintaler See, Schwarzsee Kitzbühel, Thiersee, Vilsalpsee, Walchsee und Wildsee-Seefeld) ist sehr einheitlich. Warme Perioden für den Zeitraum Mai bis September bzw. wärmere Jahre schlagen sich bei allen Seen gleichermaßen in einer Erhöhung der Oberflächentemperatur nieder. Abweichend von dieser einheitlichen Ganglinie ist der Temperaturverlauf für den an der Südalpenseite gelegenen Tristacher See. Hier wirken sich die klimatischen Unterschiede zwischen Nord- und Südalpen aus, um einen abweichenden Temperaturverlauf zu generieren (z.B. Jahresmittelwert 2009 in **Abbildung 20**).

In Zeiten klimatischen Veränderungen haben ansteigende Lufttemperaturen selbstverständlich auch Auswirkungen auf die Zeitdauer der Eisbedeckung im Winter, den Zeitpunkt der Frühjahrs- und Herbstzirkulation und somit auch auf die Zeitdauer der sommerlichen Stagnationsphase.

Tabelle 9: Mittlere Wassertemperaturen an der Oberfläche im Zeitraum Mai bis September

Jahr	Achen-see	Halden-see	Hecht-see	Piburger See	Plan-see	Reintaler See	Schwarzsee Kitz.	Thier-see	Tristacher See	Vilsalp-see	Walch-see	Wildsee /Seefeld
1992	14,4			19,4								
1993	13,0											
1994	14,4											
1995	12,7											
1996	12,8			17,2								
1997	13,1											
1998	13,8			19,5								
1999	13,1			17,9								
2000	13,5											
2001	13,4											
2002	14,1			19,5								
2003	15,9			21,8								
2004	13,2			17,5								
2005	13,4								19,0			
2006	13,9			18,2		21,0	19,1	19,2	18,9	14,0		
2007	14,4	15,6	19,9	18,7		20,7	20,1	19,5	18,9	14,3		
2008		15,1	20,2	19,0		20,7	20,4	19,9	19,2	13,1		
2009		15,8	20,1	17,7		21,0	20,4	19,5	18,8	14,2		16,8
2010		15,1	19,4	18,7		20,2	19,7	18,4	18,6	13,2	16,2	15,9
2011		17,3	20,4	18,4		21,3	20,9	19,9	19,1	14,9	17,9	18,4
2012		15,8	20,5	18,5		21,3	20,6	19,7	19,3	14,2	18,5	16,9
2013		15,3	19,8	17,2		20,6	19,9	19,3	18,3	13,8	17,6	17,0
2014	14,4	15,0	19,5	16,8		20,4	18,9	18,9	18,0	13,5	17,4	16,8
2015	15,7	16,6	20,6	18,9	17,0	21,6	20,2	20,3	19,6	15,4	19,2	17,5
2016	15,2	16,0	20,2	17,6	16,5	21,0	19,2	19,6	18,5	14,0	17,9	17,0
2017	15,3	16,3	20,3	18,2		21,3	19,6	19,6	19,8	14,5	18,3	17,5
2018	16,9	17,6	21,8	19,6		22,7	21,0	21,1	19,6	15,5	20,6	18,9
2019	15,0	15,7	20,0	19,3		21,0	19,4	19,4	18,9	14,0	18,0	16,4
2020	15,7	16,8	20,2			21,3	19,7	19,5	18,7	15,0	18,6	17,6
2021	14,6	15,7	19,9	18,0		21,1	20,0	19,4	17,9	13,4	18,1	16,6
2022		17,6	21,2	20,2		22,2	21,2	20,7	20,3	16,2	19,8	19,1
Min.	12,7	15,0	19,4	16,8	16,5	20,2	18,9	18,4	17,9	13,1	16,2	15,9
Jahr	1995	2014	2010	2014	2016	2010	2014	2010	2021	2008	2010	2010
Max.	16,9	17,6	21,8	21,8	17,0	22,7	21,2	21,1	20,3	16,2	20,6	19,1
Jahr	2018	2018	2018	2003	2015	2018	2022	2018	2022	2022	2018	2022

Für die Sommermonate (Mai bis April) zeigen der Walchsee und der Piburger See die größten Temperaturzunahmen an der Wasseroberfläche (ca. $+0,16^{\circ}\text{C}/\text{Jahr}$ bzw. $0,12^{\circ}\text{C}/\text{Jahr}$). An 11 der 12 ausgewerteten Seen ist eine jährliche Zunahme der Wassertemperaturen im Beobachtungszeitraum festzustellen, davon ist sie an insgesamt 5 Seen (Walchsee, Piburger See, Haldensee, Achensee und Reintaler See) als signifikant einzustufen.

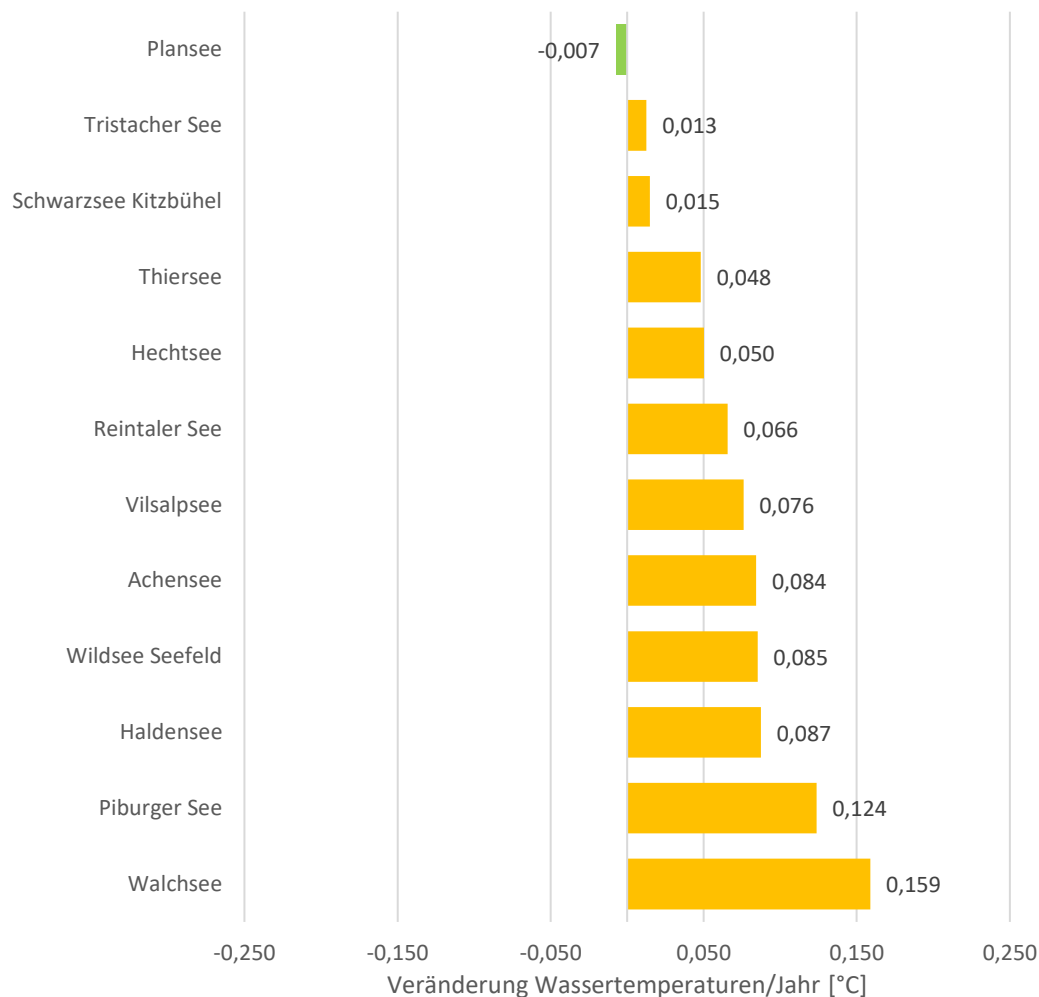


Abbildung 15: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Wassertemperatur im Zeitraum Mai bis September an der Wasseroberfläche

Die mittleren Wassertemperaturen an der Wasseroberfläche im gesamten Jahresverlauf sind in **Abbildung 20**, die Ab- und Zunahmen in **Tabelle 23** im Anhang dargestellt. Die größte Zunahme ist analog zur Auswertung des Zeitraumes Mai bis September am Walchsee und Piburger See zu beobachten (ca. $+0,1^{\circ}\text{C}/\text{Jahr}$), der Trend ist signifikant. 11 der 12 Seen zeigen eine Zunahme der Wassertemperaturen, lediglich der Tristacher See zeigt einen Trend zur Abnahme von ca. $0,02^{\circ}\text{C}/\text{Jahr}$ (nicht signifikant).

5.8 Trophie

Die Gesamteinstufung der aktuellen Trophieklasse der einzelnen Seen erfolgt in Anlehnung an des Bewertungsschema (Wolfram, et al., 2015) auf Basis der verfügbaren Parameter

- Biovolumen (Wasseroberfläche im Zeitraum Mai – September)
- Sichttiefe
- Phosphorkonzentration

anhand eines Expert-Judgements.

Zur Klassifizierung werden die Klassengrenzen in Anlehnung an die Methode zur Bewertung für Alpenseen > 50 ha (Wolfram, et al., 2015) herangezogen. Die Gesamtbewertung erfolgt anhand eines Expert-judgement (keine Berechnung) in Zusammenschau der vorhandenen Einzelbewertungen.

Tabelle 10: Trophieklassen für den Trophieindikatoren Totalphosphor, Biovolumen und Sichttiefe (in Anlehnung an die Klassifizierung für Alpenseen >50 ha (Wolfram, et al., 2015))

Trophieklasse	Nährstoffreichtum	Totalphosphor [$\mu\text{g L}^{-1}$]	Biovolumen [$\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$]	Sichttiefe [m]
ultra-oligotroph	sehr nährstoffarm	≤ 3	$\leq 0,3$	≥ 10
oligotroph	nährstoffarm	3–10	0,3–0,75	5,5–10
mesotroph	mäßig nährstoffreich	10–20	0,75–1,75	3,5–5,5
schwach eutroph	nährstoffreich	20–30	1,75–3,0	<3,5
stark eutroph	sehr nährstoffreich	30–50	3,0–5,0	<2,5
hypertroph	extrem nährstoffreich	>50	>5,0	<2

Das Ergebnis dieser Auswertung ist in der nachfolgenden **Tabelle 11** enthalten.

3 Seen werden als ultraoligotroph (sehr nährstoffarm) ausgewiesen (Achensee, Hintersteiner See und Vilsalpsee). 9 Seen können in der Klasse oligotroph (nährstoffarm) eingestuft werden (Badensee Kirchberg, Haldensee, Hechtsee, Heiterwangersee, Piburger See, Plansee, Stimmersee, Urisee und Walchsee). In der Klasse mäßig nährstoffreich (mesotroph) können 8 Seen bewertet werden (Badensee Going, Brixener Badeteich, Krummsee, Reintaler See, Thiersee, Tristacher See, Überwasser Ladis und der Wildsee Seefeld). Mäßig nährstoffreich (schwach eutroph) sind der Badensee Mieming, Baggersee Rossau, Berglsteiner See, Lanser See, Lauchsee Fieberbrunn, Moorstrandbad Kirchbichl, Natterer See, Reither See und der Schwarzsee Kitzbühel (9 von 31). Als stark eutroph und somit als sehr nährstoffreich gelten der Badensee Weißlahn und der Rieder Badensee. Keiner der untersuchten Seen kann der Klasse sehr nährstoffreich (hypertroph) zugeordnet werden.

Tabelle 11: Gesamteinstufung der Trophieklasse der untersuchten Seen auf Basis der Ergebnisse der Beurteilungskriterien Biovolumen, Sichttiefe und Phosphorkonzentration mittels Expert-Judgement (* anstelle von Biovolumen - Einstufung nach Chlorophyll-a Konzentration); ↗ ↘ - Trend zur Zu- oder Abnahme; ↗↘ signifikanter Trend zur Zu- oder Abnahme

See	Trend Biovolumen (gesamter Zeitraum)	Trophieklasse Biovolumen (aktuell)	Trend Sichttiefe (gesamter Zeitraum)	Trophieklasse Sichttiefe (aktuelle Zeitreihe)	Trend Phosphor (gesamter Zeitraum)	Trophieklasse Phosphor (aktuelle Zeitreihe)	Gesamteinstufung
Achensee	↗	ultraoligotroph	↗	oligotroph	↘	ultraoligotroph	ultraoligotroph
Badensee Going	↘	mesotroph mit Trend zu oligotroph	↘	schwach eutroph	↘	oligo- bis mesotroph	mesotroph
Badensee Kirchberg	↘	oligotroph mit Trend zu mesotroph	↘	schwach eutroph	↘	mesotroph mit Trend zu oligotroph	oligotroph
Badensee Mieming	↗	schwach eutroph	↘	schwach eutroph/ stark eutroph	↘	mesotroph	schwach eutroph
Badensee Weißlahn	↘	stark eutroph	↘	hypertroph	↘	mesotroph	stark eutroph
Baggersee Rossau	↘	schwach eutroph	↘	schwach eutroph	↘	mesotroph	schwach eutroph
Berglsteiner See	↗	schwach eutroph	↘	hypertroph	↗	oligo- bis mesotroph	schwach eutroph
Brixener Badeteich	↘	mesotroph mit Trend zu oligotroph	↘	schwach eutroph	↗	oligo- bis mesotroph	mesotroph
Haldensee	↘	oligotroph mit Trend zu ultraoligotroph	↗	mesotroph	↗	oligotroph	oligotroph
Hechtsee	↗	oligotroph mit Trend zu mesotroph	↘	mesotroph	↗	oligotroph	oligotroph
Heiterwangersee	↘	ultraoligo- bis oligotroph	↘	oligotroph	↘	oligotroph mit Trend zu ultraoligotroph	oligotroph
Hintersteiner See	↗	ultraoligotroph	↗	ultraoligotroph	↘	ultraoligotroph	ultraoligotroph
Krummsee	↘	mesotroph mit Trend zu oligotroph	↘	stark eutroph	↘	mesotroph mit Trend zu oligotroph	mesotroph
Lanser See	↘	schwach eutroph	↗	hypertroph	↘	mesotroph	schwach eutroph
Lauchsee Fieberbrunn	↘	schwach eutroph	↘	hypertroph	↗	schwach eutroph	schwach eutroph
Moorstrandbad Kirchbichl	↘	schwach eutroph	↘	hypertroph	↘	mesotroph	schwach eutroph
Natterer See	↗	schwach eutroph mit Trend mesotroph	↘	hypertroph	↘	schwach eutroph	schwach eutroph
Piburger See*		oligotroph	↘	oligotroph	↘	oligotroph	oligotroph
Plansee	↘	ultraoligotroph	↘	oligotroph	↘	oligotroph	oligotroph
Reintaler See	↘	mesotroph	↘	mesotroph	↘	mesotroph mit Trend zu oligotroph	mesotroph
Reither See	↘	schwach eutroph	↗	hypertroph	↘	mesotroph	schwach eutroph
Rieder Badensee	↗	hypertroph	↘	hypertroph	↘	mesotroph	stark eutroph
Schwarzsee Kitzbühel	↘	schwach eutroph	↘	stark eutroph	↘	mesotroph	schwach eutroph
Stimmersee	↘	oligotroph	↘	schwach eutroph	↘	oligotroph	oligotroph
Thiersee	↘	mesotroph mit Trend zu oligotroph	↗	schwach eutroph mit Tend zu stark eutroph	↘	oligotroph	mesotroph
Tristacher See	↗	schwach eutroph	↗	schwach eutroph	↗	mesotroph	mesotroph
Überwasser Ladis	↘	mesotroph	↗	hypertroph	↘	mesotroph	mesotroph
Urisee	↗	ultraoligotroph	↗	oligotroph	↗	oligotroph	oligotroph
Vilsalpsee	↗	ultraoligotroph	↗	oligotroph	↗	ultraoligotroph	ultraoligotroph
Walchsee	↘	oligo- bis mesotroph	↗	mesotroph	↗	oligotroph	oligotroph
Wildsee Seefeld	↗	oligo- bis mesotroph	↗	stark eutroph	↘	mesotroph mit Trend zu oligotroph	mesotroph

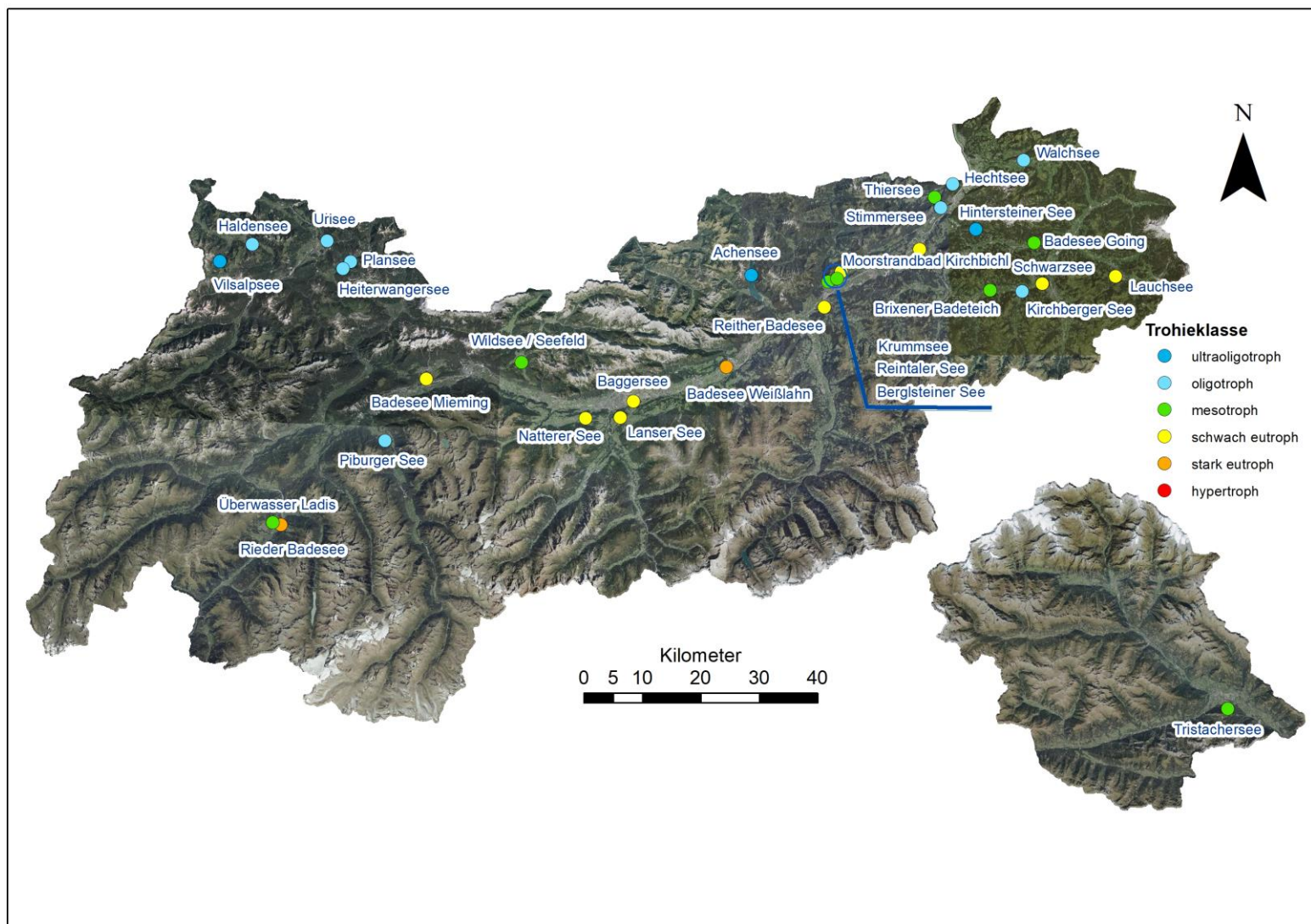


Abbildung 16: Trophieklasse (Nährstoffreichtum) der untersuchten Seen – aktuelle Einstufung (2022)

5.9 Zusammenfassung

Seit 1992 werden an ausgewählten Tiroler Seen biologische und physikalisch-chemische Daten erhoben. Die Aufnahmen bilden die Grundlage zur Beurteilung des Gewässerzustandes bzw. der Nährstoffversorgung der vorwiegend als Badegewässer genutzten Seen. Die erhobenen Daten umfassen insgesamt rund 4.200 limnologische Untersuchungen im Zeitraum 1992 bis 2022.

Die Auswertungen zeigen, dass sich die Nährstoffsituation der untersuchten Gewässer in den letzten 30 Jahren verringert (verbessert) hat. Diese Reoligotrophierung wird durch die Parameter Biovolumen und Trophie-Scores als auch durch die Gesamt-Phosphorkonzentration aufgezeigt. Eine Abnahme der Biovolumina im Zeitraum Mai-September (Wasseroberfläche) ist an 19 von 30 Seen zu beobachten. Gleichzeitig verbessert sich bei 24 von 30 Seen die mittlere Trophie-Score Ausweisung und weist so auf verringerte Phosphorkonzentrationen hin. Die Auswertung der Phosphorkonzentrationen bestätigen die biologischen Erhebungen, an 22 von 31 Seen zeigt sich auch ein Trend zur Abnahme der Gesamtposphorkonzentration an der Wasseroberfläche.

3 Seen werden als ultraoligotroph (sehr nährstoffarm) ausgewiesen (Achensee, Hintersteiner See und Vilsalpsee). 9 Seen können in der Klasse oligotroph (nährstoffarm) eingestuft werden (Badesee Kirchberg, Haldensee, Hechtsee, Heiterwangersee, Piburger See, Plansee, Stimmersee, Urisee und Walchsee). In der Klasse mäßig nährstoffreich (mesotroph) können 8 Seen bewertet werden (Badesee Going, Brixener Badeteich, Krummsee, Reintaler See, Thiersee, Tristacher See, Überwasser Ladis und der Wildsee Seefeld). Mäßig nährstoffreich (schwach eutroph) sind der Badesee Mieming, Baggersee Rossau, Berglsteiner See, Lanser See, Lauchsee Fieberbrunn, Moorstrandbad Kirchbichl, Natterer See, Reither See und der Schwarzsee Kitzbühel (9 von 31). Als stark eutroph und somit als sehr nährstoffreich gelten der Badesee Weißlahn und der Rieder Badesee. Keiner der untersuchten Seen kann der Klasse sehr nährstoffreich (hypertroph) zugeordnet werden. Im Vergleich zum Jahr 1997³ ist am Badesee Kirchberg, Badesee Mieming, Baggersee Rossau, Lanser See, Moorstrandbad Kirchbichl und Reither See eine Verringerung der Trophieklasse von eutroph zu schwach eutroph gegeben. Am Hechtsee und Walchsee von mäßig nährstoffreich zu nährstoffarm (mesotroph zu oligotroph). Beim Rieder Badesee zeigen die Biovolumen der Schwebalpengemeinschaft aktuell stark eutrophe (d.h. sehr nährstoffreiche) Verhältnisse und liegen somit um eine Klasse höher als 1997 (mesotroph, mäßig nährstoffreich). Am Lauchsee Fieberbrunn sind auf Grundlage der Zunahme der

³Tiroler Badeseen 1992 – 1997. Bäderhygiene – Gewässerökologie. Herausgeber: Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. VIh – Wasserwirtschaft (1998)

Phosphorkonzentrationen aktuell schwach eutrophe Verhältnisse gegeben (nährstoffreich; 1997: mesotroph – mäßig nährstoffreich).

Die Auswertung der Wassertemperaturen an 12 der 31 Seen zeigen, dass sich die oberflächlichen Wassertemperaturen erhöhen. An 11 der 12 Seen kann eine Zunahme nachgewiesen werden. Mit ca. $+0,16^{\circ}\text{C}/\text{Jahr}$ bzw. $0,12^{\circ}\text{C}/\text{Jahr}$ zeigen der Walchsee und der Piburger See die größten Zunahmen für den Zeitraum Mai bis September.

Zusammenfassend belegt das Monitoring an den Tiroler Seen zwei wesentliche Trends. Einmal die Reoligotrophierung, d.h. die Abnahme der Nährstoffbelastung als Ergebnis der vielfältigen Maßnahmen im Einzugsgebiet (Bsp. Abwasserentsorgung, Düngeverzicht, Seesanierungen mittels Tiefenwasserableitung, etc.). Als zweiter Trend kann die Erwärmung der Seen anhand steigender Oberflächentemperaturen belegt werden.

6 Anhang

Tabelle 12: Übersicht zur Probenanzahl der chemischen Parameter; Totalphosphor und Sauerstoffkonzentration

Untersuchungs-jahr	Probenanzahl Totalphosphor	Probenanzahl Sauerstoffkonzentration
2003	280	
2004	230	
2005	246	
2006	262	
2007	32	
2009	681	682
2010	298	298
2011	446	446
2012	479	450
2013	469	459
2014	469	466
2015	476	477
2016	483	481
2017	479	478
2018	320	320
2019	211	193
2020	317	315
2021	88	86
2022	85	85
Summe	6.351	5.236

Tabelle 13: Übersicht zur Anzahl der Erhebungen der Sichttiefe pro Untersuchungsjahr

Untersuchungs-jahr	Anzahl Proben	Untersuchungs-jahr	Anzahl Proben	Untersuchungs-jahr	Anzahl Proben
1992	19	2004	85	2016	73
1993	19	2005	81	2017	75
1994	20	2006	66	2018	58
1995	25	2007	74	2019	56
1996	184	2008	38	2020	51
1997	27	2009	109	2021	38
1998	182	2010	53	2022	30
1999	123	2011	73	Summe	2.125
2000	114	2012	77		
2001	67	2013	71		
2002	21	2014	69		
2003	71	2015	76		

Tabelle 14: Übersicht zu Seen mit Daten zur Wassertemperatur (Oberfläche) in Form von Pegelaufzeichnungen (Tagesmittelwerte – Ausnahme Piburger See: 1992 bis 2009 Monatseinzelwerte)

See	Datenverfügbarkeit	
	Jahr (von)	Jahr (bis)
Achensee	1992	2022
Haldensee	2007	2022
Hechtsee	2007	2022
Piburger See	1992	2022
Plansee	2015	2016
Reintaler See	2006	2022
Schwarzsee Kitzbühel	2006	2022
Thiersee	2006	2022
Tristacher See	2005	2022
Vilsalpsee	2006	2022
Walchsee	2010	2022
Wildsee / Seefeld	2009	2022

Tabelle 15: Anzahl der identifizierten Taxa pro See

See	alle Proben	Wasseroberfläche Mai - September
Schwarzsee Kitzbühel	225	220
Lauchsee Fieberbrunn	210	203
Reintaler See	203	203
Moorstrandbad Kirchbichl	202	200
Lanser See	199	195
Tristacher See	198	192
Natterer See	188	184
Reither See	186	182
Krummsee	181	179
Badensee Weißlahn	178	176
Überwasser Ladis	177	176
Baggersee Rossau	176	172
Badensee Mieming	173	171
Brixener Badeteich	168	168
Hechtsee	159	156
Badensee Going	158	153
Wildsee_Seefeld	158	153
Thiersee	156	151
Walchsee	153	149
Stimmersee	153	141
Rieder Badensee	152	139
Berglsteiner See	149	134
Achensee	142	131
Vilsalpsee	142	131
Urisee	137	130
Hintersteiner See	136	126

Plansee	131	126
Haldensee	126	123
Heiterwangersee	123	120
Badensee Kirchberg	117	117

Tabelle 16: Übersicht Taxazahlen/Klasse und %-Anteile

	alle Proben		Wasseroberfläche Mai - September	
Klasse	Anzahl Taxa	%-Anteil	Anzahl Taxa	%-Anteil
Chlorophyceae	154	31,8	140	32,8
Cyanophyceae	90	18,6	75	17,6
Bacillariophyceae	64	13,2	56	13,1
Conjugatophyceae	49	10,1	44	10,3
Chrysophyceae	36	7,4	33	7,7
Dinophyceae	25	5,2	23	5,4
Cryptophyceae	14	2,9	14	3,3
Euglenophyceae	16	3,3	10	2,3
Xanthophyceae	7	1,4	7	1,6
Ulvophyceae	6	1,2	5	1,2
Trebouxiophyceae	5	1,0	5	1,2
Klebsormidiophyceae	4	0,8	4	0,9
Prasinophyceae	3	0,6	3	0,7
Phytoplankton (unbestimmt)	3	0,6	2	0,5
Dictyochophyceae	2	0,4	2	0,5
Bicosoecophyceae	1	0,2	1	0,2
Coscinodiscophyceae	1	0,2	1	0,2
Oomycetes	1	0,2	1	0,2
Prymnesiophyceae	1	0,2	1	0,2
Chlorophyta	1	0,2	0	0,0
Choanoflagellata	1	0,2	0	0,0
	484		427	

Tabelle 17: Mengenmäßig häufigste 20 Phytoplanktontaxa (alle Proben)

Klasse	Rebecca ID	Taxon	mittleres Biovolumen [mm ³ /L]
Bacillariophyceae	R0071	Centrales sp.	0,3288
	R2174	Ulnaria delicatissima var. angustissima	0,1981
	R0223	Fragilaria crotonensis	0,1338
	R0238	Fragilaria sp.	0,0355
Chrysophyceae	R1083	Dinobryon sociale	0,0770
	R1073	Dinobryon divergens	0,0566
	R1171	Chrysophyceae sp.	0,0564
	R1151	Uroglena sp.	0,0296
	R1095	Erkenia subaequiciliata	0,0263
Dinophyceae	R1687	Peridinium cinctum	0,0621
	R1672	Ceratium hirundinella	0,0602

	R1699	Peridinium sp.	0,0501
	R1903	Peridinium umbonatum	0,0326
	R1704	Peridinium willei	0,0236
Conjugatophyceae	R1233	Cosmarium sp.	0,0606
	R1241	Cosmarium tenue	0,0243
Chlorophyceae	R0811	Scenedesmus sp.	0,0458
	R0832	Chlorococcales sp.	0,0331
Cryptophyceae	R1394	Cryptomonas sp.	0,0652
Cyanophyceae	R1617	Planktothrix rubescens	0,0555

Tabelle 18: Prozentuale Anteile der Trophie-Scores (gewichtet nach Biovolumen der entsprechenden Zeigerarten) an der Wasseroberfläche im Zeitraum Mai – September für die Zeitperiode bis 2010 und ab 2010

Klasse	Phosphor µg/L-1	Anteile %		Zu- /Abnahme
		Periode bis 2010	Periode ab 2010	
6	< 5	9,1	17,8	8,7
5	5 bis 8	17,2	17,4	0,2
4	8 bis 15	22,8	15,2	-7,6
3	15 bis 30	23,8	19,3	-4,5
2	30 bis 60	13,5	17,0	3,5
1	>60	13,6	13,3	-0,3

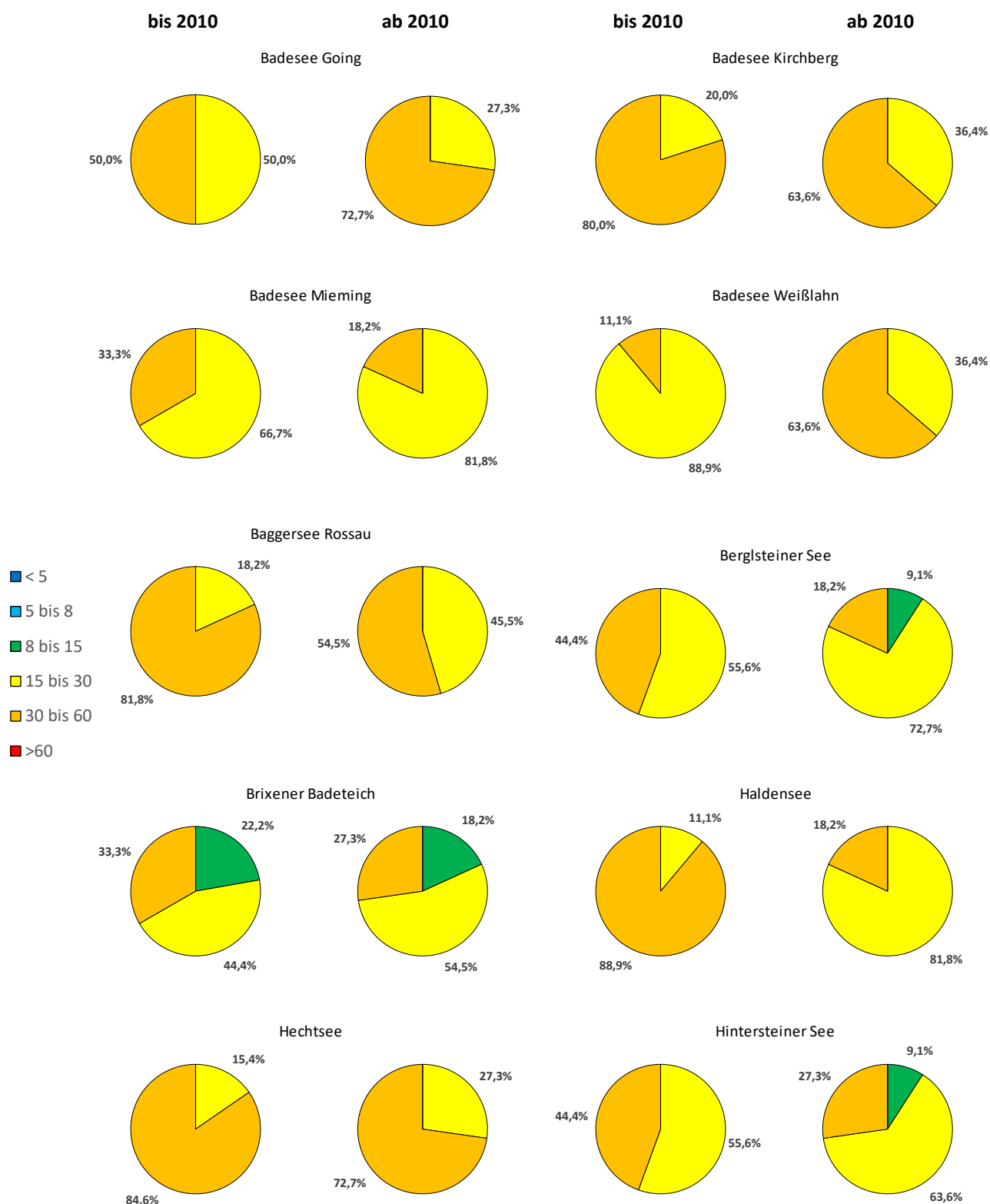


Abbildung 17: Mittelwert der Trophie-Score Klassen (Phosphorkonzentration $\mu\text{g/L}$) für den Zeitraum bis 2010 (jeweils links) und ab 2010 (jeweils rechts) – Gewässer des amtlichen Seenmonitoring: Badesee Going bis Hintersteiner See

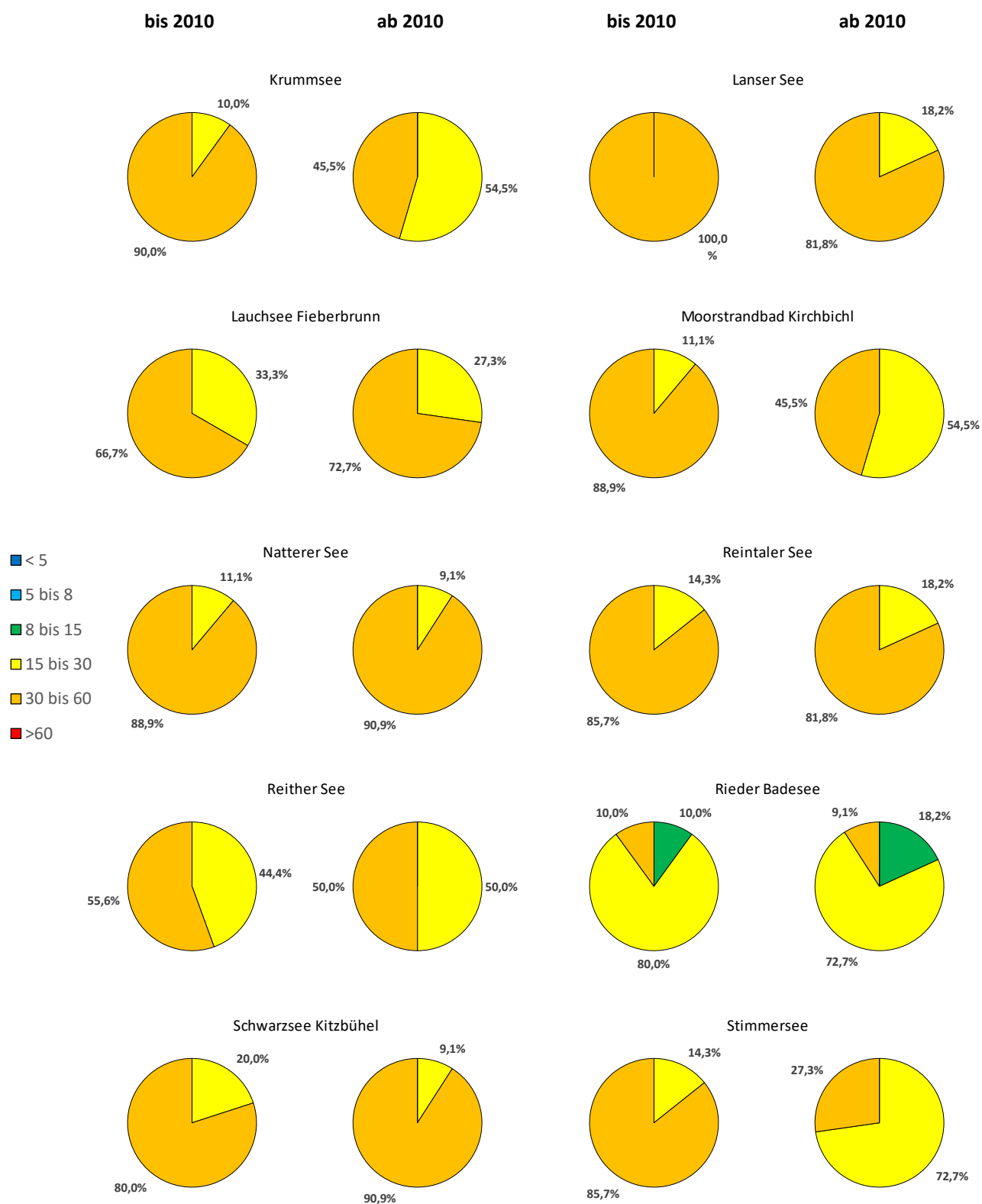


Abbildung 18: Mittelwert der Trophie-Score Klassen (Phosphorkonzentration $\mu\text{g/L}$) für den Zeitraum bis 2010 (jeweils links) und ab 2010 (jeweils rechts) – Gewässer des amtlichen Seenmonitoring: Krummsee bis Stimmer See

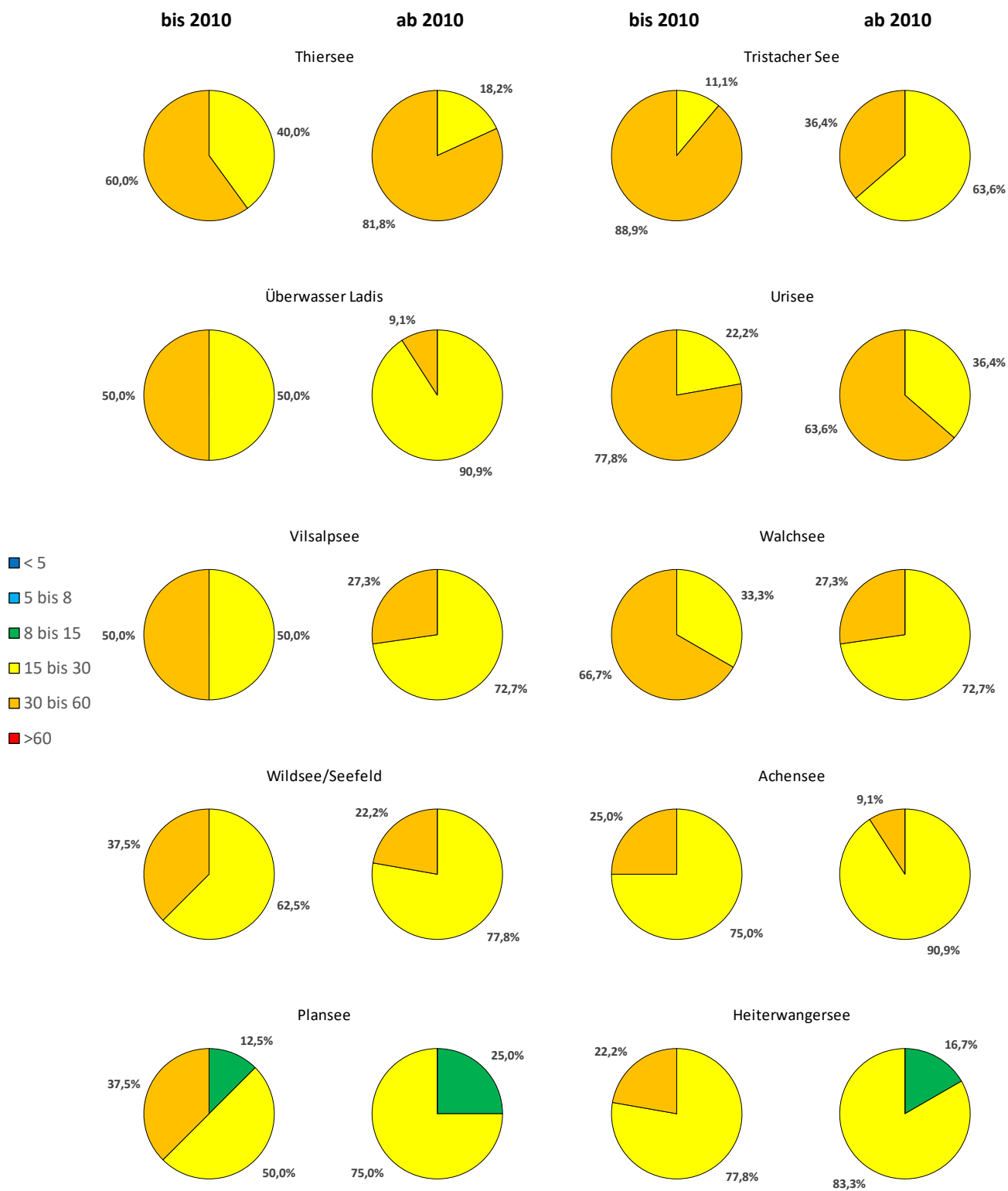


Abbildung 19: Mittelwert der Trophie-Score Klassen für den Zeitraum bis 2010 (jeweils links) und ab 2010 (jeweils rechts) – Gewässer des amtlichen Seenmonitoring: Thiersee bis Wildsee/Seefeld; GZÜV-Seen: Achensee, Plansee und Heiterwangersee

Tabelle 19: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) des Biovolumens im Zeitraum Mai-September (0m) mit Angabe zum Bestimmtheitsmaß und p-Wert (Signifikanzwert; $p < 0,05$ - **fett**)

See	Jährliche Veränderung Biovolumen [mm ³ /L]	p-Wert	Bestimmtheitsmaß
Tristacher See	0,190845635	0,159286976	0,106958728
Rieder Badensee	0,119652894	0,576068425	0,016750451
Badensee Mieming	0,049992375	0,423758882	0,035886041
Berglsteiner See	0,030402788	0,38084833	0,0429131
Vilsalpsee	0,017190851	0,006312176	0,401514815
Hechtsee	0,016206658	0,094890495	0,121615968
Natterer See	0,012907466	0,797325883	0,003759979
Urisee	0,00799469	0,339306682	0,050810226
Hintersteiner See	0,005990688	0,092019227	0,149628858
Wildsee Seefeld	0,00536019	0,752713265	0,006818331
Achensee	0,001612785	0,853206275	0,002071783
Heiterwangersee	-0,000150346	0,963463188	0,000113378
Plansee	-0,005464243	0,268608483	0,067506961
Badensee Going	-0,010675176	0,649293413	0,012448588
Thiersee	-0,012203259	0,554078051	0,018736809
Haldensee	-0,015092667	0,035999589	0,221987249
Walchsee	-0,026674768	0,275420977	0,065679226
Stimmersee	-0,031414959	0,025142928	0,276053457
Krummsee	-0,04476796	0,159544174	0,101369654
Badensee Kirchberg	-0,046938503	0,038087154	0,207281701
Überwasser Ladis	-0,051678241	0,320734592	0,051874796
Lanser See	-0,063929143	0,243348751	0,079129052
Schwarzsee Kitzbühel	-0,069285279	0,185410919	0,121697277
Reintaler See	-0,072345075	0,019998245	0,29436554
Lauchsee Fieberbrunn	-0,111559904	0,005740404	0,352978374
Brixener Badeteich	-0,261508045	0,088857711	0,152354926
Reither See	-0,290218504	0,001965136	0,403781635
Moorstrandbad Kirchbichl	-0,301549015	0,007404919	0,335862478
Baggersee Rossau	-0,310176583	0,035401082	0,202900806
Badensee Weißlahn	-0,461661396	0,108145697	0,137034386

Tabelle 20: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Gesamtphosphorkonzentration im Zeitraum Mai-September (0m) mit Angabe zum Bestimmtheitsmaß, Anzahl der Erhebungen und p-Wert (Signifikanzwert; $p < 0,05$ - **fett**);

See	Jährliche Veränderung	p-Wert	Bestimmtheitsmaß	Anzahl Erhebungen
Tristacher See	1,1744681	0,0492277	0,1578971	42
Brixener Badeteich	0,2582105	0,0087414	0,5713094	39
Vilsalpsee	0,2069203	0,1645996	0,0076837	42
Haldensee	0,1464651	0,0603500	0,1123115	43
Lauchsee Fieberbrunn	0,1240422	0,0097921	0,5381986	41
Walchsee	0,0311522	0,0008130	0,8577420	42
Berglsteiner See	0,0264931	0,0013215	0,8332883	36
Urisee	0,0222223	0,0021941	0,7800502	38
Hechtsee	0,0094881	0,0002712	0,9155031	44
Piburger See	-0,0026015	0,0003865	0,8081569	157
Schwarzsee Kitzbühel	-0,0402294	0,0022084	0,7704669	41
Thiersee	-0,0641046	0,0206899	0,3696018	41
Badesee Weißlahn	-0,1618504	0,0256837	0,2873617	46
Wildsee Seefeld	-0,1621785	0,0174764	0,3811435	46
Hintersteiner See	-0,1642896	0,0930530	0,0415924	45
Stimmersee	-0,1705009	0,0943268	0,0684481	36
Rieder Badesee	-0,2242822	0,0651727	0,0905476	45
Badesee Going	-0,2424223	0,0488143	0,1888111	37
Reintaler See	-0,2575319	0,1277702	0,0025677	69
Krummsee	-0,2837729	0,1431422	0,0147248	41
Badesee Mieming	-0,3178852	0,0879758	0,0630994	40
Baggersee Rossau	-0,3680386	0,1296055	0,0074973	54
Badesee Kirchberg	-0,3896504	0,0552874	0,1338858	42
Achensee	-0,3928571	0,5159915	0,2816745	4
Lanser See	-0,4629951	0,3086373	0,0000745	45
Überwasser Ladis	-0,6202047	0,1678738	0,0057454	44
Heiterwangersee	-0,6226415	0,3876824	0,2619442	5
Moorstrandbad Kirchbichl	-0,7000000	0,2014164	0,0019868	45
Reither See	-0,7620830	0,3545987	0,0000160	45
Natterer See	-0,8717459	0,1217620	0,0202600	44
Plansee	-1,4056604	0,3456162	0,2971601	5

Tabelle 21: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Sichttiefe im Zeitraum Mai-September mit Angabe zum Bestimmtheitsmaß und p-Wert (Signifikanzwert; $p < 0,05$ - **fett**);

See	jährliche Veränderung	Bestimmtheitsmaß	p-Wert
Vilsalpsee	0,1101967	0,0485527	0,1458130
Hintersteiner See	0,0924906	0,0439412	0,1440026
Achensee	0,0847272	0,0977954	0,0411756
Urisee	0,0661686	0,0543391	0,0557402
Wildsee Seefeld	0,0402268	0,1026825	0,0104553
Reither See	0,0341667	0,1386060	0,0001876
Walchsee	0,0228181	0,0176639	0,2951264
Tristacher See	0,0171207	0,0259575	0,1560545
Haldensee	0,0138354	0,0077651	0,4553142
Lanser See	0,0129567	0,0366028	0,0632752
Thiersee	0,0036661	0,0007198	0,8333186
Überwasser Ladis	0,0009731	0,0006544	0,8952027
Krummsee	-0,0011079	0,0002849	0,9221715
Hechtsee	-0,0033442	0,0002087	0,9027676
Moorstrandbad Kirchbichl	-0,0033888	0,0024353	0,6498941
Badesee Weißlahn	-0,0092399	0,0240408	0,1125052
Lauchsee Fieberbrunn	-0,0099360	0,0278921	0,2274149
Badesee Mieming	-0,0108584	0,0123996	0,3317514
Natterer See	-0,0152648	0,0638153	0,0156999
Rieder Badesee	-0,0162929	0,0423560	0,0670305
Berglsteiner See	-0,0191372	0,1982122	0,0155133
Stimmersee	-0,0262512	0,0323952	0,2601391
Piburger See	-0,0320054	0,1503293	0,0342582
Brixener Badeteich	-0,0323597	0,0843985	0,1009801
Schwarzsee Kitzbühel	-0,0343685	0,3002382	0,0000000
Badesee Going	-0,0531233	0,2425415	0,0014482
Reintaler See	-0,0657688	0,1969648	0,0000003
Baggersee Rossau	-0,0791179	0,1233147	0,0003406
Badesee Kirchberg	-0,0793334	0,1448861	0,0083044
Plansee	-0,1079944	0,0924900	0,0336282
Heiterwangersee	-0,1335110	0,2131993	0,0020835

Tabelle 22: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Wassertemperatur im Zeitraum Mai bis September an der Wasseroberfläche mit Angaben zum Bestimmtheitsmaß und p-Wert (Signifikanzwert; $p < 0,05$ - **fett**);

Gewässer	Jährliche Veränderung	p-Wert	Bestimmtheitsmaß
Walchsee	0,15880	0,02010	0,37
Piburger See	0,12370	0,01570	0,43
Haldensee	0,08730	0,03300	0,27
Wildsee Seefeld	0,08520	0,17920	0,15
Achensee	0,08420	0,00010	0,52
Vilsalpsee	0,07600	0,07650	0,19
Reintaler See	0,06570	0,02250	0,3
Hechtsee	0,05020	0,13410	0,15
Thiersee	0,04810	0,13460	0,14
Schwarzsee Kitzbühel	0,01480	0,66870	0,01
Tristacher See	0,01260	0,66090	0,01
Plansee	-0,00740	0,97320	0

Tabelle 23: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Wassertemperatur an der Wasseroberfläche mit Angaben zum Bestimmtheitsmaß und p-Wert (Signifikanzwert; $p < 0,05$ - **fett**);

Gewässer	Jährliche Veränderung	p-Wert	Bestimmtheitsmaß
Walchsee	0,10120	0,03040	0,36
Piburger See	0,10010	0,00730	0,53
Wildsee Seefeld	0,07400	0,08340	0,23
Reintaler See	0,07390	0,00330	0,45
Haldensee	0,07080	0,02620	0,31
Vilsalpsee	0,06710	0,01320	0,34
Hechtsee	0,06220	0,01980	0,33
Thiersee	0,05120	0,04200	0,25
Achensee	0,04650	0,00010	0,52
Schwarzsee Kitzbühel	0,00330	0,88610	0,001
Tristacher See	-0,01700	0,63740	0,01

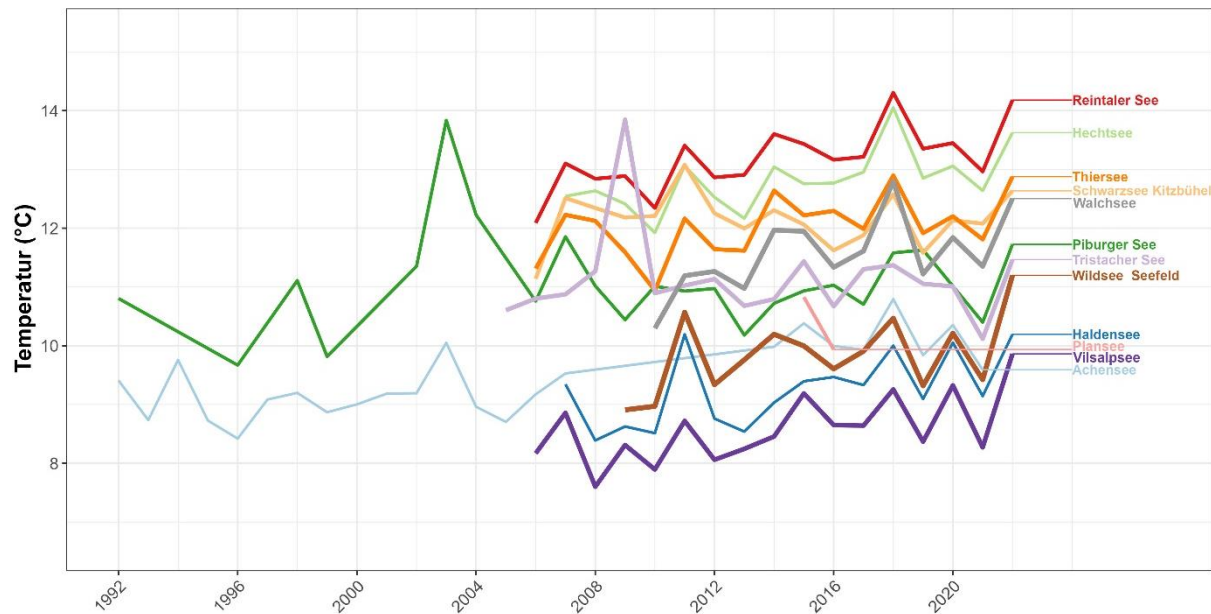


Abbildung 20: Mittlere jährliche Wassertemperatur an der Wasseroberfläche (alle Monate)

Tabelle 24: Übersicht zur Anzahl der im Rahmen der Bearbeitung nicht berücksichtigten Taxa/Klasse

Klasse	Ordnung	Anzahl Taxa
Bacillariophyceae	Pennales	251
Cyanophyceae	Chroococcales	68
Chlorophyceae		3
Indet. (unbestimmt)		4

Tabelle 25: Verzeichnis der nicht berücksichtigten Taxa; Bac-Pen = Bacillariophyceae/ Pennales, Cyan-cocc = Cyanophyceae/ Chroococcales, Chlor = Chlorophyceae, indet (unbestimmt) = indeterminatus/unbestimmt

Rebecca ID	Größe	Taxon/Art	Klasse/Ordnung
R1793	(0,5µm)	Coccale Formen	indet
R1793	(1x1µm)	Coccale Formen	indet
R1793	(1,5x1µm)	Ovale Form	indet
R2617	(1,5µm)	Picoplankton indet.	indet
R1907	(2µm)	Aphanocapsa conferta	Cyan-cocc
R1413	(0,5µm)	Aphanocapsa delicatissima	Cyan-cocc
R1413	(1µm)	Aphanocapsa delicatissima	Cyan-cocc
R1414	(1µm)	Aphanocapsa elachista	Cyan-cocc
R1414	(1,5µm)	Aphanocapsa elachista	Cyan-cocc
R1415	(0,5µm)	Aphanocapsa holsatica	Cyan-cocc
R1415	(1µm)	Aphanocapsa holsatica	Cyan-cocc
R1416	(0,5µm)	Aphanocapsa incerta	Cyan-cocc
R1416	(0,8µm)	Aphanocapsa incerta	Cyan-cocc
R1416	(2µm)	Aphanocapsa incerta	Cyan-cocc
R1908	(1µm)	Aphanocapsa parasitica	Cyan-cocc
R1908	(2µm)	Aphanocapsa parasitica	Cyan-cocc
R1423	(0,2µm)	Aphanocapsa sp.	Cyan-cocc
R1423	(0,5µm)	Aphanocapsa sp.	Cyan-cocc
R1423	(1µm)	Aphanocapsa sp.	Cyan-cocc
R1423	(1,5µm)	Aphanocapsa sp.	Cyan-cocc
R1423	(2µm)	Aphanocapsa sp.	Cyan-cocc
R1426	(1x0,5µm)	Aphanothece bachmannii	Cyan-cocc
R1426	(2x1µm)	Aphanothece bachmannii	Cyan-cocc
R1426	(2x0,7µm)	Aphanothece bachmannii	Cyan-cocc
R1427	(2x0,5µm)	Aphanothece clathrata	Cyan-cocc
R1428	(2x0,5µm)	Aphanothece floccosa	Cyan-cocc
R1429	(0,8x0,5µm)	Aphanothece minutissima	Cyan-cocc
R1429	(1,5x0,8µm)	Aphanothece minutissima	Cyan-cocc
R1429	(2x1µm)	Aphanothece minutissima	Cyan-cocc
R1432	(1x0,5µm)	Aphanothece nebulosa	Cyan-cocc
R1432	(2x0,5µm)	Aphanothece nebulosa	Cyan-cocc
R1432	(1,5x1µm)	Aphanothece pseudoglebulenta	Cyan-cocc
R1432	(0,5x0,2µm)	Aphanothece sp.	Cyan-cocc
R1432	(1x0,5µm)	Aphanothece sp.	Cyan-cocc
R1432	(1,5x1µm)	Aphanothece sp.	Cyan-cocc
R1432	(2x1µm)	Aphanothece sp.	Cyan-cocc
R1514	(0,2µm)	Chroococcales	Cyan-cocc
R1514	(0,5µm)	Chroococcales	Cyan-cocc
R1514	(0,5x0,2µm)	Chroococcales	Cyan-cocc
R1514	(1µm)	Chroococcales	Cyan-cocc
R1514	(1x0,5µm)	Chroococcales	Cyan-cocc
R1514	(2µm)	Chroococcales	Cyan-cocc

Rebecca ID	Größe	Taxon/Art	Klasse/Ordnung
R1514	(2x0,5µm)	Chroococcales	Cyan-cocc
R1514	(2x1µm)	Chroococcales	Cyan-cocc
R1434	(1,5x1µm)	Chroococcus aphanocapsoides	Cyan-cocc
R1434	(2x1,8µm)	Chroococcus aphanocapsoides	Cyan-cocc
R1439	(1µm)	Chroococcus microscopicus	Cyan-cocc
R1450	(1µm)	Coelosphaerium punctiferum	Cyan-cocc
R1451	(1,5x1µm)	Cyanodictyon filiforme	Cyan-cocc
R1451	(2x0,5µm)	Cyanodictyon filiforme	Cyan-cocc
R1452	(1µm)	Cyanodictyon imperfectum	Cyan-cocc
R1455	(2x1µm)	Cyanodictyon intermedium	Cyan-cocc
R1455	(2x0,5µm)	Cyanodictyon intermedium	Cyan-cocc
R1453	(1,5x0,5µm)	Cyanodictyon planktonicum	Cyan-cocc
R1454	(0,5µm)	Cyanodictyon reticulatum	Cyan-cocc
R1454	(1µm)	Cyanodictyon reticulatum	Cyan-cocc
R1455	(0,5µm)	Cyanodictyon sp.	Cyan-cocc
R1455	(1µm)	Cyanodictyon sp.	Cyan-cocc
R1455	(1x0,5µm)	Cyanodictyon sp.	Cyan-cocc
R1455	(2x1µm)	Cyanodictyon sp.	Cyan-cocc
R1961	(1,5µm)	Eucapsis starmachii	Cyan-cocc
R2595	(1x0,5µm)	Lemmermaniella parva	Cyan-cocc
R2595	(1,5x1µm)	Lemmermaniella parva	Cyan-cocc
R2882	(0,8µm)	Pannus punctiferus	Cyan-cocc
R2882	(0,7µm)	Pannus sp.	Cyan-cocc
R2882	(2µm)	Pannus sp.	Cyan-cocc
R2804	(1µm)	Pannus spumososus	Cyan-cocc
R1502	(0,5x2µm)	Rhabdoderma lineare	Cyan-cocc
R0117	(25x5µm)	Achnanthes minutissima	Bac-Pen
R0422	(20x3µm)	Achnanthes minutissima var. scotica	Bac-Pen
R0117	(4x10µm)	Achnanthes sp.	Bac-Pen
R0117	(10x2µm)	Achnanthes sp.	Bac-Pen
R0117	(12x2,5µm)	Achnanthes sp.	Bac-Pen
R0117	(15x2,5µm)	Achnanthes sp.	Bac-Pen
R0117	(15x4,5µm)	Achnanthes sp.	Bac-Pen
R0117	(23x7µm)	Achnanthes sp.	Bac-Pen
R0117	(25x8µm)	Achnanthes sp.	Bac-Pen
R0117	(25x2,5µm)	Achnanthes sp.	Bac-Pen
R0117	(35x3µm)	Achnanthes sp.	Bac-Pen
R0117	(80x15µm)	Achnanthes sp.	Bac-Pen
R2503	(16x4µm)	Achnanthidium catenatum	Bac-Pen
R0118	(10x3µm)	Achnanthidium minutissimum	Bac-Pen
R0118	(12x3µm)	Achnanthidium minutissimum	Bac-Pen
R0118	(12x4µm)	Achnanthidium minutissimum	Bac-Pen
R0118	(15x4µm)	Achnanthidium minutissimum	Bac-Pen
R0118	(25x7µm)	Achnanthidium minutissimum	Bac-Pen
R0118	(25x3µm)	Achnanthidium minutissimum	Bac-Pen
R2647	(10x2µm)	Achnanthidium sp.	Bac-Pen

Rebecca ID	Größe	Taxon/Art	Klasse/Ordnung
R2647	(12x2,5µm)	Achnanthidium sp.	Bac-Pen
R2647	(12x3µm)	Achnanthidium sp.	Bac-Pen
R2647	(15x2,5µm)	Achnanthidium sp.	Bac-Pen
R2647	(20x5µm)	Achnanthidium sp.	Bac-Pen
R2647	(25x6µm)	Achnanthidium sp.	Bac-Pen
R2647	(30x4µm)	Achnanthidium sp.	Bac-Pen
R0120	(120x12µm)	Amphipleura pellucida	Bac-Pen
R0130	(40x25µm)	Amphora ovalis	Bac-Pen
R0131	(15x3µm)	Amphora pediculus	Bac-Pen
R0132	(35x15µm)	Amphora sp.	Bac-Pen
R0155	(15x8µm)	Cocconeis placentula	Bac-Pen
R0155	(25x20µm)	Cocconeis placentula	Bac-Pen
R0155	(28x17µm)	Cocconeis placentula	Bac-Pen
R0159	(15x8µm)	Cocconeis sp.	Bac-Pen
R0159	(15x8µm)	Cocconeis sp.	Bac-Pen
R0159	(20x10µm)	Cocconeis sp.	Bac-Pen
R0159	(22x15µm)	Cocconeis sp.	Bac-Pen
R0159	(25x12µm)	Cocconeis sp.	Bac-Pen
R0159	(35x25µm)	Cocconeis sp.	Bac-Pen
R0238	(9x5µm)	Cyclotella sp.	Bac-Pen
R0161	(80x45µm)	Cymatopleura elliptica	Bac-Pen
R0162	(12x80µm)	Cymatopleura solea	Bac-Pen
R0162	(14x90µm)	Cymatopleura solea	Bac-Pen
R0162	(29x77µm)	Cymatopleura solea	Bac-Pen
R0162	(100x22µm)	Cymatopleura solea	Bac-Pen
R0162	(150x30µm)	Cymatopleura solea	Bac-Pen
R0163	(12x80µm)	Cymatopleura solea var. apiculata	Bac-Pen
R0163	(160x35µm)	Cymatopleura sp.	Bac-Pen
R0170	(100x17µm)	Cymbella helvetica	Bac-Pen
R0172	(150x25µm)	Cymbella lanceolata	Bac-Pen
R0177	(20x8µm)	Cymbella sp.	Bac-Pen
R0177	(25x5µm)	Cymbella sp.	Bac-Pen
R0177	(29x9µm)	Cymbella sp.	Bac-Pen
R0177	(30x8µm)	Cymbella sp.	Bac-Pen
R0177	(40x11µm)	Cymbella sp.	Bac-Pen
R0177	(60x12µm)	Cymbella sp.	Bac-Pen
R0177	(80x35µm)	Cymbella sp.	Bac-Pen
R0177	(110x35µm)	Cymbella sp.	Bac-Pen
R2513	(80x28µm)	Cymbella inaequalis	Bac-Pen
R2087	(10x4µm)	Denticula sp.	Bac-Pen
R2087	(20x5µm)	Denticula sp.	Bac-Pen
R0184	(45x7µm)	Diatoma ehrenbergii	Bac-Pen
R0184	(60x10µm)	Diatoma ehrenbergii	Bac-Pen
R0184	(70x7µm)	Diatoma ehrenbergii	Bac-Pen
R2107	(7x6µm)	Diatoma mesodon	Bac-Pen
R2107	(12x5µm)	Diatoma mesodon	Bac-Pen

Rebecca ID	Größe	Taxon/Art	Klasse/Ordnung
R2107	(20x6µm)	Diatoma mesodon	Bac-Pen
R0186	(20x4µm)	Diatoma moniliformis	Bac-Pen
R0186	(35x6µm)	Diatoma moniliformis	Bac-Pen
R0186	(40x4µm)	Diatoma moniliformis	Bac-Pen
R0186	(70x8µm)	Diatoma moniliformis	Bac-Pen
R0188	(2,5x45µm)	Diatoma sp.	Bac-Pen
R0188	(16x7µm)	Diatoma sp.	Bac-Pen
R0188	(27x9µm)	Diatoma sp.	Bac-Pen
R0188	(37x12µm)	Diatoma sp.	Bac-Pen
R0188	(40x6µm)	Diatoma sp.	Bac-Pen
R0188	(55x10µm)	Diatoma sp.	Bac-Pen
R0188	(57x7µm)	Diatoma sp.	Bac-Pen
R0188	(80x7µm)	Diatoma sp.	Bac-Pen
R0188	(130x15µm)	Diatoma sp.	Bac-Pen
R0189	(35x4µm)	Diatoma tenuis	Bac-Pen
R0189	(60x5µm)	Diatoma tenuis	Bac-Pen
R0189	(80x5µm)	Diatoma tenuis	Bac-Pen
R0191	(12x60µm)	Diatoma vulgaris	Bac-Pen
R0191	(30x10µm)	Diatoma vulgaris	Bac-Pen
R0191	(45x15µm)	Diatoma vulgaris	Bac-Pen
R0191	(70x3,5µm)	Diatoma vulgaris	Bac-Pen
R0191	(70x12µm)	Diatoma vulgaris	Bac-Pen
R0195	(25x10µm)	Diploneis sp.	Bac-Pen
R2061	(65x23µm)	Encyonema prostratum	Bac-Pen
R0201	(80x65µm)	Epithemia sp.	Bac-Pen
R2330	(20x9µm)	Eucocconeis flexella	Bac-Pen
R2330	(35x15µm)	Eucocconeis flexella	Bac-Pen
R2518	(180x2µm)	Fragilariopsis cylindrus	Bac-Pen
R0265	(25x6µm)	Gomphonema olivaceum	Bac-Pen
R0271	(15x3µm)	Gomphonema sp.	Bac-Pen
R0271	(25x6µm)	Gomphonema sp.	Bac-Pen
R0271	(30x7µm)	Gomphonema sp.	Bac-Pen
R0271	(50x5µm)	Gomphonema sp.	Bac-Pen
R0273	(100x15µm)	Gyrosigma acuminatum	Bac-Pen
R0279	(77x8µm)	Gyrosigma sp.	Bac-Pen
R0279	(80x6µm)	Gyrosigma sp.	Bac-Pen
R0279	(100x15µm)	Gyrosigma sp.	Bac-Pen
R0279	(120x15µm)	Gyrosigma sp.	Bac-Pen
R0279	(200x20µm)	Gyrosigma sp.	Bac-Pen
R0279	(250x25µm)	Gyrosigma sp.	Bac-Pen
R2355	(100x15µm)	Gyrosigma spenceri	Bac-Pen
R2355	(130x14µm)	Gyrosigma spenceri	Bac-Pen
R0238	(60x5µm)	Hannea arcus	Bac-Pen
R0283	(25x8µm)	Meridion circulare	Bac-Pen
R0283	(45x6µm)	Meridion circulare	Bac-Pen
R0335	(15x4µm)	Navicula sp.	Bac-Pen

Rebecca ID	Größe	Taxon/Art	Klasse/Ordnung
R0335	(19x5µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(20x5µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(25x6µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(25x5µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(30x6µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(30x4µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(30x10µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(30x5µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(35x8µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(40x20µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(40x8µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(50x15µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(60x10µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(70x12µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(80x15µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(80x6µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(100x10µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(150x30µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0335	(170x25µm)	Navicula sp.	Bac-Pen
R0343	(30x2µm)	Nitzschia acicularis	Bac-Pen
R0343	(40x1,5µm)	Nitzschia acicularis	Bac-Pen
R0343	(70x2µm)	Nitzschia acicularis	Bac-Pen
R0360	(50x3µm)	Nitzschia dissipata	Bac-Pen
R0360	(80x5µm)	Nitzschia dissipata	Bac-Pen
R0360	(100x7µm)	Nitzschia dissipata	Bac-Pen
R0380	(120x6µm)	Nitzschia linearis	Bac-Pen
R0380	(140x6µm)	Nitzschia linearis	Bac-Pen
R0380	(170x5µm)	Nitzschia linearis	Bac-Pen
R0394	(3x30µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(20x2µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(30x4µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(40x2µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(55x6µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(55x3µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(70x3µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(75x3µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(80x6µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(80x8µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(100x6µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(110x9µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(130x10µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(130x5µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(150x12µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(170x8µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(180x18µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(180x3µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen

Rebecca ID	Größe	Taxon/Art	Klasse/Ordnung
R0394	(200x12µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(200x15µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(260x15µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(300x15µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(350x25µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(350x20µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(350x15µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(400x25µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(400x20µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(400x15µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(450x25µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0394	(450x15µm)	Nitzschia sp.	Bac-Pen
R0422	(8x3µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(9x5µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(10x2µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(12x2µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(12x7µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(12x4µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(15x3µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(15x8µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(15x5µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(20x2µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(20x8µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(20x4µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(20x6µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(25x2,5µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(25x15µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(25x6µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(25x6µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(26x4,5µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(28x7µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(30x4µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(30x4µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(30x7µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(30x2µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(30x10µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(35x10µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(35x4µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(40x3µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(40x18µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(40x2µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(40x10µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(45x4µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(45x6µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(50x3µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(50x15µm)	Pennales	Bac-Pen

Rebecca ID	Größe	Taxon/Art	Klasse/Ordnung
R0422	(50x8µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(60x10µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(60x6µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(60x17µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(60x2µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(65x9µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(70x12µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(70x2µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(80x20µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(80x4µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(80x9µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(95x11µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(100x7µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(100x12µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(110x30µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(120x5µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(120x10µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(120x3µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(120x20µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(120x6µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(150x3µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(150x6µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(180x15µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(180x3µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(190x8µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(200x5µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(220x10µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(220x15µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(250x8µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(300x7µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(350x10µm)	Pennales	Bac-Pen
R0422	(350x5µm)	Pennales	Bac-Pen
R0414	(60x12µm)	Pinnularia sp.	Bac-Pen
R0414	(80x15µm)	Pinnularia sp.	Bac-Pen
R0414	(80x12µm)	Pinnularia sp.	Bac-Pen
R0414	(130x15µm)	Pinnularia sp.	Bac-Pen
R0414	(150x20µm)	Pinnularia sp.	Bac-Pen
R0414	(200x30µm)	Pinnularia sp.	Bac-Pen
R0414	(220x30µm)	Pinnularia sp.	Bac-Pen
R2169	(12x4µm)	Staurosira construens	Bac-Pen
R2169	(20x4µm)	Staurosira construens	Bac-Pen
R2169	(25x5µm)	Staurosira construens	Bac-Pen
R0428	(70x8µm)	Surirella angusta	Bac-Pen
R0435	(120x50µm)	Surirella sp.	Bac-Pen
R2486	(15x12µm)	Tetracyclus rupestris	Bac-Pen
R2486	(15x8µm)	Tetracyclus rupestris	Bac-Pen

Rebecca ID	Größe	Taxon/Art	Klasse/Ordnung
R2174	(25x2µm)	Ulnaria delicatissima var. angustissima	Bac-Pen
R0941	(3x1µm)	Chlamydomonas sp.	Chlor
R0832	(0,5µm)	Chlorococcales	Chlor
R0832	(1µm)	Chlorococcales	Chlor
R1455	(1,5x1µm)	Cyanodictyon sp.	Cyan-cocc
R1455	(1,5x1µm)	Cyanodictyon sp.	Cyan-cocc
R1455	(1,5x0,5µm)	Cyanodictyon sp.	Cyan-cocc
R1455	(1,5x0,5µm)	Cyanodictyon sp.	Cyan-cocc

7 Verzeichnisse

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht zur Lage der untersuchten Seen (Anzahl 31)	8
Abbildung 2: Gesamtanzahl der vorliegenden Phytoplankton-Untersuchungen (auf Taxaniveau) von 1998 – 2022 des amtlichen Seenmonitorings und der GZÜV-Erhebung (ohne Piburger See); strichlierte Linie: Mittelwert der Probenzahl 1998 - 2022	12
Abbildung 3: Darstellung der Nährstoffklassen, Grenzwerte und Mittelwerte für die Berechnung der trophischen Einstufung	15
Abbildung 4: Mengenmäßig häufigste 20 Phytoplanktonarten (alle Proben) – Reihung nach mittleren Biovolumen (mm^3/L)	19
Abbildung 5: Trophie-Scores (gewichtet nach Biovolumen der entsprechenden Zeigerarten) an der Wasseroberfläche im Zeitraum Mai – September (Auswertung ab einer Probenanzahl $n > 20/\text{Jahr}$)	23
Abbildung 6: Prozentuale Anteile (Mittelwerte der Trophie-Scores gewichtet nach Biovolumen der entsprechenden Zeigerarten) an der Wasseroberfläche im Zeitraum Mai – September für die Zeitperiode bis 2010 (links) und ab 2010 (rechts)	24
Abbildung 7: Mittelwert der Trophie-Score Klassen für jedes Untersuchungsjahr pro See .	25
Abbildung 8: Mittelwerte der Biovolumina (mm^3/L) an der Wasseroberfläche im Zeitraum Mai bis September der Jahre 1992 – 2022 (strichliert – Mittelwert aller Seen)	27
Abbildung 9: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) des Biovolumens [mm^3/L] im Zeitraum Mai-September (0m)	28
Abbildung 10: Mittelwerte der Gesamtphosphorkonzentration [$\mu\text{g}/\text{L}$] der untersuchten Seen im Zeitraum Mai bis September (Wasseroberfläche), 1992 – 2022	30
Abbildung 11: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Gesamtphosphorkonzentration [$\mu\text{g}/\text{L}$] im Zeitraum Mai-September (0m)	31
Abbildung 12: Mittlere Phosphorkonzentration und gewichteter Trophie-Score im Zeitraum Mai-September an der Wasseroberfläche der untersuchten Seen	32
Abbildung 13: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Sichttiefe im Zeitraum Mai-September	36
Abbildung 14: Mittlere Wassertemperatur an der Wasseroberfläche im Zeitraum Mai bis September	37
Abbildung 15: Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Wassertemperatur im Zeitraum Mai bis September an der Wasseroberfläche	39
Abbildung 16: Trophieklasse (Nährstoffreichtum) der untersuchten Seen – aktuelle Einstufung (2022)	42
Abbildung 17: Mittelwert der Trophie-Score Klassen (Phosphorkonzentration $\mu\text{g}/\text{L}$) für den Zeitraum bis 2010 (jeweils links) und ab 2010 (jeweils rechts) – Gewässer des amtlichen Seenmonitoring: Badensee Going bis Hintersteiner See	49

Abbildung 18: Mittelwert der Trophie-Score Klassen (Phosphorkonzentration $\mu\text{g/L}$) für den Zeitraum bis 2010 (jeweils links) und ab 2010 (jeweils rechts) – Gewässer des amtlichen Seenmonitoring: Krummsee bis Stimmer See.....	50
Abbildung 19: Mittelwert der Trophie-Score Klassen für den Zeitraum bis 2010 (jeweils links) und ab 2010 (jeweils rechts) – Gewässer des amtlichen Seenmonitoring: Thiersee bis Wildsee/ Seefeld; GZÜV-Seen: Achensee, Plansee und Heiterwangersee	51
Abbildung 20: Mittlere jährliche Wassertemperatur an der Wasseroberfläche (alle Monate)	56

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Trophieklassen der wichtigsten Trophieindikatoren TP = Gesamtphosphor (volumengewichtet, alternativ: Frühjahrszirkulation), Chl-a = Chlorophyll-a, BV = Gesamtbiovolumen, ST = Sichttiefe (aus (Wolfram, et al., 2015):	5
Tabelle 2:	Übersicht der untersuchten Tiroler Seen (1992 – 2022).....	7
Tabelle 3:	Übersicht zur Anzahl der Phytoplanktonproben pro Jahr seit 1992 der Tiroler Seen (ohne Piburger See); rot – nur Biovolumen, keine Taxalisten; orange – Erhebungen im Rahmen der GZÜV.....	10
Tabelle 4:	Trophieklassen für den Trophieindikatoren Biovolumen (in Anlehnung an die Klassifizierung für Alpenseen > 50 ha (Wolfram, et al., 2015)	13
Tabelle 5:	Trophieklassen für den Trophieindikator Biovolumen (in Anlehnung an die Klassifizierung für Alpenseen >50 ha (Wolfram, et al., 2015)	14
Tabelle 6:	Trophieklassen für den Trophieindikatoren Totalphosphor (in Anlehnung an die Klassifizierung für Alpenseen >50 ha (Wolfram, et al., 2015))	16
Tabelle 7:	Trophieklassen für den Trophieindikatoren Sichttiefe [$\mu\text{g/L}$] (in Anlehnung an die Klassifizierung für Alpenseen > 50 ha (Wolfram, et al., 2015))	17
Tabelle 8:	Mittelwerte der Sichttiefen [m] der untersuchten Seen im Zeitraum Mai bis September, 1992 – 2022 mit Angaben zum Beobachtungszeitraum.....	35
Tabelle 9:	Mittlere Wassertemperaturen an der Oberfläche im Zeitraum Mai bis September	38
Tabelle 10:	Trophieklassen für den Trophieindikatoren Totalphosphor, Biovolumen und Sichttiefe (in Anlehnung an die Klassifizierung für Alpenseen >50 ha (Wolfram, et al., 2015)).....	40
Tabelle 11:	Gesamteinstufung der Trophieklasse der untersuchten Seen auf Basis der Ergebnisse der Beurteilungskriterien Biovolumen, Sichttiefe und Phosphorkonzentration mittels Expert-Judgement (* anstelle von Biovolumen - Einstufung nach Chlorophyll-a Konzentration); ↗↘ - Trend zur Zu- oder Abnahme; ↗↘ signifikanter Trend zur Zu- oder Abnahme	41
Tabelle 12:	Übersicht zur Probenanzahl der chemischen Parameter; Totalphosphor und Sauerstoffkonzentration.....	45
Tabelle 13:	Übersicht zur Anzahl der Erhebungen der Sichttiefe pro Untersuchungsjahr .	45

Tabelle 14:	Übersicht zu Seen mit Daten zur Wassertemperatur (Oberfläche) in Form von Pegelaufzeichnungen (Tagesmittelwerte – Ausnahme Piburger See: 1992 bis 2009 Monatseinzelwerte).....	46
Tabelle 15:	Anzahl der identifizierten Taxa pro See.....	46
Tabelle 16:	Übersicht Taxazahlen/Klasse und %-Anteile	47
Tabelle 17:	Mengenmäßig häufigste 20 Phytoplanktontaxa (alle Proben)	47
Tabelle 18:	Prozentuale Anteile der Trophie-Scores (gewichtet nach Biovolumen der entsprechenden Zeigerarten) an der Wasseroberfläche im Zeitraum Mai – September für die Zeitperiode bis 2010 und ab 2010.....	48
Tabelle 19:	Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) des Biovolumens im Zeitraum Mai-September (0m) mit Angabe zum Bestimmtheitsmaß und p-Wert (Signifikanzwert; $p < 0,05$ - fett)	52
Tabelle 20:	Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Gesamtphosphorkonzentration im Zeitraum Mai-September (0m) mit Angabe zum Bestimmtheitsmaß, Anzahl der Erhebungen und p-Wert (Signifikanzwert; $p < 0,05$ - fett);	53
Tabelle 21:	Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Sichttiefe im Zeitraum Mai-September mit Angabe zum Bestimmtheitsmaß und p-Wert (Signifikanzwert; $p < 0,05$ - fett);	54
Tabelle 22:	Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Wassertemperatur im Zeitraum Mai bis September an der Wasseroberfläche mit Angaben zum Bestimmtheitsmaß und p-Wert (Signifikanzwert; $p < 0,05$ - fett);	55
Tabelle 23:	Jährliche Veränderung (Zu- oder Abnahme) der Wassertemperatur an der Wasseroberfläche mit Angaben zum Bestimmtheitsmaß und p-Wert (Signifikanzwert; $p < 0,05$ - fett);	55
Tabelle 24:	Übersicht zur Anzahl der im Rahmen der Bearbeitung nicht berücksichtigten Taxa/Klasse	56
Tabelle 25:	Verzeichnis der nicht berücksichtigten Taxa; Bac-Pen = Bacillariophyceae/ Pennales, Cyan-cocc = Cyanophyceae/ Chroococcales, Chlor = Chlorophyceae, indet (unbestimmt) = indeterminatus/unbestimmt	57

Impressum

Autoren:

Ellen SCHAFFERER & Richard SCHWARZENBERGER, (H&S Limnologie GmbH)

Unter Mitarbeit von Jeffrey PANAGUITON

Datenbearbeitung, Auswertung: Klemens WEISSLEITNER

Herausgeber und für den Inhalt verantwortlich:

Amt der Tiroler Landesregierung

Abteilung Wasserwirtschaft

Herrengasse 3

6020 Innsbruck

Bildnachweis:

Titelbild: Achensee, Land Tirol

Zitiervorschlag:

H&S Limnologie, 2024: 30 Jahre Tiroler Seenmonitoring,

Endbericht, Teilbericht 1 – Gesamtauswertung,

im Auftrag des Amtes der Tiroler Landesregierung,

67 Seiten, Dezember 2024