



LAND

OBERÖSTERREICH

Mondsee

Phosphor-Situation & Bilanzierung



Sonderuntersuchungsprogramm 2016

Gewässerschutzbericht Nr. 48



WW

IMPRESSUM

Medieninhaber Land Oberösterreich

Herausgeber Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung Wasserwirtschaft · Kärntnerstraße 12, 4021 Linz

Tel.: (+43 732) 7720 – 12424 · Fax: (+43 732) 7720 - 212860

E-Mail: ww.post@ooe.gv.at

Autoren Ing. Gerald Auinger BSc & Mag. Dr. Hubert Blatterer

Unter Mitarbeit von Roland Abel, Günter Buschbeck, Mag. Wolfgang Heinisch, Manfred Höfler, Ing. Sabine Kapfer, Dr. Martin Luger, Ing. Robert Schamberger, Harald Sommer, Ing. Christian Wakolbinger, Hydrographischer Dienst Land Salzburg

Druck Eigenvervielfältigung

Download www.land-oberoesterreich.gv.at/publikationen

Copyright Wasserwirtschaft

Informationen zum Datenschutz finden Sie unter: www.land-oberoesterreich.gv.at/datenschutz

Titelbild Mondsee - Blickrichtung Südost; Quelle: Blatterer Hubert

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS.....	3
ABBILDUNGS- & TABELLENVERZEICHNIS	4
1. EINLEITUNG	5
2. GRUNDLAGENERHEBUNG MONDSEE	6
2.1. <i>Historisches & Entstehung.....</i>	6
2.2. <i>Ökologie 1930 bis heute</i>	7
2.3. <i>Hydrologie & Kenngrößen</i>	10
2.4. <i>Flächennutzung im Einzugsgebiet</i>	11
3. SITUATION IM EINZUGSGEBIET	12
3.1. PHOSPHOR-SITUATION	12
3.2. TEMPERATURENTWICKLUNG IM MONDSEE	17
4. GEWÄSSERZUSTANDBEWERTUNG	19
4.1. MONDSEE	19
4.2. ZUBRINGER	20
5. UNTERSUCHUNGSPROGRAMM & ERGEBNISSE	22
5.1. CHEMISCHES ZUBRINGER-MONITORING.....	22
5.1.1. <i>Methodik & Messstellenübersicht</i>	22
5.1.2. <i>Ergebnisse.....</i>	26
5.1.3. <i>Anmerkungen zu den Detailergebnissen</i>	29
5.2. EREIGNIS-PROBENNEHMER FUSCHLER ACHE	30
5.2.1. <i>Methodik.....</i>	30
5.2.2. <i>Ergebnisse & Auswertung der online-Parameter</i>	31
5.2.3. <i>Kausalkette Niederschlag – Abfluss – Fracht.....</i>	34
6. PHOSPHORFRACHT & BILANZIERUNG	39
6.1. EINTRAG	39
6.1.1. <i>P-Eintrag durch Zubringer unter Basisabfluss</i>	39
6.1.2. <i>P-Eintrag durch Niederschlagsereignisse über die Zubringer</i>	44
6.1.3. <i>P-Eintrag durch den RHV Mondsee – Irrsee.....</i>	45
6.1.4. <i>P-Eintrag auf Seefläche durch atmosphärischen Eintrag</i>	46
6.2. AUSTRAG	47
6.2.1. <i>P-Austrag über Seeache.....</i>	47
6.2.2. <i>P-Austrag über Befischung</i>	48
6.3. PHOSPHOR-BILANZ	49
7. DISKUSSION.....	53
8. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	55
9. LITERATUR- & QUELLENVERZEICHNIS.....	57

ABBILDUNGS- & TABELLENVERZEICHNIS

ABBILDUNG 1 SEESAIBLING AUSFANG 1930-2007 (FISCHEREIREVIER MONDSEE).....	8
ABBILDUNG 2 TEMPERATURENTWICKLUNG 1991-2009 (LUGER 2012).....	9
ABBILDUNG 3 EUTROPHIERUNGSGESCHICHTE MONDSEE (LUGER 2016).....	12
ABBILDUNG 4 LOKALE EINFLÜSSE; LINKS A: DRAINAGE; RECHTS B: RISIKOFLÄCHE & EROSIONSHERD.....	13
ABBILDUNG 5 VERTEILUNG DER P-EMISSIONEN AUS EINTRAGSPFADEN AUSSCHLIEßLICH ÜBER DIE FUSCHLER ACHE	14
ABBILDUNG 6 VERSORUNGSGEBIET RHV MONDSEE-IRRSEE (ROTER PUNKT);	15
ABBILDUNG 7 SEDIMENT-KERN EUTROPHIERUNGSGESCHICHTE (LUGER 2012)	16
ABBILDUNG 8 VERGLEICH DER TAGESMITTEL-TEMPERATUR 2016	18
ABBILDUNG 9 LINKS A:FUSCHLER ACHE FLUSS-KM 3,3; RECHTS B: ZELLER ACHE FLUSS-KM 68,3.....	20
ABBILDUNG 10 LINKS A:WANGAUER ACHE FLUSS-KM 0,6; RECHTS B: SEEACHE FLUSS-KM 54,5	21
ABBILDUNG 11 MESSSTELLEN-ÜBERSICHT DGM	25
ABBILDUNG 12: ISCO 3700 EREIGNIS-PROBENNEHMER MIT STEUEREINHEIT UND KÜHLRAUM	31
ABBILDUNG 13 EREIGNIS 03.07.2018	31
ABBILDUNG 14 EREIGNIS 14.06.2018	32
ABBILDUNG 15 EREIGNIS 23.07.2018	32
ABBILDUNG 16 VERDÜNNUNGSEFFEKTE 12.07.2016	34
ABBILDUNG 17 EREIGNIS 12.07.2016 – OBEN A: KONZENTRATION; UNTEN B: REGENSPENDE – Q – P-FRACHT	37
ABBILDUNG 18 EREIGNIS 27.07.2016 – OBEN A: KONZENTRATION; UNTEN B: REGENSPENDE – Q – P FRACHT	38
ABBILDUNG 19 ORTHOFOTO EZG OBEN A: HÖRIBACH (ROTER PFEIL); UNTEN B: MÖSTLBACH (GRÜNER PFEIL).....	41
ABBILDUNG 20 ORTHOFOTO EZG: STEINERBACH (ORANGER PFEIL).....	42
ABBILDUNG 21 VERTEILUNG ZUBRINGER BASISABFLUSS	44
ABBILDUNG 22 AUSWERTUNG DER STARKREGENAUFZEICHNUNGEN DER STATION THALGAUBERG, 1970-2012 (DATEN: HYDROGRAPHISCHER LANDESDIENST SALZBURG	44
ABBILDUNG 23 DURCHFLUSSPEGEL AU AM MONDSEE SEEAUSRINN.....	47
ABBILDUNG 24 TORTENDIAGRAMM OBEN A: P _{GES} -EINTRAG; UNTEN B: PO4-P-EINTRAG	50
ABBILDUNG 25 OBEN A: P _{GES} -RETENTION; UNTEN B: PO4-P RETENTION	51
TABELLE 1 ALLGEMEINE ÜBERBLICKSDATEN MONDSEE.....	11
TABELLE 2 RELEVANTE FLÄCHENNUTZUNG IM EINZUGSGEBIET	11
TABELLE 3 ENTWICKLUNG DES GESAMT-EQR ALLER OBERÖSTERREICHISCHEN GZÜV-SEEN (NACH JERSABEK 2018B; BLAU = SEHR GUT; GRÜN = GUT; GELB = MÄßIG).....	19
TABELLE 4 VERGLEICH DER BEIDEN ASM-STELLEN IM MONDSEE (AUS SCHAFFERER & PFISTER 2018).....	20
TABELLE 5 GEWÄSSERZUSTANDSBEWERTUNG GROÙE MONDSEE-ZUBRINGER UND SEEAUSRINN.	21
TABELLE 6 METHODE ZUR DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE.....	23
TABELLE 7 MESSSTELLEN-ÜBERSICHT	24
TABELLE 8 GEGENÜBERSTELLUNG PHOSPHOR-PERZENTILEN	26
TABELLE 9 GEGENÜBERSTELLUNG STICKSTOFF-PERZENTILEN.....	27
TABELLE 10 GESAMTBEWERTUNG LAUT QZV ÖKOLOGIE OG	28
TABELLE 11 IDW REGENSPENDE PEGEL ST. LORENZ.....	34
TABELLE 12 PARAMETERVERLAUF EINER HOCHWASSERWELLE.....	35
TABELLE 13 P-BEFRACHTUNG FUSCHLER ACHE NACH REGENEREIGNIS VOM 12.07.2016	36
TABELLE 14 P-BEFRACHTUNG FUSCHLER ACHE NACH REGENEREIGNIS VOM 27.07.2016	38
TABELLE 15 FRACHTENBERECHNUNG FUSCHLER ACHE.....	39
TABELLE 16 FRACHTENBERECHNUNG WANGAUER ACHE.....	39
TABELLE 17 FRACHTENBERECHNUNG ZELLER ACHE.....	39
TABELLE 18 ZUBRINGERBÄCHE JAHRESFRACHT.....	40
TABELLE 19 GESAMTFRACHT GESAMTES MONDSEE EINZUGSGEBIETES ZU MQ-BEDINGUNGEN	43
TABELLE 20 FRACHTEN DER NIEDERSCHLAGSEREIGNISSE FUSCHLER ACHE	45
TABELLE 21 HOCHRECHNUNG DER FUSCHLER ACHE - STARKREGENEREIGNISSE AUF RESTLICHES EZG	45
TABELLE 22 FRACHTENBERECHNUNG RHV MONDSEE 2016	46
TABELLE 23 FRACHTABSCHÄTZUNG DURCH ATMOSPHERISCHEN EINTRAG.....	46
TABELLE 24 P-AUSTRAG SEEACHE	47
TABELLE 25 P-ANALYSENERGEBNISSE SEEACHE PEGEL AU	48
TABELLE 26 PHOSPHOR-BILANZ MONDSEE 2016	49
TABELLE 27 P BILANZ	51
TABELLE 28 FLÄCHENBELASTUNG DER TEIL-EZG	51

1. Einleitung

Der ursprünglich oligotrophe (nährstoffarme) Mondsee unterlief in den 1960er und 1970er Jahren eine anthropogen bedingte Eutrophierungsphase. Der boomende Tourismus und die gleichzeitig nachhinkende Abwasserentsorgung führten zu enormen Phosphorbelastungen mit, zum Teil, starken Algenblüten. Durch intensive Bemühungen und kostspielige Maßnahmen konnte man eine Zustandsverbesserung herbeiführen. Die Reoligotrophierung ist inzwischen weit fortgeschritten, jedoch unterliegt der Mondsee nach wie vor Schwankungen, welche Klärungsbedarf erfordern.

Die Reoligotrophierung erreichte in den 1990er Jahren ihren Höhepunkt, in den darauf folgenden Jahren war aber wieder eine Verschlechterung des limnologischen Zustandes (Mäßiger Zustand) zu verzeichnen.

Der Mondsee hat in den Jahren 2013-2015 wieder einen guten Zustand erreicht, befindet sich aber noch immer an der Grenze zum mäßigen Zustand, also nahe am Verfehlen des Zielkriteriums der Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG). Dies wurde als Anlass genommen, den Nährstoffeintrag der Zubringer des Mondsees bzw. den Einträgen aus Starkregen nochmals näher zu betrachten und eine aktuelle, möglichst vollständige Bilanz zu erstellen.

Dazu wurden im Jahr 2016 monatlich Stichproben zur chemisch-physikalischen und bakteriologischen Analytik entnommen. Zusätzlich wurde beim Pegel St. Lorenz an der Fuschler Ache ein Ereignis-Probennehmer installiert, der Stichproben bei erhöhten Wasserführungen nach Niederschlagsereignissen ziehen soll. Die Auswertungen der Analysenergebnisse zeigen den Zustand der Zubringer selbst und ihre Bedeutung für den Nährstoff-Eintrag in den Mondsee auf. Woher kommen die Nährstoffe, bzw. kann man aktuelle Vermutungen mit Messergebnissen bekräftigen? In welcher Form werden diese Frachten eingetragen? In welchen Bereichen des Mondsee-Einzugsgebiet ist sozusagen anzusetzen, welche sind prioritär? In wie weit hat die Landnutzung damit zu tun? Sind lenkende behördliche Maßnahmen notwendig?

Die Herkunft und die Ursachen der P-Frachten und deren Größenordnungen nach Eintragungspfad werden ermittelt, um Gegenmaßnahmen weiter zu verfolgen und zielgerichtet fokussieren zu können.

2. Grundlagenerhebung Mondsee

2.1. Historisches & Entstehung

Im Salzkammergut dominieren zahlreiche Seen das Landschaftsbild und werden gerne als Urlaubs- und Erholungsort genutzt. Einer dieser Seen ist der Mondsee, der zwischen Irrsee und Fuschlsee oberhalb und Attersee unterhalb, als Bindeglied dieser Seenkette fungiert. Seine wichtigsten Zubringer sind die Zeller Ache (Seeausrinn Zellersee = Irrsee), die Fuschler Ache (Seeausrinn Fuschlsee) und die Wangauer Ache. Der See entwässert über die Seeache, welche auf einer 2,9 km langen Fließstrecke Attersee und Mondsee miteinander verbindet.

Entstanden ist der Mondsee vor etwa 130.000 Jahren, durch den Rückzug des eiszeitlichen Traun-Gletschers. Die Seewanne wurde durch Gletscherbewegung ausgeschürft und füllte sich nach dem Rückzug der Eismassen mit Wasser. Damals handelte es sich jedoch noch nicht um den See in der Form, wie er heute betrachtet werden kann, sondern um ein Gewässer mit bis zu 40 Meter höherem Wasserspiegel. Folglich erstreckte sich der ursprüngliche See über eine viel größere Fläche und reichte im Westen sogar bis ins Bundesland Salzburg.

Seinen Namen erhielt der Mondsee einer Volkssage nach, von einem Herzog aus Bayern, der durch den sich im See spiegelnden Mond vor einem Absturz von der Drachenwand bewahrt wurde. Historisch ist jedoch wahrscheinlicher, dass sich der Name aus dem alten Adelsgeschlecht Mannsee ableitet und sich später in Mondsee änderte.

Des Weiteren ist der See namensgebend für die Mondseekultur, einer Kultur die etwa im Zeitraum von 3800-3300 v. Chr. in dieser Gegend existierte. Bezeugt wird diese Epoche von zahlreichen Pfahlbau-Funden gegen Ende des 19. Jahrhunderts. Warum es dazu kam, dass das Gebiet um den Mondsee in der Folge für ca. ein Jahrtausend unbewohnt war, ist nicht restlos geklärt. Diese Epoche ist noch immer Gegenstand der Forschung.

Eine Theorie besagt, dass der Attersee und der Mondsee durch einen Bergsturz voneinander getrennt worden sind und durch den ansteigenden Seespiegel die Kultur vernichtet wurde. Eine andere Vermutung geht davon aus, dass die Hauptsiedlungsgebiete mit 19 nachgewiesenen Siedlungen immer am Attersee waren. Die Bewohner des Mondsees, wo bisher nur zwei Siedlungen nachgewiesen werden konnten, auf Grund von immer wiederkehrenden Naturkatastrophen, ihren Standort verließen.

Eine Besonderheit des Mondsees besteht darin, dass er sich seit dem 18. Jhd. im Privatbesitz befindet, was für einen See dieser Größe sehr ungewöhnlich ist. Gespräche und Verhandlungen, den See wieder in öffentliche Hand zu überführen, scheiterten bislang.

Er ist auch heute noch mit einer Länge von 9,1 km, einer Breite von maximal 2,3 km und damit verbundenen Fläche von knapp 14 km² als durchaus großer alpiner See anzusehen. Am Nord-Westufer liegt der Ort Mondsee, mit ca. 3700 Einwohnern, das Ballungszentrum dieser Region. Im Süd-Westen wird der See von der markanten Drachenwand überragt. Im Nordosten findet man mit der Autobahn A1 die wichtigste Verkehrsanbindung dieses Gebietes. Entlang des Südufers verläuft die Grenze zwischen Oberösterreich und Salzburg.

2.2. Ökologie 1930 bis heute

Der Mondsee, als natürliches komplexes Gewässer, veränderte sich im Laufe der Zeit aufgrund der unterschiedlichen Beanspruchungen durch den Menschen. Der See unterliegt einer Vielzahl von unterschiedlichen Nutzungen und Belastungen. Diese umfassen im Wesentlichen die Vieh- und Forstwirtschaft im Einzugsgebiet, den Fremdenverkehr, die Freizeitnutzung, die Einleitung der Kläranlagen und diffuse Einträge aus dem Kanalnetz, den Golf- oder Parkplätzen.

Diese hinterließen Spuren und prägten den Lebensraum Mondsee nachhaltig.

Der Mondsee war seit den 1930er Jahren regelmäßig im Fokus von Untersuchungen durch Gewässerökologen, daher sind sehr umfangreiche Datenbestände vorhanden. Nach HAEMPL (1930) sank der Sauerstoff-Gehalt in der Tiefe des Mondsees vor der Eutrophierungsphase über viele Jahre nicht unter 79 %. Erst in den Jahren 1959-1962 wurden nur noch 45 % Sauerstoff-Sättigung über Grund gemessen (FINDENEGG 1969).

Eine deutliche Zunahme der Primärproduktion war schon 1965 zu erkennen. Im Sommer 1968 trat die erste Algenblüte (*Tabellaria* und *Ceratium*) auf, der im Herbst eine *Oscillatoria*-Blüte folgte. Danach kam es fast jedes Jahr zu einer Massenentwicklung der Burgunderblutalge (FINDENEGG 1973). Im Herbst 1970 trat vor der Zirkulation bereits völliger Sauerstoff-Schwund in 60 m Tiefe auf (SCHULTZ 1971). Von 1978 - 1981 wurden die bisher höchsten Sauerstoff-Übersättigungen in der obersten Schicht festgestellt (1978: 190 %; 1979: 173 %; 1980: 158 %; 1981: 156 %). Des Weiteren waren zur gleichen Zeit auch die Gehalte von Ammonium- und Nitrat-Stickstoff und von Phosphor deutlich erhöht.

Nach den Ergebnissen des Österreichischen Eutrophierungs-Programmes 1979-1982 verfügte der Mondsee über ein Phosphor Rückhaltevermögen zwischen 49 - 65 % (Ministerium Gesundheit / Umweltschutz und Wissenschaft / Forschung 1983), wobei die errechnete Jahresfracht zwischen 16 t P/a und 26 t P/a im Untersuchungszeitraum schwankte.

Der ehemals oligotrophe See entwickelte sich zu einem eutrophen Gewässer. Anstrengungen wurden unternommen, um dieser Entwicklung entgegenzuwirken. Der Bau einer Ringkanalisation in den Gemeinden um den Mondsee sowie der Anstieg des Anschlussgrades an die Kläranlagen zeigten schließlich ihre Wirkung. Die Volums gewichteten Jahresmittel des Gesamt-Phosphors im Zeitraum 1985-2000 lagen wieder im oligotrophen Bereich (GASSNER et al. 2006). Ein erneuter temporärer Anstieg der Phosphor-Konzentration anfangs der 2000er Jahre machte allerdings deutlich, dass die Gewässergüte des Mondsees unvorhergesehenen Schwankungen unterlegen ist. Der zeitliche Ablauf der Reoligotrophierungsphase ist mit einer Reihe von wissenschaftlichen Artikeln und Gutachten dokumentiert. (MÜLLER & WERTH 1982, JAGSCH 1982, JAGSCH & DOKULIL 1989, DOKULIL & JAGSCH 1992, SCHARZ 1979, 1980, 1997, SCHWARZ & JAGSCH 1998, GASSNER et. al. 2002, DIEPOLDER & RASCHBAUER 2007, STRAUSS & STAUDINGER 2007, LUGER 2012)

Der ökologische Zustand des Mondsees von 2007-2012 lag im Grenzbereich zwischen gutem und mäßigem Zustand (SCHAY et al. 2010, WIMMER & SCHAY 2014). Auch der Trophie-Zustand nach ÖNORM M 6231 bewegte sich im Grenzbereich zwischen oligotroph-mesotroph und mesotroph (WIMMER & SCHAY 2014).

Seit 2007 wird der Mondsee im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung, kurz GZÜV, untersucht. In den Jahren 2007-2009 wurde dieser jeweils viermal jährlich beprobt. Aufgrund der damaligen Gesamtzustandsklasse „mäßig“ wurde das

Untersuchungsintervall verdichtet und seitdem zwölfmal jährlich untersucht. Im Jahr 2015 wurde stichprobenartig nach 24 verschiedenen Sonderpestiziden gesucht (GZÜV). Alle Parameter blieben unter der Nachweisgrenze.

Zusätzlich wird der Mondsee durch das Amtliche Seennetz fünfmal jährlich und seit 2013 sogar an zwei Stellen beprobt, einmal am tiefsten Punkt in der südlichen Bucht und einmal in der Mondseer Bucht. Da es sich im Falle des Mondsees um ein hoch frequentiertes Badegewässer handelt, werden drei Badestellen nach der EU-Badegewässerverordnung auf bakteriologische Belastung und Badetauglichkeit geprüft.

Der Mondsee hat, vermutlich seit der Zeit der Pfahlbauten, speziell auf Seesaiblinge ausgerichtet, eine lange Fischereitradition. Nach LUGER (2012) wurden bis zum Beginn der 1960er Jahre jährlich 4 – 5 t Seesaibling ausgefangen (Abbildung 1).

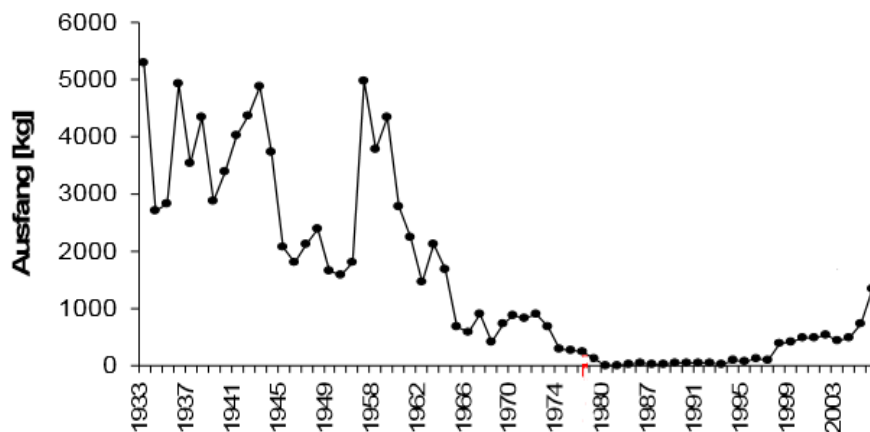


Abbildung 1 Seesaibling Ausfang 1930-2007 (Fischereirevier Mondsee)

Aktuelle Untersuchungen mittels Echolot ergaben für die Fischbestands-Erhebung von 2016 eine mittlere Fischbiomasse von 134 kg/ha und waren damit höher als im Vorjahr (Mittelwert 2015: 116 kg/ha). Im Wesentlichen entsprach die aktuelle Gesamt-Fischbiomasse dem erwarteten Bereich und lag innerhalb der bisherigen Schwankungsbreite. Die seit einigen Jahren relativ stabilen Biomassewerte von 110 - 150 kg/ha spiegeln augenscheinlich in etwa das Potential für den Mondsee mit seinem aktuellen Nährstoffniveau. Insgesamt entspricht die Längen-Gewichtsverteilung den Erwartungen zum spezifischen Seentypus (Elritzensee). Im Vergleich zu anderen österreichischen Seen des gleichen Typs (mittlere Biomasse etwa 100 kg/ha) hat der Mondsee aktuell eine hohe Fischbiomasse (Klimastudie Mondsee, BAW Zwischenbericht 2016).

Es wurde abgeschätzt wieviel Phosphor durch Berufs- und Angelfischerei aus dem See entnommen wird. Da der Bestand relativ stabil bleibt wird davon ausgegangen, dass in etwa der jährliche Zuwachs von 10 – 15 %, das entspricht 13 - 20 t/a, geerntet wird. Mit der entnommenen Fisch Biomasse werden auch 2 - 3 g P/kg entnommen [<http://www.vitalstofflexikon.de/Min-eralstoffe/Phosphor-/Lebensmittel.html>].

Aufgrund des Vorkommens von Seelaube und Perlfisch, welche nur in wenigen europäischen Seen vorkommen, wurde das Attersee- Mondseegebiet als Europaschutzgebiet Natura 2000 ausgewiesen. Diese, und auch weitere in der FFH-RL genannten Fisch- und Pflanzenarten, stellen ein wichtiges Schutzgut der Region dar.

Zudem spielt auch der Klimawandel, eine nicht unbedeutende Rolle (Abbildung 2). Jahresmitteltemperaturen, speziell im Epilimnion zeigen einen Anstieg um ~2 °C von 1991-2009. Genaueres dazu folgt in Kapitel 3.2.

Temperaturen Mondsee 1991-2009

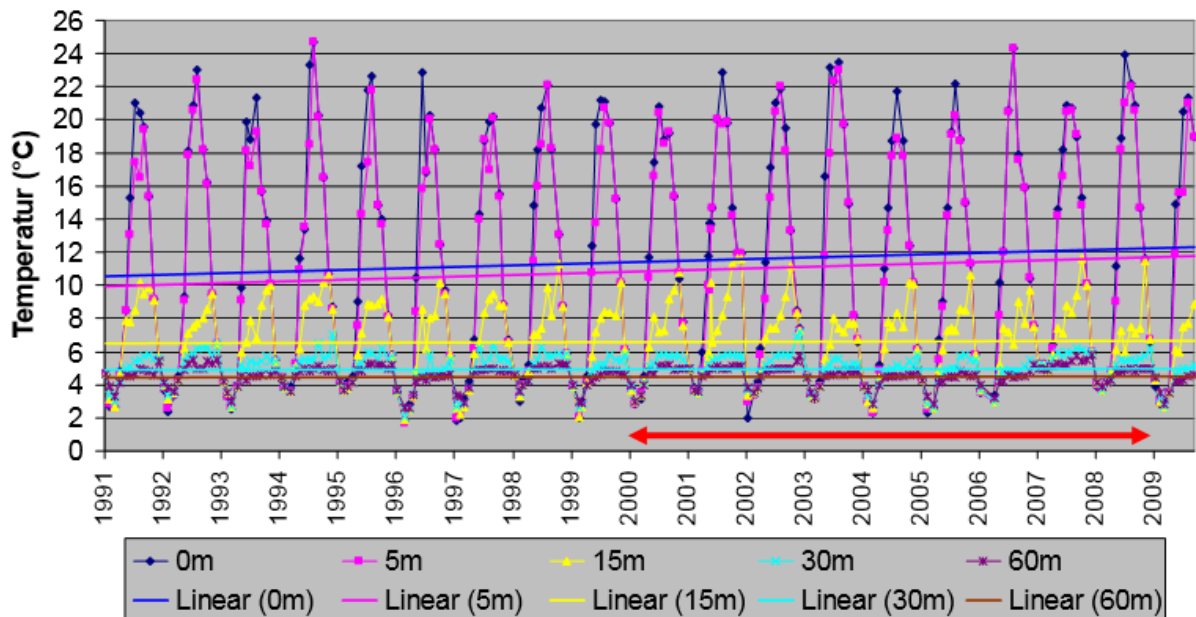


Abbildung 2 Temperaturentwicklung 1991-2009 (LUGER 2012)

Die Untersuchungen von STROBL (2007) ergaben, dass die Einschwemmung von Nährstoffen stark von den Wetterbedingungen abhängig ist. Bei Regen kommt der Hauptteil der Nährstoffe durch Abschwemmungen aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen. In den Trockenperioden sind die Frachten, welche in den Mondsee eingebracht werden, um einen Faktor 100 bei Phosphor und um einen Faktor 25 bei Nitrat, niedriger als bei Regen. Dadurch fallen beim Gesamtjahres-Eintrag die Regenereignisse und somit die Einträge aus der Landwirtschaft stärker ins Gewicht.

2.3. Hydrologie & Kenngrößen

Regionale Zuordnung	
Ökoregion	Alpen
Bioregion	Flysch im Osten, Molasse im Nord & West, Kalkvoralpen im Süd
Planungsraum	Donau unterhalb Jochenstein
Beschreibung des Naturraumes	
Seehöhe [m.ü.A.]	481 m.ü.A.
Länge	9,1 km
Max. Breite	2,3 km
Seefläche	13,78 km ²
Wasservolumen	510 Mio. m ³
Uferlänge	25,7 km
Max. Tiefe	68 m
Mittlere Tiefe	36 m
Entstehungsart	Ausräumungssee durch Traun-Gletscher
Naturschutzgebiet	Mündungsbereich Fuschler Ache
Anteil verbauter oder beeinträchtigter Uferlinie	~82%
Hydrologie	
MQ Seeache	9,3 m ³ /s
Wasser-Erneuerungszeit	1,7 Jahre
Einzugsgebietsfläche	247,2 km ²
Mittlere Niederschlagshöhe im EZG	1550 mm/a
Abflussregime	Pluvio Nival – Winterstark; Maximum im Doppelmonat März & April, Jänner, August; Hauptminimum im Herbst
Zusätzliche Seen im EZG	Fuschl See, Zeller See,
Große Zubringer	Fuschler Ache, Wangauer Ache, Zeller Ache
Wasserstands-Regulierung Mondsee	Klauswehr
Flussordnungszahl Zufluss	4
Flussordnungszahl Abfluss	5
Oberflächengewässer Messstellen im EZG (Ort/Gewässer/HZB)	
Durchfluss-Pegel	Mondsee/Armaturenwerk/Zeller Ache/205278
	Hof bei Salzburg, Fuschler Ache/203661
	St. Lorenz, Fuschler Ache/205294
	See am Mondsee/Seeache/206185
Wasserstands-Pegel	See am Mondsee/205302
Wassertemperatur	Zell am Moos/Irrsee/205260
	Mondsee/Mondsee/205286
Niederschlags-Messstelle	Oberwang/105700
	Scharfling/Mondsee/105379
	Thalgau/Fuschler Ache/115022
	Fuschl/Fuschlsee/105353

Detail Einzugsgebiete	
Fuschler Ache Einzugsgebietsfläche	109,0 km ² (~44,1 %)
Kartierte Länge Fuschler Ache	27,15 km
MQ1961-2014	3,84 m ³ /s (Pegel St. Lorenz)
Wangauer Ache Einzugsgebietsfläche	34,6 km ² (~14,0 %)
Kartierte Länge Wangauer Ache	12,45 km
MQ2016	1,05 m ³ /s (Pegel Loibichl)
Zeller Ache Einzugsgebietsfläche	37,0 km ² (~15,0 %)
Kartierte Länge Zeller Ache	7,5 km
MQ1961-2014	1,30 m ³ /s (Pegel Armaturenwerk)
Geologie	
Geologie Einzugsgebiet	Nördlich: Flyschzone – Ost West - tektonische Störung– Südlich: Nördliche Kalkalpen
Geologie Seenbecken	Flysch
Seentyp	Trogtalsee
Entstehung	natürlich
Aquifertypen im EZG	Poren-, Kluft- und Karstgrundwasserleiter mit lokalen und begrenzten Grundwasservorkommen

Tabelle 1 Allgemeine Überblicksdaten Mondsee

Die hier zusammengetragenen Daten sind dem Seenatlas, dem Hydrographischen Jahrbuch 2014, dem Hydrographie Portal eHyd und dem Berichtsgewässernetz entnommen.

2.4. Flächennutzung im Einzugsgebiet

Fuschler Ache Pegel	Gesamt	10.900,6 ha	100%	} 88%
	Forst	672,5 ha	48%	
	Acker, Wiese oder Weide	845,5 ha	40%	
Wangauer Ache	Gesamt	3.485,3 ha	100%	} 93%
	Forst	1.916,9 ha	55%	
	Acker, Wiese oder Weide	1.326,5 ha	38%	
Zeller Ache	Gesamt	3.771,8 ha	100%	} 91%
	Forst	1.083,9 ha	29%	
	Acker, Wiese oder Weide	2.346,1 ha	62%	

Tabelle 2 Relevante Flächennutzung im Einzugsgebiet

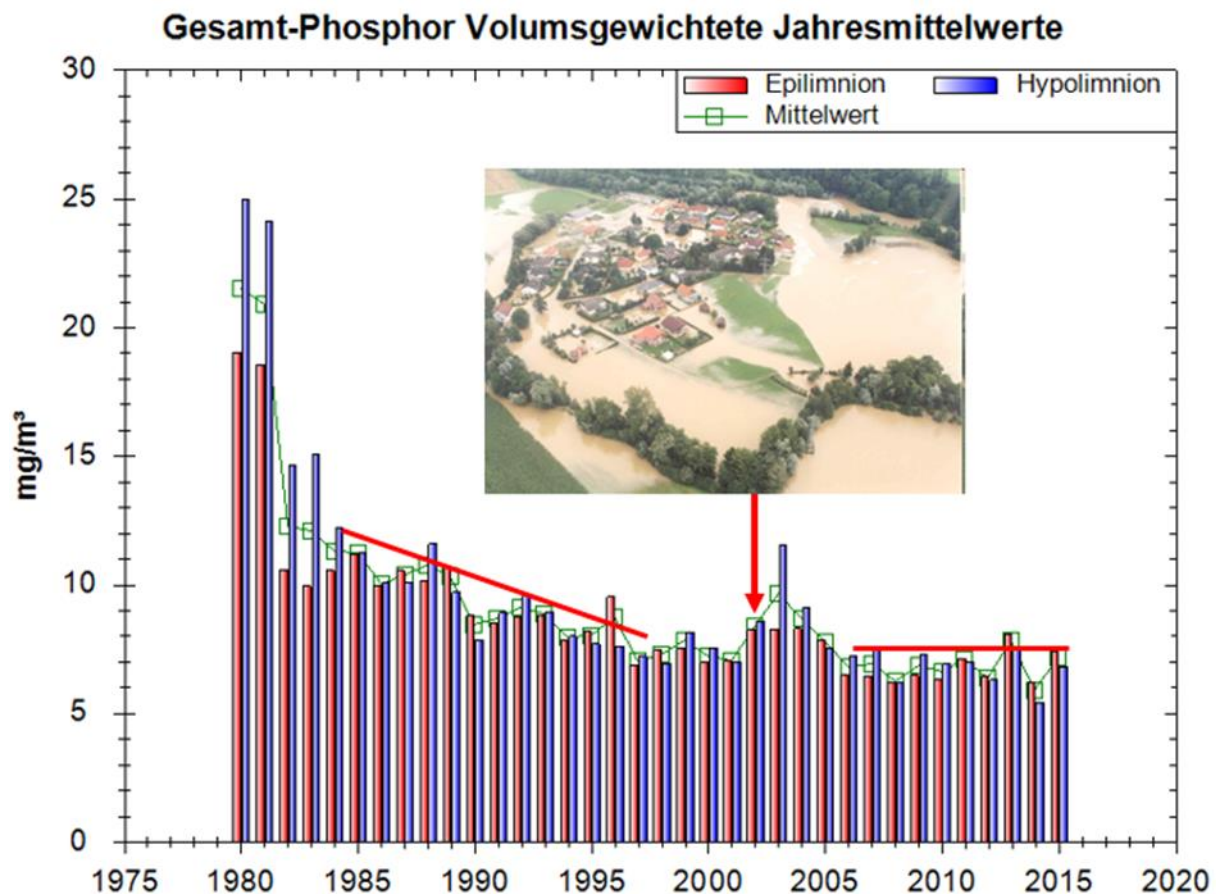
Die Landnutzung im EZG (Einzugsgebiet) besteht überwiegend aus Weidewirtschaft und extensiv bewirtschafteten Waldflächen. (Lebensministerium 2005)

Die Viehwirtschaftliche Bewirtschaftungsintensität ist zumeist geringer als 1,4 GVE und somit im europäischen Durchschnitt eher im unteren Bereich angesiedelt (BOHNER & SCHINK 2007).

3. Situation im Einzugsgebiet

3.1. Phosphor-Situation

Seit der Realisierung einiger Sanierungsmaßnahmen hat sich der Zustand des Mondsees stetig verbessert. Trotzdem bringen Schwankungen im Klassengrenzbereich der Gewässergüte den See in Gefahr den guten ökologischen Zustand wieder zu verlieren. Phosphor ist in der Regel der begrenzende Wachstumsfaktor für das Algenwachstum. Eine Erhöhung der Phosphor-Konzentration führt zu Intensitätssteigerungen der Primärproduktion. Grundsätzlich kann Phosphor als Gesamtphosphor P_{Ges} oder als gelöstes Orthophosphat $PO_4\text{-P}$ gemessen werden. Planktonalgen sind jedoch im Stande die gelöste Form sofort aufzunehmen und anzureichern, darum sind die Konzentrationen in der euphotischen (lichtdurchfluteten) Zone kaum nachweisbar. (GASSNER 2004)



Einerseits ist er für die Ertragsfähigkeit von Fischgewässer entscheidend, andererseits führt jedes Überangebot rasch zu einer Eutrophierung in Gewässern. Theoretisch können aus 1 kg wasserlöslichem Phosphat bis zu 1.000 kg Algen Frischsubstanz, was ca. 100 kg Algen Trockenmasse entspricht, gebildet werden. Der Abbau dieser Algen benötigt etwa 110 kg hypolimnischen Sauerstoff, was dem gelösten Sauerstoffgehalt bis zu 10.000 m³ Wasser bei einer Temperatur von 10 °C entspricht (GALLER 2014). Nährstoffe generell werden, entweder durch natürliche oder durch anthropogen beeinflusste Vorgänge, in gelöster und/oder partikulärer Form in den Wasserkörper eingebracht. Die partikulären Einträge lagern sich je nach Korngröße früher oder später ab

und die gelösten verteilen sich mit der vorherrschenden Strömungen über den Wasserkörper. Diese gelösten Stoffe sind nicht inert und reagieren je nach Temperatur, Druck und Sauerstoff-Gehalt mit den Seesedimenten. Findet sich ein saures Milieu vor, reagiert Phosphor mit Eisen bzw. Aluminium, wohingegen in basischem Milieu mit Calcium reagiert wird.

Das Produkt ist ein Feststoff, welcher in der Wassersäule absinkt und sich im Sediment ablagert. Im gebundenen Zustand ist der Phosphor nur über Sedimentproben nachweisbar. Somit ist es für ein Monitoring-Programm, in dem Wasserproben auf chemische Bestandteile untersucht werden, nicht mehr nachweisbar. Diese Ausfällung ist natürlich auch in die gegengesetzte Richtung möglich. Speziell unter anaeroben Bedingungen im Bereich des Seegrunds, kann sich Phosphor rücklösen und verteilt sich bei Durchmischung wieder über den gesamten Wasserkörper. Die Wechselwirkung zwischen Sauerstoffarmut und im See gefangenem Phosphor ist für den Lebensraum also von höchster Relevanz.

Um dieser „Phosphorfalle“ entgegenzuwirken, musste zu Beginn der Ursprung der übermäßigen Nährstoff-Befruchtung gefunden werden, damit man diesen anschließend sukzessive reduzieren kann. Es bestand die Notwendigkeit der räumlichen Eingrenzung diffuser Phosphor-Quellen sowie die Dokumentation sonstiger Einflüsse vor Ort und die Berechnung der Phosphor-Befruchtung in den Mondsee. Dazu vergab der Gewässerschutz Oberösterreich eine Studie zur Identifizierung der Haupteintragspfade (Abbildung 5) an (WPA 2015).



Abbildung 4 Lokale Einflüsse; links a: Drainage; rechts b: Risikofläche & Erosionsherd

Durch Begehung wurden lokale Einflüsse aufgenommen, um sekundäre Abflusswege, Barrieren und Durchlässe zu identifizieren sowie Hinweise auf Erosionsherde fest zu stellen. Um Nährstoff-Einträge effektiv zu reduzieren, ist der Fokus auf die Emissionsquellen zu setzen, welche einerseits lokal im Bereich von Risikoherden und andererseits sind Maßnahmen für das gesamte Einzugsgebiet zu veranschlagen.

Auf Grundlage dieser Daten konnte mit den Nährstoffbilanzmodellen MONERIS und PhosFate berechnet werden, dass im Einzugsgebiet der Fuschler Ache 57 % der Phosphor-Befruchtung aus Bodenerosionsprozessen stammen (Abbildung 5). Deren Verfrachtung findet über den Oberflächenabfluss in Gewässer bzw. über Drainagen (etwa 40 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche werden als drainiert angesehen) in den Mondsee statt. (WPA 2015)

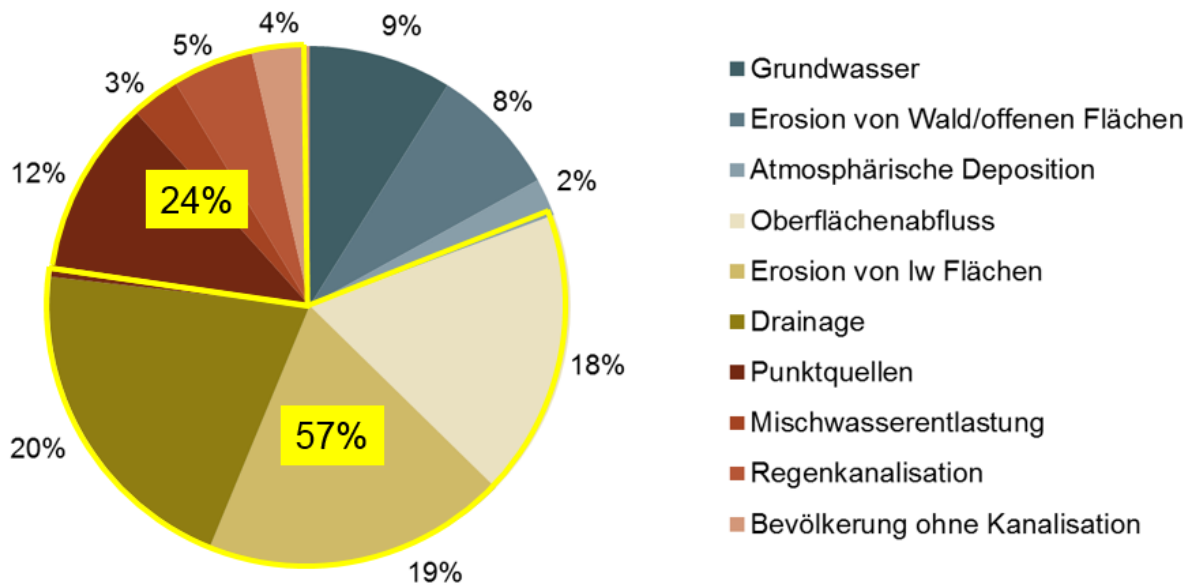


Abbildung 5 Verteilung der P-Emissionen aus Eintragspfaden ausschließlich über die Fuschler Ache

Aufgrund der Berechnungen in Abbildung 5, bestätigte sich die Vermutung, dass die intensive **Grünlandwirtschaft** mit der Viehdichte den überwiegenden Anteil an der Nährstoffbefruchtung verursacht. Das Problem besteht nicht nur in der aufgebrauchten Düngemenge, sondern auch am Ausbringungs-Zeitpunkt und am beschleunigten Abtransport durch Drainagen. Der Dünger wird häufig vor angekündigtem Niederschlag bzw. vor der Schneeschmelze ausgebracht, was häufig dazu führt, dass er abgeschwemmt wird, bevor er sich an Bodenpartikel binden kann.

Die Emissionen durch Abschwemmung können, unter Einhaltung eines ausreichenden zeitlichen Abstands zu Starkregenereignissen, auf 40 % reduziert werden. Die Ausbringung über flaches Einschlitzen der Gülle reduziert ebenfalls den Phosphor Austrag um 60 % gegenüber der Ausbringung mit dem Prallteller. (WPA 2015)

Ebenso ist der örtliche Begrenzung der Ausbringung von wesentlicher Bedeutung. Der, laut Aktionsprogramm Nitrat, vorgegebene Abstand zwischen Düngefläche und Gewässern bzw. offenen Entwässerungsgräben ist genau geregelt und soll eingehalten werden. Die Bezirkshauptmannschaften musste wiederholt Uneinsichtige konsequent strafen.

Der, unmittelbar in den Mondsee einleitende, **Reinhalteverband Mondsee-Irrsee** (Abbildung 6 roter Punkt) hat mittlerweile bei 25.360 EW einen Anschlussgrad von 93 % (2016). Das Versorgungsgebiet umfasst, abgesehen von Teilen der Fuschler Ache, beinahe das gesamte Mondsee-EZG (Abbildung 6). Aufgrund des speziellen „Vorfluters“ wurde der Gesamt-Phosphor Ablaufgrenzwert seit Juni 2015 behördlich von 0,50 mg/l auf 0,35 mg/l reduziert.

Im Zeitraum von 1996-2002 variierte die absolute Phosphorfracht der Kläranlage von 650 bis 800 kg P_{Ges}/a. Im Vergleich zu den großen Zubringern dürfte der Anteil der Kläranlage in diesem Zeitraum nur sehr unwesentlich zu der beobachteten Verschlechterung des limnologischen Zustandes des Mondsees beigetragen haben. (GASSNER & JAGSCH 2004)

Das eingeleitete Abwasser verteilt sich im See nach vorherrschender Strömung bzw. Hauptwindrichtung. Erhöhte Werte konnten hauptsächlich in Nord-West- oder Ostrichtung ausgehend von der Einleitung, welche sich in 9 m Tiefe mittig in der Mondsee-Bucht befindet, festgestellt werden. Die Konzentrationsunterschiede zwischen beein-

flussten und nicht beeinflussten Stellen waren jedoch nicht sehr hoch. In den verschiedenen Tiefenstufen oberhalb der Sprungschicht konnten geringfügige Konzentrationsunterschiede festgestellt werden, diese sind statisch jedoch nicht signifikant. (GASSNER et. al. 2005)

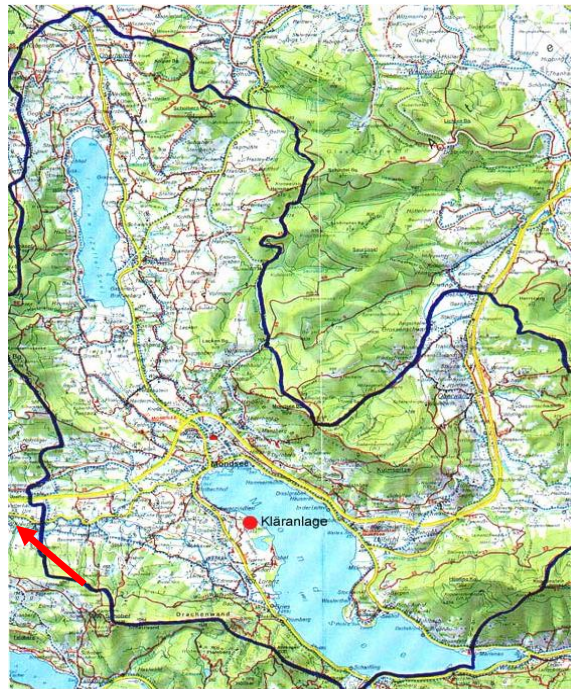


Abbildung 6 Versorgungsgebiet RHV Mondsee-Irrsee (roter Punkt);
(Quelle: Website Reinhalteverband Mondsee-Irrsee; Abrufzeitraum 25.06.2018 14:00)

Seitens des **Reinhalteverband Fuschlsee-Thalgau** (Abbildung 6 roter Pfeil) besteht, aufgrund wirtschaftlicher Kapazitäten, kaum die Möglichkeit der weiteren Reduktion des P-Eintrags (derzeitiger Konsens 0,4 mg/l). Aufgrund der vorhandenen Selbstreinigungsstrecke, im Verhältnis geringer Ablaufmengen und –konzentrationen wird nicht davon ausgegangen, dass dadurch nennenswerte Mengen an Phosphor in den See gelangen. Es wurden Maßnahmen am Kanalnetz vorangetrieben und Kleinkläranlagen verstärkt an den Stand der Technik angepasst. Das Gebiet Thalgau-Keuschen-Hof soll als sensibles Gebiet ausgewiesen werden.

Ein weiterer Punkt bezüglich der Nährstoff-Situation des Mondsees sind anthropogene Eingriffe im Einzugsgebiet. Einer der prägendsten davon war der Bau der **Autobahn**. Rückstände durch die Bauzeit sind im Sediment durch Bohrkern sehr gut ersichtlich (Abbildung 7).

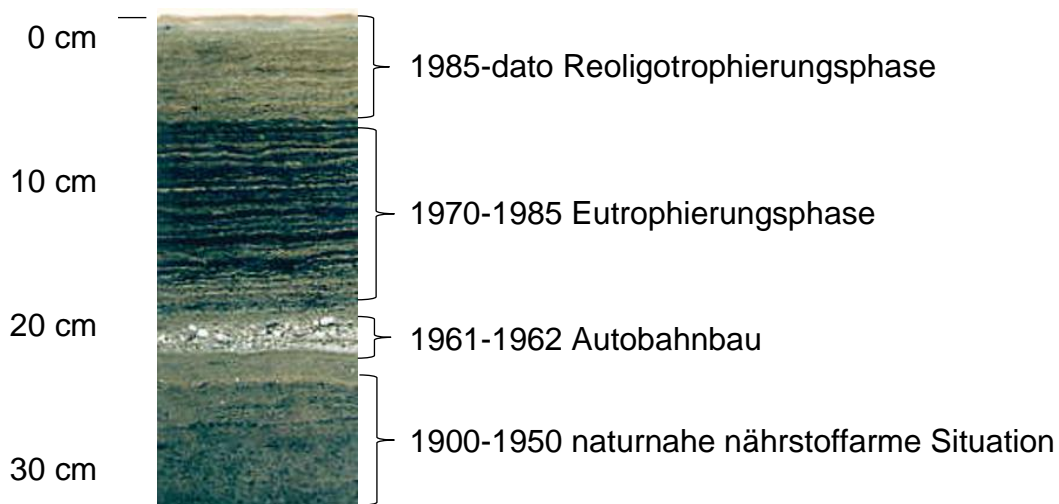


Abbildung 7 Sediment-Kern Eutrophierungsgeschichte (LUGER 2012)

Die zwei unmittelbar an den Mondsee angrenzenden **Golfplätze** wurden gesondert betrachtet. Trotz der intensiven Düngung der Golfplätze konnten keine direkten, relevanten Nährstoff-Einträge in den See nachgewiesen werden, weil das Wasser größtenteils im Kreislauf geführt wird. Allerdings zeigt die Flächenbilanz einen klaren Phosphor-Überschuss, was zu gesättigten Böden führt, welche letztendlich auch Phosphor bei Extremereignissen abgeben könnten (ÜBLEIS 2015).

Parkplätze und undichte Kanäle sind weitere mögliche Eintragsquellen. Dazu wurden jedoch keine Daten erhoben.

Im Gegensatz zu den **atmosphärischen Einträgen** von Stickstoff, die aufgrund ihrer negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Ökosysteme kontinuierlich beobachtet werden, sind die Quellen für atmosphärische Phosphor-Einträge kaum bekannt. Es wird angenommen, dass sie vorrangig in Form von Partikeln eingetragen werden. Beispiele für diesen partikulären Eintrag sind Pollen, Stäube aus der Düngemittel-Produktion oder Verbrennungsprozessen. Auch bei der Winderosion auf freien Ackerflächen oder Rodungsschneisen gelangt Phosphorhaltiges Material in die Luft und kann so in Gewässer eingetragen werden. Bislang gibt es nur Abschätzungen über die Menge, die auf diesem Wege eingebracht wird. Danach gelangen z.B. in die Ostsee etwa 5,5 % auf dem Weg über die Atmosphäre dorthin [<http://www.chemie.de/news/154448/vom-winde-verweht-neues-projekt-untersucht-atmosphärische-phosphor-eintraege-in-die-ostsee.html>].

In der Jahresbilanz wurde ein Phosphor-Eintrag von 12 – 16 t P/a aus dem gesamten Mondsee-Einzugsgebiet errechnet, wobei der Eintrag der Fuschler Ache bei 7 t P_{Ges}/a veranschlagt wurde. (WPA 2015)

Wieviel Phosphor tatsächlich in den Mondsee eingetragen wird, konnte noch nicht genau beantwortet werden. Aus diesem Grund wurde mit dem Aufbau dieses Untersuchungsprogramm versucht, eine möglichst vollständige Phosphor-Bilanz zu erstellen. Die Nährstoff-Situation muss auf Forderung des Ministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus bundesländerübergreifend betrachtet werden. Die AMA kündigte an, dass es bei Nichtbeachtung der Regeln zu Kürzungen von Förderungen kommen kann. Landwirtschaft und Gewässerschutz formulierten im Rahmen diverser Veranstaltungen das gemeinsame Ziel: „Die Nährstoffe müssen bei den Pflanzen und nicht im See ankommen“. Wichtig ist die Sensibilisierung der Bevölkerung durch Beratungsstellen. Die Bodenerosion von landwirtschaftlichen Böden, Waldgebieten und abgeholzte bzw. offene Flächen wird ebenso als maßgebender Faktor betrachtet.

3.2. Temperaturentwicklung im Mondsee

Die nachfolgenden Darstellungen stammen aus der Langzeit-Klimastudie, Teil Mondsee (LUGER 2012, LUGER & DOPPELBAUER 2017, Zwischenbericht 2016, Bundesamt für Wasserwirtschaft in Scharfling und FICKER et al. (2017).

Mit dem Start der Klimastudie unter der Leitung des BAW im Jahre 2010 wurden Messbojen mit Temperatur-Dataloggern für eine hochauflösende Temperatur-Aufzeichnung installiert. Die Logger speichern stündlich die Wassertemperatur in unterschiedlichen Tiefenstufen von der Oberflächen bis zum Grund und werden in regelmäßigen Zeitabständen ausgelesen. Zusätzlich werden die Lufttemperatur sowie die Wassertemperatur in den Hauptzubringern, Fuschler-, Wangauer-, und Zeller Ache gemessen, um detaillierte Aufzeichnungen über die limnologischen Prozesse wie Durchmischungsphasen, Schichtungsdauer, Tiefe der Sprungschicht etc. zu dokumentieren und etwaige Veränderungen festzustellen.

Der Vergleich der nun bereits sieben Jahre umfassenden Datenreihe (2010-2016) der Mondsee Klimastudie zeigt sowohl klare Parallelen als auch deutliche Unterschiede zwischen den Jahren.

Situation 2016

Zu Jahresbeginn 2016 lag die Oberflächentemperatur neuerlich über jener der Vorjahre. Die Wassertemperatur sank nicht unter 4 °C und es gab folglich keine Eisbedeckung. Der Temperaturengleich in der gesamten Wassersäule wurde etwa Mitte Jänner erreicht. Ende März begann die Erwärmung des Oberflächenwassers, welche in der Folge wie üblich mehrfach von Schlechtwetterphasen unterbrochen wurde. Im April waren Auswirkungen davon noch in größeren Tiefen zu verzeichnen, danach war der See stabil geschichtet und es gab keine tieferreichenden Effekte mehr. Die Oberflächentemperatur erreichte am 11.Juli.2016 einen maximalen Tagesmittelwert von 24,2 °C Der höchste gemessene Stundenwert an diesem Tag lag bei 28,2 °C, womit er mit jenem aus dem Vorjahr vergleichbar ist. Der höchste Tagesmittelwert aus 2015 (26,1 °C) wurde jedoch 2016 nicht erreicht. Die Ausdehnung der sommerlichen Oberflächenwassererwärmung war bis 3 m Tiefe gleich dem Vorjahr, darunter etwas geringer. Die Erwärmung über 20 °C reichte neuerlich bis 6 m Tiefe, war jedoch mit wenigen Tagen deutlich kürzer als 2015 (36 Tage) und lag wieder im Bereich der Jahre davor. Die alljährliche, kontinuierliche Abkühlung des Oberflächenwassers setzte im September ein. Die vollständige Zirkulation bis zum Grund fand sehr wahrscheinlich gegen Jahresende statt.

Vergleich der Jahre

Die gesamte Wassersäule wurde für den Vergleich in die drei limnologisch relevanten Zonen eines Sees aufgeteilt: Epilimnion (Oberflächenwasser, 0 - 6 m), Metalimnion (Bereich der Sprungschicht, 6 - 12 m) und Hypolimnion (Tiefenwasser, 12 - 65 m). Zu Beginn jedes Jahres zeigte sich bis in den März hinein eine relativ gleichförmige Abnahme der Temperaturen über die gesamte Wassersäule, wobei 2016 im Vergleich etwa auf dem Niveau des Vorjahres startete, dann aber eine geringere Abkühlung zeigte als 2015. Ende März setzte meistens die Erwärmung des Sees ein und abhängig von der Witterung begann diese aktuell etwas später als im Jahr 2014 aber früher als 2015. Bis etwa Mitte/Ende April gab es im Epilimnion deutliche Unterschiede zwischen den Jahren, danach (Ausnahme Hochwasser Juni 2013) war die Temperaturentwicklung bis zum Sommer vergleichbar. Von Anfang Juli bis Mitte August zeigte

sich phasenweise eine relativ breite Streuung der Oberflächentemperaturen zwischen den Jahren, beeinflusst meist von der Großwetterlage. Das Jahr 2016 war im Hochsommer gekennzeichnet von durchschnittlichen Oberflächentemperaturen aber von der bisher längsten Ausdehnung der Erwärmung über 20 °C. Mit Ausnahme von 2014 (früher Start) verlief die Abkühlung des Oberflächenwassers ab Ende September sehr vergleichbar zwischen den Jahren ab. Im November und Dezember war diese 2014 und 2015 deutlich verzögert (an korrespondierenden Terminen um bis zu 2 °C wärmer als sonst), in allen anderen Jahren überraschend ähnlich. Im darunterliegenden, ab der Erwärmung klar abgegrenzten Metalimnion verlief die Temperaturentwicklung über weite Strecken ebenfalls vergleichbar aber zeitversetzt und mit einer relativ konstanten Spreizung von 2 – 4 °C. Deutlich unterschiedlich zu den anderen Jahren war hier 2013, das durch die bisher am spätesten einsetzende Erwärmung und die Auswirkungen des Hochwassers markant kühler war. Das Jahr 2016 zeigte in dieser Tiefe wie an der Oberfläche die bisher geringste Abkühlung im Februar, danach einen durchschnittlichen Verlauf. Der Zeitpunkt der maximalen Temperatur im Metalimnion lag immer im September, jedoch mit mehr als 2 °C Unterschied. Der Temperaturengleich zwischen Epi- und Metalimnion fand jeweils im November statt, wo offensichtlich unabhängig von der Vorperiode durch eine wiederkehrend sehr gleichförmige Abkühlung jedes Jahr ähnliche Verhältnisse herrschten (Temperaturengleich von 0 – 12 m bei etwa 10 – 12 °C). Die Abkühlung der gesamten Wassersäule auf ein homogenes Temperaturenniveau (etwa 4 - 6°C) fand in allen Jahren im Dezember statt, aber das vermutliche Einsetzen der vollständigen Durchmischung verschiebt sich zum Teil um mehrere Wochen (Abbildung 8). Im weitgehend isolierten Hypolimnion blieb die gleichförmige Temperaturentwicklung mit geringer Varianz (etwa 1°C) während der gesamten Stagnationsphase aufrecht. Die letzten drei Jahre waren ähnlich und zeigten eine geringfügig höhere Tiefenwassertemperatur während des Sommers als die ersten Jahre. Die Tiefenwassertemperatur hing vom Zeitpunkt der Schichtung und der davor herrschenden Temperaturen ab. Die Daten der kommenden Jahre werden die Ableitung von Trends und Schwankungsbreiten weiter verbessern.

Mondsee 2016 Tagesmittelwerte

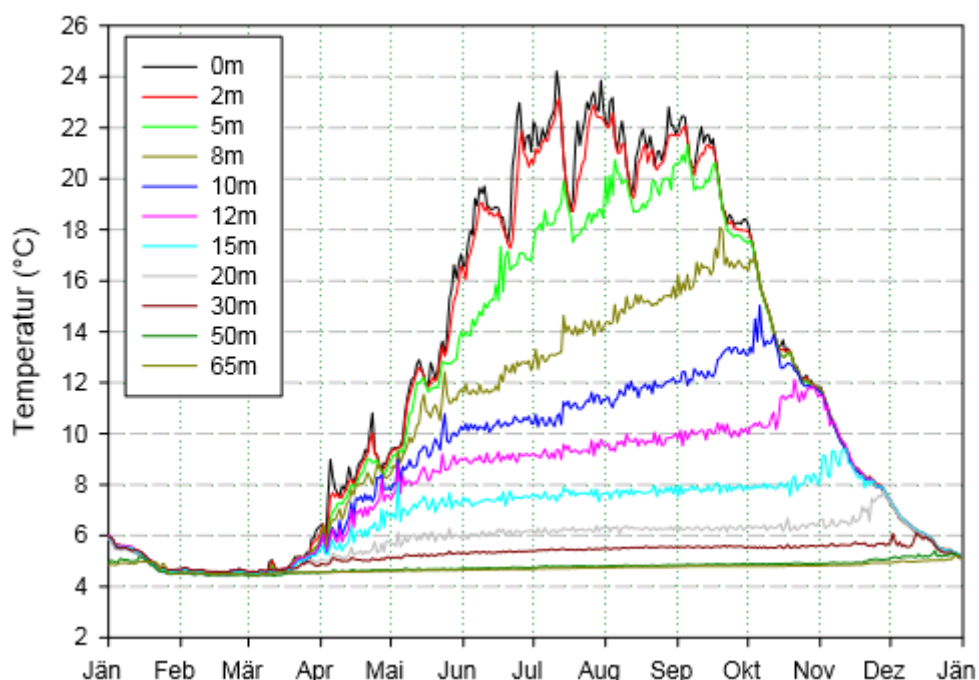


Abbildung 8 Vergleich der Tagesmittel-Temperatur 2016

4. Gewässerzustandsbewertung

4.1. Mondsee

Gemäß Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) wird der Mondsee monatlich an der tiefsten Stelle seit 2007, als auch im Rahmen des Amtlichen Seennetznetzes (ASM) an 5 Terminen im Jahr seit 2014, jeweils an der tiefsten Stelle und in der Mondseer Bucht, untersucht.

Entwicklung des Gesamt-EQR im Jahresmittel seit 2007 für alle Oberösterreichischen GZÜV-Seen											
Jahr	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Attersee	0,91	0,86	0,86	0,84	0,87	0,85	0,95	0,99	0,99	0,99	0,96
Hallstätter See	0,74	0,80	0,63	0,79	0,79	0,78	0,91	0,99	0,91	0,87	0,92
Irrsee	0,88	0,90	0,87	0,94	0,91	0,89	0,89	0,96	0,96	0,96	0,94
Mondsee	0,54	0,59	0,66	0,53	0,57	0,64	0,70	0,82	0,70	0,70	0,74
Traunsee	0,62	0,72	0,77	0,59	0,78	0,82	0,99	0,93	0,88	0,78	0,87

Tabelle 3 Entwicklung des Gesamt-EQR aller Oberösterreichischen GZÜV-Seen (nach JERSABEK 2018b; blau = sehr gut; grün = gut; gelb = mäßig)

Der ökologische Grundzustand war oligotroph (Trophistufe I), was einem Gewässer mit wenigen Nährstoffen und geringer organischer Produktion entspricht. Im Zeitraum 2007 – 2011 wies der Mondsee zumeist einen „mäßigen“ ökologischen Zustand auf (2009 ein guter Gesamt-EQR von 0,66, ansonsten mäßige Indices 0,53 - 0,59). In den Jahren 2012 und 2013 folgte eine Verbesserung auf „gute“ Verhältnisse und eine weitere Verbesserung im Jahr 2014 auf „Sehr gut“. 2015 bis 2017 ließen sich wieder „gute“ ökologische Zustände feststellen (Gesamt-EQR von 0,70 - 0,74). Die Drei-Jahresmittel-Werte von 2013 - 2017 belegten gute Verhältnisse (Tabelle 3).

Der Vergleich der Ergebnisse der GZÜV-Studien mit denjenigen der ASM-Studien (tiefste Stelle und Mondseer Bucht) weist auf weitgehend konstante Verhältnisse im See hin. In der Mondseer Bucht zeigten die Ergebnisse (Tabelle 4) bei allen 3 Parametern meist etwas ungünstigere Verhältnisse in der Mondseer Bucht als an der tiefsten Stelle, einzig im Jahr 2015 waren die Ergebnisse in der Mondseer Bucht besser oder gleich gut (WIMMER & SCHAY 2014, SCHAFFERER & PFISTER 2014a, b, 2015a, b, 2016a, b, 2017, 2018, JERSABEK 2018a, b).

Jahr	Mondsee	Chlorophyll-a (Jahresmittelwert)		Biovolumen (Jahresmittelwert)		Brettum-Index (Jahreswert)		Gesamt- EQR
		[μgL^{-1}]	nEQR	[$\text{m m}^3\text{L}^{-1}$]	nEQR	Index	nEQR	
2014	Tiefste Stelle	1,66	1,00	0,30	0,92	4,23	0,79	0,87
	Mondseer Bucht	1,84	0,95	0,34	0,87	4,22	0,78	0,85
2015	Tiefste Stelle	3,70	0,64	0,61	0,69	3,98	0,73	0,70
	Mondseer Bucht	2,36	0,81	0,55	0,72	3,99	0,73	0,75
2016	Tiefste Stelle	2,78	0,74	0,43	0,79	3,87	0,71	0,74
	Mondseer Bucht	2,94	0,72	0,50	0,74	3,74	0,68	0,70
2017	Tiefste Stelle	2,54	0,78	0,47	0,76	4,30	0,80	0,79
	Mondseer Bucht	2,70	0,75	0,52	0,73	4,16	0,77	0,76

Bewertung des ökologischen Zustands
norm. EQR gesamt

sehr gut

$\geq 0,80$

gut

0,60-0,79

Tabelle 4 Vergleich der beiden ASM-Stellen im Mondsee (aus SCHAFFERER & PFISTER 2018)

4.2. Zubringer

Bewertung der Mondsee-Achen: Biologisches Untersuchungsprogramm (BUP)

Die drei großen Zubringer zum Mondsee, die Fuschler Ache, die Zeller Ache und die Wangauer Ache, sowie der Abfluss des Mondsees, die Seeache werden seit 2007 im Rahmen des BUP für Fließgewässer in dreijährigem Abstand regelmäßig untersucht (Abbildung 9-Abbildung 10). Die Stationierung der Untersuchungsstrecken bezieht sich auf das offizielle Berichtsgewässernetz. Für mittlerweile vier Untersuchungstermine (2007, 2010, 2013, 2016) liegen typspezifische Bewertungen für die Komponenten Makrozoobenthos und Phytobenthos gemäß QZV Ökologie vor (Tabelle 5).



Abbildung 9 links a: Fuschler Ache Fluss-km 3,3; rechts b: Zeller Ache Fluss-km 68,3



Abbildung 10 links a: Wangauer Ache Fluss-km 0,6; rechts b: Seeache Fluss-km 54,5

Datum	MZB + PHB gesamt Ökologische Zustandsklasse	MZB MMI1	MZB MMI2	MZB SI	MZB Ökol. Zust.Klasse	PHB Saprobie	PHB Trophie	PHB Ref.arten	PHB Ökol. Zust.Klasse
Fuschler Ache BUP Pegel St.Lorenz, Fluss-km 3,3 (Rechtswert 289, Hochwert 299251)									
2.8.2007	gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut
15.9.2010	gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut
29.7.2013	gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut
26.7.2016	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut
Zeller Ache BUP Mondsee, Fluss-km 68,3 (Rechtswert 1035, Hochwert 301417)									
2.8.2007	gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut
15.9.2010	gut	sehr gut	gut	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut
29.7.2013	gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut
26.7.2016	gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut
Wangauer Ache BUP Loibichl, Fluss-km 0.6 (Rechtswert 4933, Hochwert 298824)									
2.8.2007	gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
15.9.2010	gut	gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut
29.7.2013	gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
26.7.2016	gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Seeache BUP Unterach, Fluss-km 54.5 (Rechtswert 11211, Hochwert 295906)									
2.8.2007	gut	-	-	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut
15.9.2010	gut	-	-	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut
29.7.2013	sehr gut	-	-	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut
26.7.2016	sehr gut	-	-	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut

Tabelle 5 Gewässerzustandsbewertung große Mondsee-Zubringer und Seeausrinn.

Alle vier Gewässer befinden sich in der Gesamtbetrachtung der biologischen Qualitätskomponenten im guten Zustand. 2013 und 2016 wird in der Seeache sogar der sehr gute Zustand erreicht. Bezogen auf die Trophie, das Maß für die Nährstoff-Belastung eines Gewässers, liegt die Wangauer Ache durchgehend im sehr guten Zustand. Zeller Ache und Fuschler Ache haben einen guten trophischen Zustand. 2016 wird auch in der Zeller Ache der sehr gute Zustand erreicht. Für die Seeache als Seeausrinn (deswegen kein berechneter MMI1 und MMI2) wurde 2007 und 2010 nur der gute Zustand ausgewiesen, sie erreichte aber ab 2013 wieder den sehr guten trophischen Zustand.

5. Untersuchungsprogramm & Ergebnisse

5.1. Chemisches Zubringer-Monitoring

5.1.1. Methodik & Messstellenübersicht

Bilanzierungen bezüglich Eintrag, Austrag und Stoffhaushalt erfordern repräsentative Häufigkeiten der Probenentnahme in speziellen Untersuchungsprogrammen. Die Wasserproben wurden stets im Mündungsbereich der Zubringer, jedoch außerhalb eventueller Seen-Rückstau, entnommen. Mit der Untersuchung der Zubringer wird die Wasserbeschaffenheit zum Zeitpunkt der Probennahme festgestellt. Dadurch ist es möglich, die Summe der entlang der Fließstrecke punktuell und diffus eingebrachten Nährstoffe kurz vor dem Eintritt in den See methodisch einfach zu erfassen.

Die insgesamt 29 Messstellen (Tabelle 7) sind auf alle dauerhaft wasserführenden Mondseezubringer in Oberösterreich verteilt (Abbildung 11). Beginnend oberhalb vom Mondsee beim Zeller See Seeausrinn bis unterhalb vom Mondsee an der Seeache in Unterach wurden alle relevanten Zubringer herangezogen.

Diese Messstellen wurden so angelegt, dass sie ganzjährig für das Probenahme-Personal gut zugänglich sind und für die Auswertung eine bestmögliche Aussagekraft haben. Das Untersuchungsintervall für chemisch-physikalische und bakteriologische Untersuchung wurde mit einem Monat festgelegt. Die Probestellen wurden nach Erstellung des Probenplans auf zwei Tagestouren, an vorab festgelegten Terminen, unabhängig von Wetterlage und Abflussbedingungen aufgesucht. Vor Ort wurde vom Probenahme-Personal:

- Geruch/Aussehen erhoben,
- Abfluss Q mittels Tauchstab nach Jens oder Messeimer bestimmt,
- pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Temperatur und Sauerstoff mittels Multimeter und
- ortho-Phosphat $\text{PO}_4\text{-P}$, Nitrit-Stickstoff $\text{NO}_2\text{-N}$ und Ammonium-Stickstoff $\text{NH}_4\text{-N}$ mittels Photometer gemessen.

Die entnommenen Proben wurden gekühlt am selben Tag in das chemisch-analytische Wasserlabor zur weiteren Analyse gebracht. Diese bestand aus folgenden Parametern:

- Abfiltrierbare Stoffe
- Biologischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen

Bakteriologie:

- Gesamtcoliforme Bakterien
- *Escherichia coli*
- Fäkale Streptokokken

Kohlenstoff:

- Gelöster organischer Kohlenstoff DOC
- Gesamter organischer Kohlenstoff TOC

Ionen:

- Calcium Ca
- Kalium K
- Natrium Na
- Magnesium Mg
- Chlorid Cl

Nährstoffe:

- Ammonium-Stickstoff NH₄-N
- Gesamt Stickstoff N
- Nitrit-Stickstoff NO₂-N
- Nitrat-Stickstoff NO₃-N
- ortho-Phosphat PO₄-P
- Gesamt-Phosphor filtrierte P_{filtr} (Porenweite 0,2 µm)
- Gesamt-Phosphor unfiltriert P_{Ges}

Wasserhärte:

- Gesamt-Härte GH
- Karbonat-Härte KH

Alle genannten Parameter sind im Anhang, wie in Tabelle 6 dargestellt, ersichtlich.

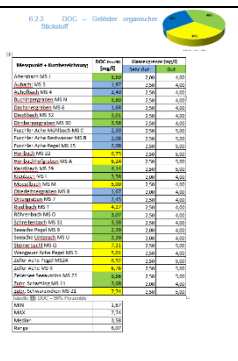
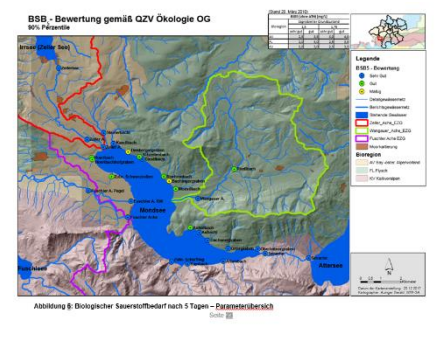
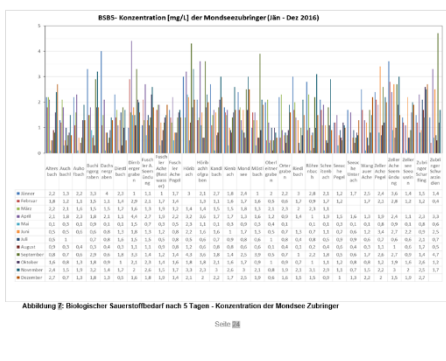
 <p>Table 6: Summary of nutrient and hardness parameters. The table lists various parameters such as Ammonium-Stickstoff, Gesamt Stickstoff, Nitrit-Stickstoff, Nitrat-Stickstoff, ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor filtrierte, Gesamt-Phosphor unfiltriert, Gesamt-Härte, and Karbonat-Härte. It includes columns for 'Messwert', 'Einheit', and 'Klassifizierung'. A pie chart at the top right shows the distribution of results across different categories.</p>	<p>In der Tabelle werden die berechneten Jahres-Perzentilen für den aktuell behandelten Parameter jedes Messpunktes ausgewiesen. Das ist die Basis für die Gewässerzustands-Einstufung. Im unteren Bereich befinden sich noch zusätzliche statistische Kenngrößen, welche einen Überblick über die Streuung der Perzentilen aller Probestellen geben. Das Tortendiagramm widerspiegelt die bewerteten Ergebnisse in der Farbkennung der WRRL vom jeweiligen Parameter.</p>
 <p>Abbildung 9: Biologischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen - Parameterbereich</p> <p>The map displays the spatial distribution of BSB-5 concentrations across a river network. The legend indicates different concentration ranges: < 50,00 mg/L (blue), > 50,00 - 75,00 mg/L (red), > 75,00 - 100,00 mg/L (yellow), and > 100,00 mg/L (orange). The map also shows the location of the 'Moore' (wetlands).</p>	<p>In der Karte wird die Jahresperzentile je nach ökologischer Zustandsklasse eingefärbt oder in unterschiedlich großen Symbolen, je nach Konzentrationsbereich dargestellt. Dadurch lassen sich die räumliche Verteilung chemisch-physikalischer Parameter und ihre Variation zueinander ablesen. Zusätzlich sind noch die Moore eingezeichnet.</p>
 <p>Abbildung 7: Biologischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen - Konzentration der Monate Zubringer</p> <p>The bar chart visualizes the monthly concentration of BSB-5 for various sampling points (Zubringer) over a period of 12 months. The y-axis represents concentration in mg/L, and the x-axis lists the months from January to December. The chart shows significant seasonal variations in BSB-5 levels.</p>	<p>Die zweite tabellarische Darstellung visualisiert die einzelnen Analyseergebnisse mit einem Säulendiagramm, in welchem zusätzlich alle Analyseergebnisse numerisch angeführt sind. Das ermöglicht einen direkten Vergleich einzelner Zubringer untereinander und erlaubt einen Jahresverlauf abzulesen. So ist auch die Zuordnung einzelner „Ausreiser“ zum jeweiligen Gewässer und Untersuchungsmonat möglich.</p>

Tabelle 6 Methode zur Darstellung der Ergebnisse

WIS-Nr.	int.	Messstellename	X BMN GK M31	Y BMN GK M31	Gemeinde	Fkm [km]	Seehöhe [m.ü.A.]	Bio- region	EZG Größe [km ²]
4171500011	MS J	Altersbach Seemündung	6973	295753	St. Gilgen	0,1	487	KV	1,6
4171200050	MS 5	Aubachl Seemündung	5787	297186	Innerschwand a Mondsee	0,0	486	FL	0,2
4171200049	MS 4	Auhofbach Seemündung	5349	297423	Innerschwand a. Mondsee	0,1	484	FL	0,7
4171200045	MS N	Buchingergraben Seemündung	4303	299731	Innerschwand a. Mondsee	0,1	485	FL	0,2
4171200051	MS 6	Dachsnergraben Seemündung	6200	296792	Innerschwand a. Mondsee	0,0	484	FL	0,4
4171200043	MS 32	Diestlbach Seemündung	2959	300823	Innerschwand a. Mondsee	0,1	484	FL	0,9
4174200090	MS 30	Dirnbergergraben	2275	301189	Tiefgraben	0,1	485	FL	0,1
4173500062	MS C	Fuschler Ache Mühlbach	2255	297933	St. Lorenz	0,3	483	AV	115,6
4173500063	MS B	Fuschler Ache Restwasser	2415	298731	St. Lorenz	0,3	482	AV	115,6
4173500064	MS 15	Fuschler Ache Pegel St. Lorenz	307	299256	St. Lorenz	3,3	495	AV	109,0
4173500067	MS 22	Höribach Seemündung	472	300895	St. Lorenz	0,2	482	AV	2,0
4173500066	MS A	Höribachhofgraben Seemündung	503	300806	St. Lorenz	0,1	482	AV	0,2
4171500010	MS 29	Kandlbach Seemündung	1543	301593	Mondsee	0,1	482	AV	1,7
4171500012	MS I	Kienbach Seemündung	5209	295616	St. Gilgen	0,1	483	KV	2,6
4171200046	MS M	Möstlbach Seemündung	4635	299341	Innerschwand a. Mondsee	0,1	483	FL	3,3
4174500019	MS 8	Oberleitnergraben Seemündung	8678	296364	Unterach a. Attersee	0,1	487	KV	0,7
4174500018	MS 7	Ortergraben Seemündung	7218	296385	Unterach a. Attersee	0,2	499	FL	1,3
4171200048	MS T	Riedlbach Mdg. Wangauer Ache	7520	300336	Innerschwand a. Mondsee	0,1	523	FL	9,7
4171200044	MS O	Röhrenbach Seemündung	4038	299961	Innerschwand a. Mondsee	0,1	486	FL	0,7
4174200091	MS 31	Schreitenbach Seemündung	2833	300938	Tiefgraben	0,1	484	FL	0,2
4174500020	MS 9	Seeache Pegel Au	9047	296133	Unterach a. Attersee	56,9	479	KV	247,4
4174500021	MS U	Seeache Unterach	11194	295918	Unterach a. Attersee	0,0	470	KV	253,6
4171500008	MS Q	Steinerbachl vor Verrohrung	1065	302129	Mondsee	0,8	496	AV	5,8
4171200047	MS 3	Wangauer Ache Pegel Loibichl	5720	298857	Innerschwand a. Mondsee	1,4	493	FL	34,5
4171500007	MS 24	Zeller Ache Pegel Armaturenwerk	248	301801	Mondsee	69,3	497	AV	37,0
4171500009	MS R	Zeller Ache Seemündung	1046	301412	Mondsee	68,3	481	AV	37,9
4174200092	MS 23	Zellersee Seeausrinn	-1159	305350	Tiefgraben	75	554	AV	28,2
4173500061	MS 11	Zubringer Scharfling Seemündung	4411	295719	St. Lorenz	0,1	482	KV	0,6
4173500065	MS 21	Zubringer Schwarzindien Seemündung	1456	299950	St. Lorenz	0,3	484	AV	0,4

Tabelle 7 Messstellen-Übersicht

Messstellen - Übersicht

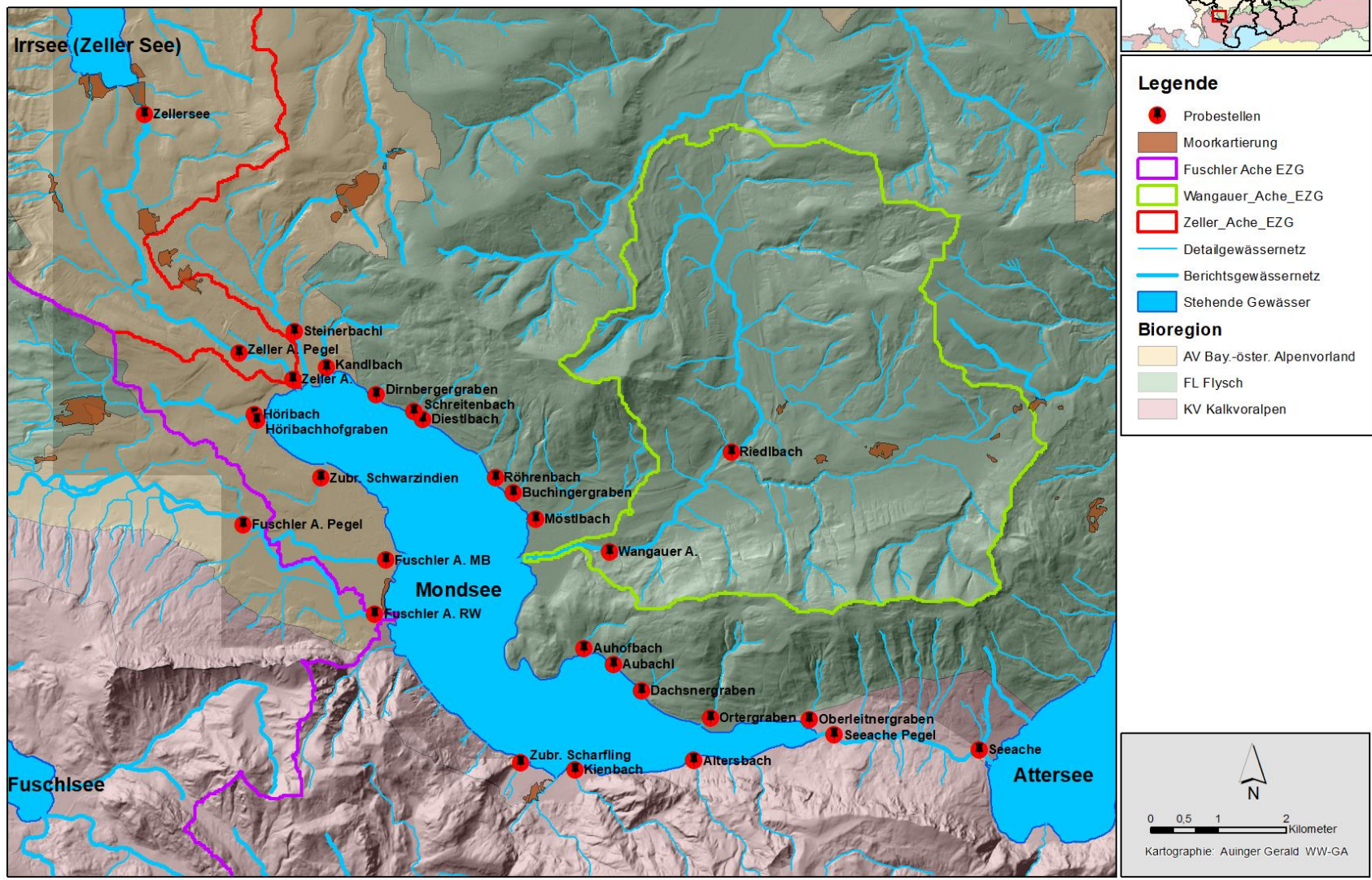


Abbildung 11 Messstellen-Übersicht DGM

5.1.2. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Phosphor- und Stickstoff-Parameter und jene Parameter welche in der Qualitätszielverordnung Ökologie OG geregelt sind, dargestellt.

Es gilt die allgemeine Farbkennung der Wasserrahmenrichtlinie (Sehr guter Zustand: Blau, Guter Zustand: Grün, Mäßiger Zustand: Gelb). Die vollständigen Detailergebnisse finden sich im Anhang.

Messpunkt + Kurzbezeichnung	P _{Ges}	P _{filt}	PO ₄ -P		
	Perz90 [mg/l]	Perz90 [mg/l]	Perz90 [mg/l]	Klassengrenze [mg/l]	
				Sehr Gut	Gut
Altersbach MS J	0,007	0,002	0,002	0,010	0,030
Aubachl MS 5	0,009	0,003	0,002	0,020	0,050
Auhofbach MS 4	0,033	0,018	0,014	0,020	0,050
Buchingergraben MS N	0,088	0,017	0,011	0,020	0,050
Dachsnergraben MS 6	0,131	0,036	0,028	0,010	0,020
Diestlbach MS 32	0,096	0,021	0,013	0,020	0,050
Dirnbergergraben MS 30	0,227	0,147	0,109	0,020	0,050
Fuschler Ache Mühlbach MS C	0,030	0,018	0,011	0,020	0,050
Fuschler Ache Restwasser MS B	0,022	0,014	0,008	0,020	0,050
Fuschler Ache Pegel MS 15	0,027	0,019	0,011	0,020	0,050
Höribach MS 22	0,107	0,057	0,026	0,020	0,050
Höribachhofgraben MS A	0,249	0,043	0,030	0,020	0,050
Kandlbach MS 29	0,052	0,025	0,017	0,020	0,050
Kienbach MS I	0,006	0,002	0,002	0,020	0,050
Möstlbach MS M	0,116	0,038	0,020	0,020	0,050
Oberleitnergraben MS 8	0,008	0,003	0,002	0,010	0,030
Ortergraben MS 7	0,008	0,003	0,002	0,010	0,030
Riedlbach MS T	0,096	0,022	0,009	0,020	0,050
Röhrenbach MS O	0,072	0,019	0,011	0,020	0,050
Schreitenbach MS 31	0,115	0,037	0,008	0,020	0,050
Seeache Pegel MS 9	0,012	0,007	0,002	0,010	0,030
Seeache Unterach MS U	0,013	0,006	0,002	0,010	0,030
Steinerbachl MS Q	0,092	0,038	0,021	0,020	0,050
Wangauer Ache Pegel MS 3	0,148	0,022	0,013	0,020	0,050
Zeller Ache Pegel MS24	0,117	0,039	0,013	0,020	0,050
Zeller Ache MS R	0,099	0,033	0,012	0,020	0,050
Zellersee Seeaurinn MS 23	0,024	0,012	0,002	0,020	0,050
Zubr. Scharfling MS 11	0,024	0,010	0,005	0,020	0,050
Zubr. Schwarzindien MS 21	0,137	0,082	0,047	0,010	0,030

MIN	0,006	0,002	0,002
MAX	0,249	0,147	0,109
Mittelwert	0,075	0,027	0,016

Tabelle 8 Gegenüberstellung Phosphor-Perzentilen

Messpunkt + Kurzbezeichnung	TN	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N		
	Perz90 [mg/l]	Perz90 [mg/l]	Perz90 [mg/l]	Perz90 [mg/l]	Klassengrenze [mg/l]	
					Sehr Gut	Gut
Altersbach MS J	1,500	0,010	0,001	1,60	2,00	5,50
Aubachl MS 5	0,827	0,010	0,001	0,89	1,50	4,00
Auhofbach MS 4	0,859	0,010	0,001	0,89	1,50	4,00
Buchingergraben MS N	0,828	0,030	0,006	0,69	1,50	4,00
Dachsnergraben MS 6	0,676	0,020	0,001	0,59	1,50	4,00
Diestlbach MS 32	0,869	0,029	0,005	0,80	1,50	4,00
Dirnbergergraben MS 30	2,280	0,205	0,108	2,16	1,50	4,00
Fuschler Ache Mühlbach MS C	0,929	0,030	0,003	0,90	2,00	5,50
Fuschler Ache Restwasser MS B	0,946	0,020	0,003	0,90	2,00	5,50
Fuschler Ache Pegel MS 15	0,936	0,019	0,004	0,90	2,00	5,50
Höribach MS 22	0,998	0,040	0,010	0,70	2,00	5,50
Höribachhofgraben MS A	1,390	0,020	0,005	2,30	2,00	5,50
Kandlbach MS 29	1,200	0,019	0,004	1,18	2,00	5,50
Kienbach MS I	1,790	0,010	0,001	1,88	2,00	5,50
Möstlbach MS M	0,982	0,039	0,007	0,80	1,50	4,00
Oberleitnergraben MS 8	0,642	0,010	0,001	0,69	2,00	5,50
Ortergraben MS 7	0,680	0,010	0,001	0,70	1,50	4,00
Riedlbach MS T	0,719	0,020	0,003	0,79	1,50	4,00
Röhrenbach MS O	0,916	0,020	0,004	0,69	1,50	4,00
Schreitenbach MS 31	1,640	0,029	0,006	1,63	1,50	4,00
Seeache Pegel MS 9	0,618	0,020	0,006	0,50	2,00	5,50
Seeache Unterach MS U	0,578	0,020	0,006	0,59	2,00	5,50
Steinerbachl MS Q	0,959	0,020	0,006	0,89	2,00	5,50
Wangauer Ache Pegel MS 3	0,799	0,039	0,003	0,80	1,50	4,00
Zeller Ache Pegel MS24	0,844	0,030	0,005	0,40	2,00	5,50
Zeller Ache MS R	0,880	0,030	0,006	0,50	2,00	5,50
Zellersee Seeausrinn MS 23	0,250	0,049	0,004	0,30	2,00	5,50
Zubr. Scharfling MS 11	1,990	0,021	0,004	1,99	2,00	5,50
Zubr. Schwarzindien MS 21	1,390	0,249	0,012	1,00	2,00	5,50

MIN	0,250	0,010	0,001	0,30
MAX	2,280	0,249	0,108	2,30
Mittelwert	1,032	0,037	0,008	0,99

Tabelle 9 Gegenüberstellung Stickstoff-Perzentilen

Bewertung aller Zubringer nach Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer

Von den Analyseergebnissen der dauerhaft wasserführenden Mondseezubringer wurden gemäß QZV Ökologie die 90% Perzentilen (Ausnahme: Temperatur: 98% Perz., Chlorid: geom. Mittel) berechnet und in der nachfolgenden Tabelle für jede Probestelle und jeden Parameter ausgewiesen. Es gilt die allgemeine Farbkennung der Wasserrahmenrichtlinie (Sehr guter Zustand: Blau, Guter Zustand: Grün, Mäßiger Zustand: Gelb). Für genauere Beschreibungen dazu, wird auf den Anhang verwiesen.

Messpunkt	BSB ₅ Perz90 [mg/l]	DOC Perz90 [mg/l]	NO ₃ -N Perz90 [mg/l]	o-PO ₄ Perz90 [mg/L]	O ₂ - Sätt. Perz90 [%]	pH Perz90 []	T Perz98 [°C]	Cl _{Geo} - mittel [mg/l]
Altersbach	2,5	3,6	1,6	0,002	104	8,40	16,7	0,4
Aubachl	1,6	2,0	0,9	0,002	103	8,40	13,6	0,6
Auhofbach	2,2	2,4	0,9	0,014	102	8,39	14,0	1,6
Buchingergraben	3,2	3,8	0,7	0,011	106	8,65	16,5	11,7
Dachsnergraben	2,0	1,7	0,6	0,028	102	8,25	13,9	2,1
Diestlbach	1,8	3,0	0,8	0,013	102	8,20	13,3	4,5
Dirnbergergraben	3,3	3,6	2,2	0,109	101	8,40	14,3	8,1
Fuschler Ache Mühlbach	2,7	2,3	0,9	0,011	101	7,95	15,5	11,5
Fuschler Ache Restwasser	1,9	2,1	0,9	0,008	106	8,00	15,2	10,0
Fuschler Ache Pegel	2,1	2,1	0,9	0,011	102	8,00	15,5	11,3
Höribach	3,3	6,8	0,7	0,026	103	8,34	17,4	12,6
Höribachhofgraben	3,5	6,2	2,3	0,030	103	8,25	17,8	5,6
Kandlbach	2,7	4,1	1,2	0,017	112	8,40	15,5	11,8
Kienbach	1,8	3,6	1,9	0,002	104	8,40	13,1	0,4
Möstlbach	2,1	5,0	0,8	0,020	102	8,19	15,2	15,3
Oberleitnergraben	1,8	1,7	0,7	0,002	102	8,34	14,4	0,4
Ortergraben	1,9	2,5	0,7	0,002	103	8,40	12,4	0,3
Riedlbach	2,1	4,3	0,8	0,009	104	8,35	16,0	0,7
Röhrenbach	2,7	3,1	0,7	0,011	104	8,49	15,8	5,1
Schreitenbach	2,1	3,4	1,6	0,008	102	8,44	13,5	1,3
Seeache Pegel	1,5	2,4	0,5	0,002	110	8,15	22,2	7,3
Seeache Unterach	1,7	2,3	0,6	0,002	105	8,20	22,0	9,2
Steinerbachl	2,5	7,2	0,9	0,021	105	8,35	16,2	12,7
Wangauer Ache Pegel	1,7	5,0	0,8	0,013	103	8,34	15,5	5,5
Zeller Ache Pegel	2,6	6,5	0,4	0,013	103	8,25	21,2	3,1
Zeller Ache	3,0	6,8	0,5	0,012	109	8,35	21,0	5,1
Zellersee Seeausrinn	2,0	3,6	0,3	0,002	108	8,05	22,9	3,2
Zubringer Scharfling	2,5	3,7	2,0	0,005	100	8,00	15,9	0,7
Zubringer Schwarzindien	3,2	7,7	1,0	0,047	101	8,10	16,2	7,1

Tabelle 10 Gesamtbewertung laut QZV Ökologie OG

5.1.3. Anmerkungen zu den Detailergebnissen

Wie in 5.1.2 erwähnt befinden sich alle Detailergebnisse im Anhang, deren Auffälligkeiten werden nachfolgend beschrieben.

Die Messstelle **Dirnbergergraben** weist bei vielen Parametern auffällig hohe Konzentrationen auf. Bei der Begehung des EZG konnte im Quellgebiet eine intensiv bewirtschaftete Wiese festgestellt werden. Die Analysenergebnisse der Phosphor-Parameter sind entweder als mäßig eingestuft oder stellen die höchsten Jahresperzentile dar, genauso wie bei den Stickstoff-Parametern $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ und Ges.-N. Die Messwerte der bakteriologischen Parameter sind allesamt über der Bestimmungsgrenze. Für diese Belastung hätte ein höherer Verdünnungsfaktor beim Ansetzen der Bakterienproben verwendet werden müssen.

Der **Zubringer Schwarzindien** war aufgrund seiner hohen Ammonium-Werte auffällig und erreichte mit $250 \mu\text{g/l}$ die höchste Jahresperzentile. Deswegen wurde eine Längsbegehung des Gewässers im unteren besiedelten Bereich durchgeführt. Es konnte festgestellt werden, dass Mist-Abschwemmungen durch desolate Lagerstätten von landwirtschaftlichen Anwesen dafür verantwortlich sind. Diese führten zu massiven Wachstum von Abwasserpilzen und einem wahrnehmbaren Fäkalgeruch. Zusätzlich wurde etwas unterhalb der Festmistverunreinigung eine illegale Müllablagerung in einem kleinen Waldstück, hauptsächlich bestehend aus Alteisen und Bauschutt, vorgefunden, worauf die zuständige Behörde verständigt wurde.

Bei einigen Zubringern (Buchingergraben, Dirnbergergraben, Höribach, Möstlbach, Röhrenbach, Steinerbach) kann anhand der Salzkonzentrationen auf einen zT deutlichen Einfluss der Autobahn geschlossen werden. Beim Chlorid- und Natrium-Messwert vom Jänner zeigt sich ein starker Peak, welcher sich deutlich von den übrigen Messwerten absetzt (Spitzenwert über 300 mg/l Cl im Buchingergraben). Der Calcium Messwert vom Jänner sticht nicht gesondert hervor, weshalb hier die Abschwemmung von Streusalz aus dem Winterdienst als Auslöser anzunehmen ist.

Die höchste Nitrat-Konzentration (90 % Perzentile) aller Zubringer finden sich mit $2,30 \text{ mg NO}_3\text{-N/l}$ beim Höribach. Auch die anderen **Stickstoff-Parameter**, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ und Ges.-N sind abgesehen von einzelnen Ausreißern eher im unteren Konzentrationsbereich angesiedelt.

Beim gelösten o-PO_4 erreichen 76 % der Messstellen einen sehr guten, 14 % einen guten und immerhin nur 10 % einen mäßigen Zustand. Bei P_{Ges} filtriert beläuft sich der Mittelwert auf $27 \mu\text{g/l}$ wobei dieser stark vom Messwert Dirnbergergraben ($147 \mu\text{g/l}$) beeinflusst ist. P_{Ges} unfiltriert scheint mit durchschnittlich $75 \mu\text{g/l}$ und einem MAX-Wert von $249 \mu\text{g/l}$ erhöht. Vor allem die Zeller und die Wangauer Ache liefern zusätzlich zu einigen anderen Zubringern eine nicht zu vernachlässigende Phosphor-Fracht, hauptsächlich in kolloidaler Form.

Die **bakteriologischen** Parameter konnten aus logistischen Gründen in den Monaten Jänner und April nicht erhoben werden. In der hohen Streptokokken-Zahl spiegelt sich die Viehwirtschaft gut wider.

Die aus den Analysenergebnissen resultierende Fracht der einzelnen Messpunkte ist stark von der Jahresabflussmenge abhängig. Die **Achen** sind bei den Nährstoffkonzentrationen nicht im obersten Konzentrationsbereich angesiedelt, liefern jedoch aufgrund der Wasserführung den überwiegenden Anteil der Fracht. Die drei Achen liefern bereits ca. $2/3$ der Zufluss-Wassermenge und übernehmen somit auch den Großteil der Jahresfracht. Vor allem die Wangauer und die Zeller Ache haben zumeist gegenüber der Fuschler Ache erhöhte Nährstoff-Konzentrationen.

Die Ergebnisse des Zubringer-Monitorings beziehen sich mit einzelnen Ausnahmen auf Basisabflussbedingungen, die den Ist-Zustand in niederschlagsfreien Zeiten gut widerspiegeln. Sie zeigen aber auch, dass manche kleinere Zubringer für die Berechnung der Phosphor Jahresfracht nicht zu vernachlässigen sind.

5.2. Ereignis-Probennehmer Fuschler Ache

5.2.1. Methodik

Zusätzlich zum Zubringer-Monitoring wurde ein automatischer Ereignis-Probennehmer über den gesamten Untersuchungszeitraum von Jänner 2016, verlängert bis Februar 2017 in der Fuschler Ache beim Pegel St. Lorenz installiert. Dieser Probennehmer wurde mit einer Echolot-Wasserstands Messung gekoppelt und auf einen Schwellenwert programmiert, bei dessen Überschreitung stündlich eine Mischprobe der Hochwasserwelle über einen Zeitraum von 12 Stunden entnommen wurde. Des Weiteren verfügte das Gerät über online-Messsonden, die pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoffsättigung, Temperatur und Trübung im Halbstundentakt aufzeichneten.

Der Schwellenwert, der die Probenentnahme initiierte, wurde im jahreszeitlichen Verlauf an das hydrologische Abflussregime angepasst und variierte zwischen 800 mm (= 11,3 m³/s) und 1200 mm (= 24,5 m³/s) Wasserstand. Der langjährige MQ (1961-2014) der Fuschler Ache beträgt im Vergleich dazu 3,84 m³/s. Nach Auslösung wurden bis zu 12 1,5-Liter-Glasgefäße im Stundentakt mit jeweils einer Befüllung-Dauer von 15 min entnommen. Danach verblieben die Proben bis zur Abholung durch die Probennehmer im gekühlten Innenraum. Nach jedem Ereignis wurden die Proben gekühlt ins chemisch-analytische Wasserlabor des Landes Oberösterreich zur weiteren Untersuchung gebracht.

Die Festlegung des Auslöse-Schwellenwertes verursachte anfangs Schwierigkeiten. Bei zu geringem Schwellenwert erfasste der Probensammler auch irrelevante Niederschlagsereignisse und führte damit zu erheblichem Wartungsaufwand für die Probennehmer. Bei zu hohem Schwellenwert wurden kaum Ereignisse erfasst. Dies führte dazu, dass zum Zeitpunkt der Schneeschmelze, wo im Jahresverlauf die erwartungsgemäß höchsten Nährstoff-Abschwemmungen aus dem Einzugsgebiet stattfinden, keine Probenentnahme erfolgte. Trotzdem konnten insgesamt 17 Niederschlagsereignisse beprobt und messtechnisch erfasst werden. Zur Erfassung der Schneeschmelze 2018 wurde der Probensammler erneut von Anfang Februar 2018 bis Juni 2018 positioniert. Aufgrund der außergewöhnlich trockenen Witterung kam es zu keinem weiteren Auslöse-Ereignis.



Abbildung 12: ISCO 3700 Ereignis-Probennehmer mit Steuereinheit und Kühlraum

5.2.2. Ergebnisse & Auswertung der online-Parameter

Für jede Auslösung wurde aus den Parametern der online-Messsonde und dem Wasserstand ein Diagramm angefertigt, um Abhängigkeiten zu erkennen.

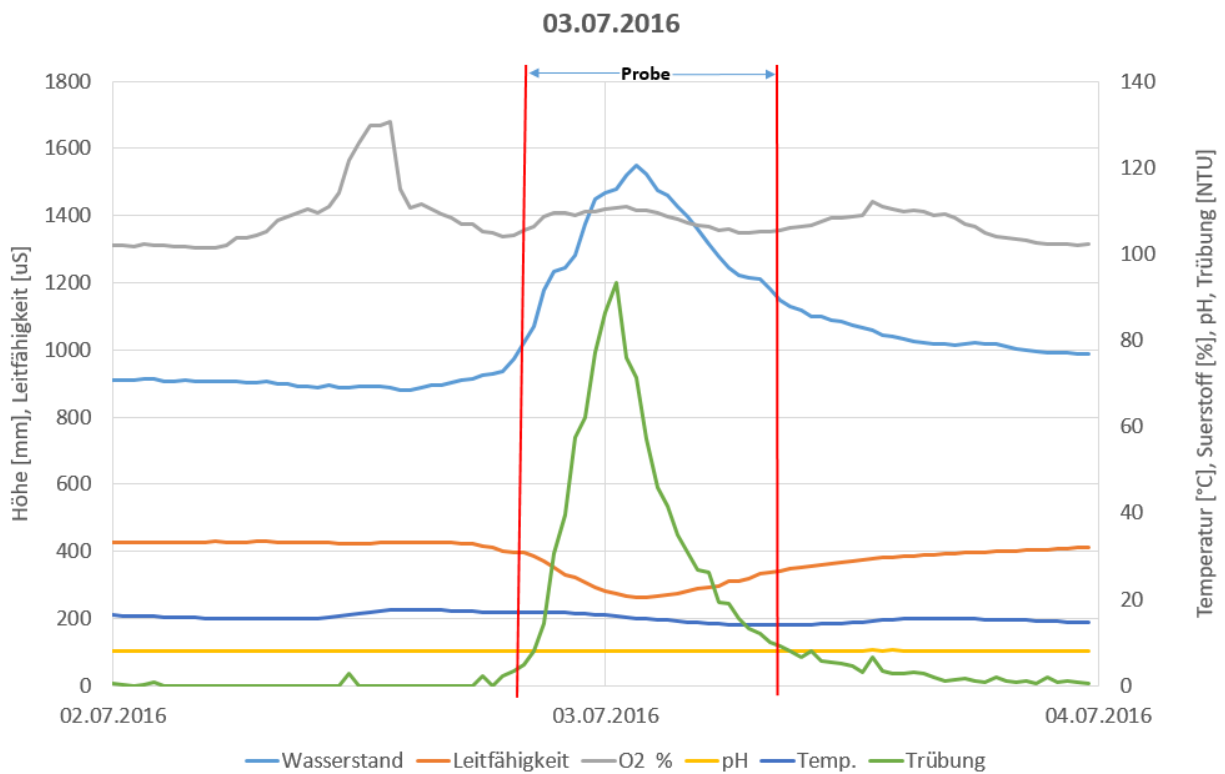


Abbildung 13 Ereignis 03.07.2018

Nachfolgend werden die gemessenen Daten von zwei erfasster Ereignisse visualisiert, um die Variabilität der Daten darzulegen.

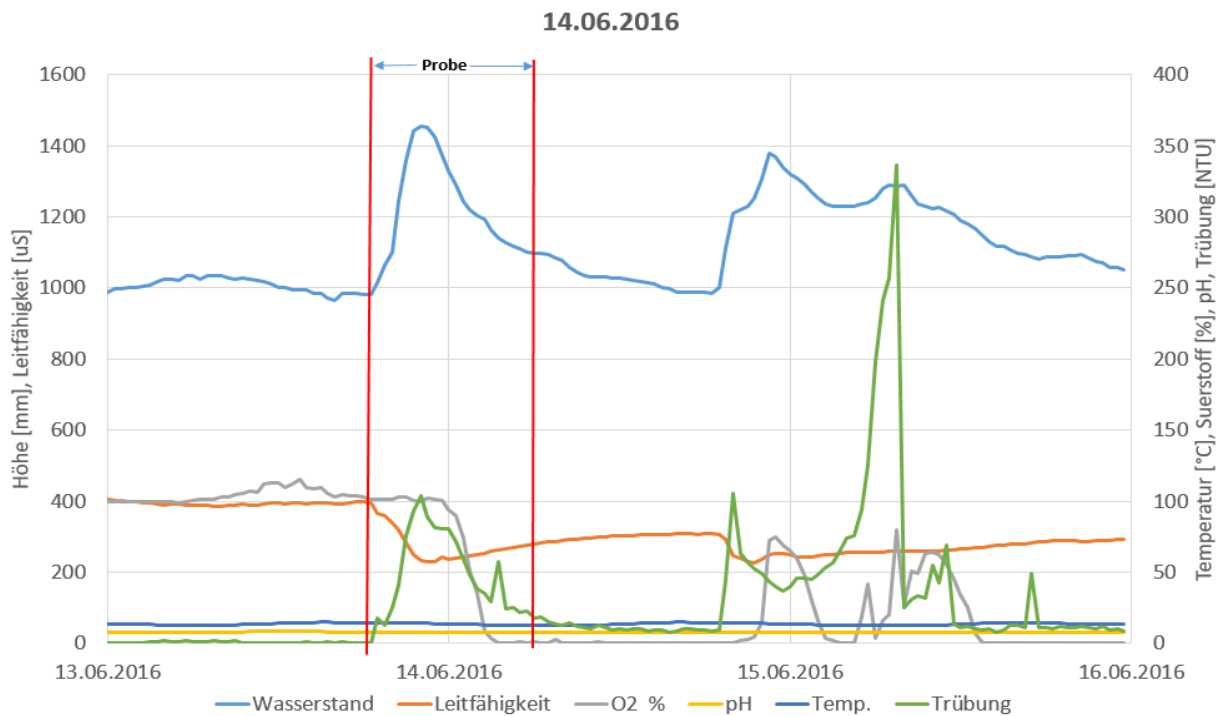


Abbildung 14 Ereignis 14.06.2018

In Abbildung 14 lassen sich zwei, etwa 24 Stunden versetzte, Niederschlagsereignisse erkennen. Obwohl beim zweiten Ereignis der Wasserstand um 7 cm geringer war, erreichte die Trübung einen Wert, der den ersten um Faktor $\sim 3,25$ übersteigt. Dies könnte sich durch ein heftigeres Regenereignis mit entsprechender Abschwemmung in einem Teileinzugsgebiet erklären lassen.

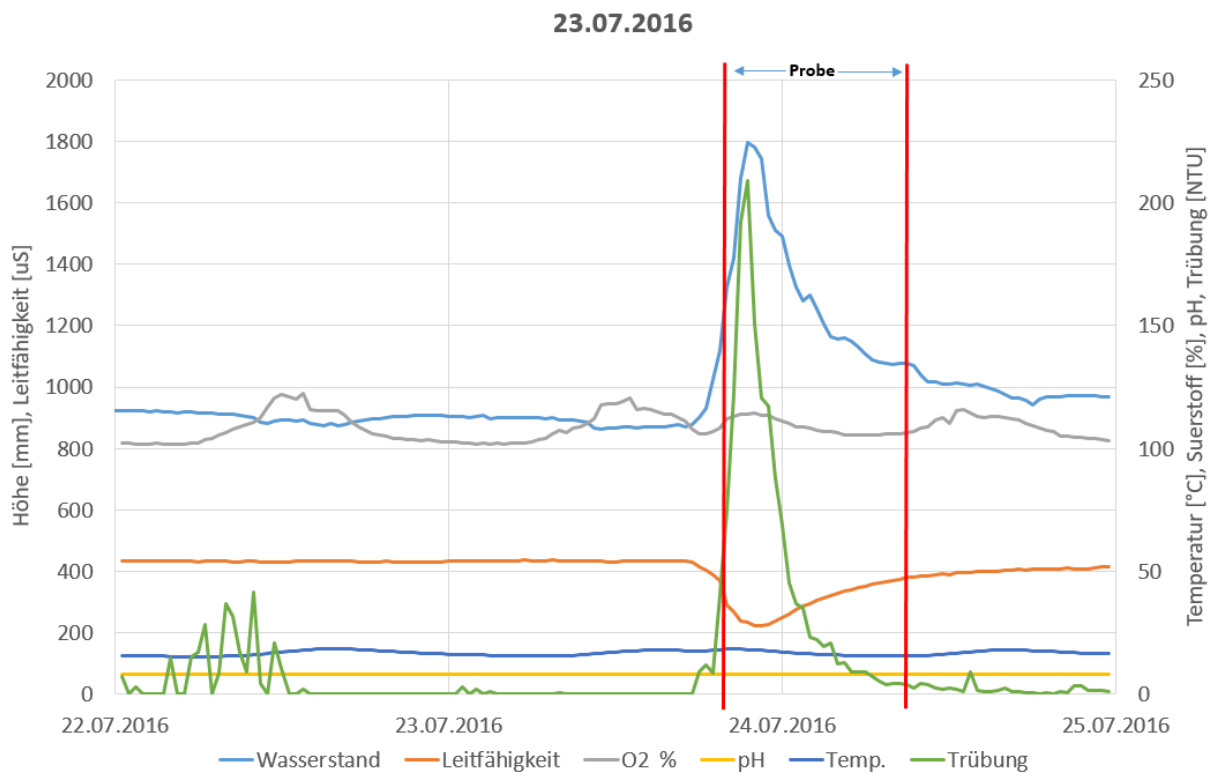


Abbildung 15 Ereignis 23.07.2018

In Abbildung 15 zum Niederschlagsereignis vom 23.07.2016 wurde die beste aufgezeichnete Korrelation für Wasserstand und Trübung dargestellt. Die Abhängigkeit der Trübe (grüne Linie) vom Wasserstand ist sehr gut zu erkennen.

Ebenfalls ist die Verdünnung mit dem Regenwasser und der Sauerstoff-Tagesgang infolge der Sonneneinstrahlung zu erkennen. Geringfügig bemerkbar ist der Temperatur-Tagesgang. Die Schwankungen der Trübung in der ersten Tageshälfte des 22.07.2016 sind auf Bauarbeiten am Fischaufstieg flussaufwärts bei der Teufelmühle zurückzuführen.

Die gewonnenen Daten waren von Ereignis zu Ereignis und in ihrer Abhängigkeit zueinander sehr unterschiedlich, dennoch ließen sich einige Gemeinsamkeiten aus den Diagrammen ableiten.

- Aus dem Verlauf der Sauerstoffkurve lässt sich die Sonneneinstrahlung ablesen. Zumeist ist der Sauerstofftagesgang am Tag vor der Auslösung des Probensammlers, vermutlich wegen geringerer Sonnenexposition durch Bewölkung, weniger stark ausgeprägt wie in Schönwetterphasen. Dasselbe lässt sich über den Wassertemperatur-Tagesgang behaupten, jedoch ist dieser deutlich geringeren Tages-Schwankungen unterlegen.
- Durch den steigenden Wasserstand wird die Schleppspannung wesentlich erhöht, dadurch werden partikuläre Stoffe erodiert, mittransportiert und im Mondsee abgelagert. Dieser Transport äußert sich in einer starken Trübung. Diese Fracht an partikulären Material steigt viel rasanter als die Wasserführung. Das Sediment „wartet“ auf den Abtransport. Die Trübung ist allerdings nicht alleine vom Wasserstand abhängig, sondern von vielen anderen Einflussfaktoren wie zum Beispiel Bodennutzung, Vegetationsdecke, Geländeneigung, Niederschlagshäufigkeit und -dauer. Ebenfalls auffällig ist im Vergleich zum Wasserstand das raschere Abklingen der Trübe, weil vermutlich das vorhandene Trübstoffpotential bei gegebener Wasserstands-Änderung erschöpft ist.
- Die elektrische Leitfähigkeit sinkt für die Dauer des Niederschlagsereignisses aufgrund eines Verdünnungseffektes des Oberflächenwassers durch das Niederschlagswasser (Abbildung 16). Sehr gut lässt sich in der Auswertung die starke negative Korrelation erkennen. Die natürliche Leitfähigkeit der Fuschler Ache pendelt zwischen 400 und 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und kann bei Niederschlag auf 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ verdünnt werden.
- Von den beobachteten Hochwasserwellen haben 75 % das Einzugsgebiet nach maximal 35 Stunden wieder verlassen. Lediglich 12,5 % benötigten mehr als 40 Stunden. Darin eingerechnet war die Zeit ab beginnenden Anstieg der Hochwasserwelle bis zur Wiedereinstellung des Basisabflusses.

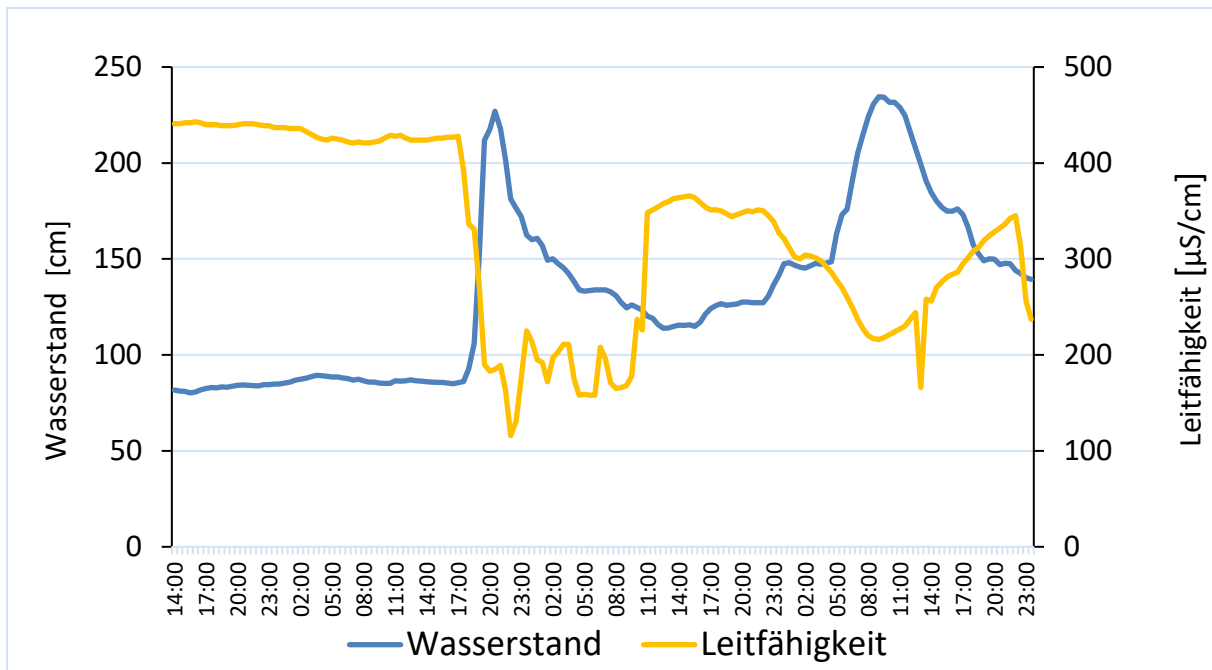


Abbildung 16 Verdünnungseffekte 12.07.2016

5.2.3. Kausalkette Niederschlag – Abfluss – Fracht

Im nachfolgenden Unterkapitel wird die Kausalkette Niederschlag – Abfluss – Fracht zweier Niederschlagsereignisse veranschaulicht. Für beide Starkregenereignisse, 12.07.2016 und 27.07.2016, wurden die Phosphor-Frachten berechnet, um eine Vorstellung der Größendimension abhängig vom Abflussgeschehen zu bekommen.

Zunächst einmal musste für den Pegel St. Lorenz ein „mittlerer“ Gebietsniederschlag ermittelt werden, da es im unmittelbaren Bereich keine Niederschlags-Messstelle gibt. Dies wurde über Inverse Distanz Gewichtung aus den NS-Daten der umliegenden Messtellen (NLV Messstelle Fuschl HZB:105353 & Thalgau HZB:115022) ermittelt (Tabelle 11). Die errechnete Niederschlagsmenge, basierend auf 15 min-Intervallen, wurde auf die Größe des Einzugsgebietes von 109 km² zu einer abflusswirksamen Regenspende hochgerechnet, um diese abschließend mit dem Abfluss zu vergleichen (Tabelle 12).

NS-Messstelle	Fuschl	Thalgau	Messstelle Pegel St. Lorenz
	[mm/15min]	[mm/15min]	[mm/15min]
12.07.2016 17:30	13,6	19,0	15,3
12.07.2016 17:45	1,7	11,9	5,0
12.07.2016 18:00	1,0	2,5	1,5
12.07.2016 18:15	0,2	0,2	0,2

Tabelle 11 IDW Regenspende Pegel St. Lorenz

Das Niederschlags-Ereignis vom 12.07.2016 überstieg mit ~ 15 mm/15min einen einjährigen Bemessungsniederschlag von 12,6 mm/15min (Gitterpunkt 3584) und hatte den höchsten erfassten Durchfluss mit 218 cm Wasserstand und einen Abfluss von beinahe 55 m³/s (MQ₁₉₆₁₋₂₀₁₄: 3,84 m³/s) zur Folge. Der initiiierende Niederschlag

fiel zwischen 17:30 Uhr und 17:45 Uhr (Tagessumme 12.07.2016 NS-Messstelle Oberwang 43,6 mm/d; NS-Messstelle Thalgau 57,8 mm/d).

Vergleichsweise hatte das Ereignis vom 27.07.2016 mit 33,5 m³/s den zweithöchsten Abfluss im Untersuchungsjahr (Tagessumme 27.07.2016 NS-Messstelle Oberwang 24,2 mm/d; NS-Messstelle Thalgau 31,6 mm/d).

Die Analysenergebnisse der beprobten Hochwasserwelle sind in der nachstehenden Tabelle 12 angeführt und in Abbildung 17a visualisiert. Die Korrelation zwischen der Parameterkonzentration und dem Wasserstand ist in der Zeile unterhalb der Parameterbezeichnung angeführt.

Datum & Uhrzeit	Wasserstand	Abfluss	P _{Ges}	PO ₄ -P	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	e.LF	DOC	ab-filt.Stoffe	
Korrelation Wasserstand mit			0,654	0,885	0,837	0,358	-0,515	-0,937	0,493	0,768	
	[cm]	[m ³ /s]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	
12.07.2016	18:00	93	18,10	0,120	0,003	0,011	0,003	0,6	340	3,1	77
	19:00	152	34,79	1,500	0,009	0,01	0,003	0,6	290	3,4	1600
	20:00	218	54,58	1,100	0,031	0,018	0,007	0,5	200	6,5	1300
	21:00	218	54,70	0,920	0,026	0,017	0,007	0,5	200	7,3	1500
	22:00	181	43,76	1,000	0,029	0,013	0,008	0,6	210	7,4	1600
	23:00	172	40,93	0,760	0,025	0,015	0,009	0,6	225	7,8	970
13.07.2016	00:00	160	37,23	0,550	0,022	0,013	0,009	0,6	240	7,8	800
	01:00	157	36,27	0,370	0,019	0,012	0,007	0,6	255	7,9	540
	02:00	150	34,13	0,310	0,016	0,014	0,007	0,6	275	7,6	440
	03:00	145	32,59	0,220	0,016	0,011	0,006	0,6	290	7,0	300
	04:00	138	30,36	0,210	0,015	0,011	0,008	0,6	305	6,7	210
	05:00	133	28,76	0,190	0,016	0,01	0,009	0,5	315	6,4	180

Tabelle 12 Parameterverlauf einer Hochwasserwelle

Es bestand ein mäßiger Zusammenhang zwischen Wasserstand und mitgeführtem Phosphor-Gehalt (0,65). Die durchschnittliche Basisfracht (0,253 kg P_{Ges}/h) zur gemessenen maximalen Fracht (216 kg P_{Ges}/h) war bei den gegenständlichen Messungen um das 850-fache erhöht. Dabei wurde vermutlich aufgrund der groben zeitlichen Messintervalle nicht der echte Maximalwert gemessen. Hingegen zeigen gelöste Inhaltsstoffe wie PO₄-P mit einer Korrelation von ~0,89 einen sehr starken Zusammenhang auf.

Die NH₄-N-Konzentrationen bewegten sich im Bereich der Bestimmungsgrenze, wiesen aber dennoch eine recht beachtliche Korrelation mit dem Wasserstand auf. NO₂-N stieg für die Dauer der Hochwasserwelle bedeutend an, klang dann langsamer ab als der Wasserstand, wobei die Konzentrationen gleich wie bei NH₄-N maximal die dreifache Konzentration der Bestimmungsgrenze erreichten. Völlig unbeirrt von der Hochwasserwelle pendelte der NO₃-N-Gehalt zwischen 0,5 und 0,6 mg/l.

Die elektrische Leitfähigkeit zeigte deutlich den Verdünnungseffekt des Niederschlags auf den Basisabfluss (Abbildung 16). Die Korrelation belegte mit ~ 0,94 einen beachtlichen negativen Zusammenhang. Im Bereich des höchsten Wasserstandes sank die Leitfähigkeit und stieg dann mit dem Abklingen des Hochwassers wieder an. Einen stark positiven Zusammenhang mit dem Wasserstand wiesen die abfiltrierbaren Stoffe auf. Hierbei wurde ein ähnlicher Ablauf wie bei der Trübung festgestellt. Der zeitliche

Verlauf Niederschlag – Abfluss – Konzentration bzw. Fracht wird in den nachstehenden Diagrammen dargestellt.

Die Hochwasser-Spitze erfolgte in beiden Fällen eine Stunde nach der höchsten Regenspende, siehe hervorgehobene Markierung in Tabelle 13 & Tabelle 14. In beiden Fällen konnte die höchste Fracht nach etwa zwei Stunden detektiert werden, und es flossen ~ 35% der Regenspende ab, das restliche Wasser verbleibt im EZG. Die Abflussganglinie vom 12.07.2016 erreichte ihr Maximum bei einem Wasserstand von 218 cm. Hier machte sich die Regenrückhaltebecken bemerkbar, welches die Hochwasserspitze zurückhielt, den Maximal-Abfluss dämpfte und später gleichmäßig abgab (Abbildung 17)

Offensichtlich erfolgte die Mobilisierung, von zuvor im Flussbett abgelagerten Nährstoffen und Feinsedimenten bei größeren Abflussereignissen relativ rasch, noch bevor der höchste Wasserstand erreicht wurde (Abbildung 17-Abbildung 18). Dies ist in der Regel vermutlich eine Folge der Überflutung und Erodieren von zuvor unbenetzten Bereichen.

Niederschlagsereignis 12.07.2016 – Niederschlag Abfluss Fracht:

Datum & Uhrzeit		Regenspende		Abfluss		Fracht				
						P _{Ges}		PO ₄ -P		
von	bis	[mm/h]	[m ³ /h]	[m ³ /s]	[m ³ /h]	Konz. [mg/l]	Fracht [kg/h]	Konz. [mg/l]	Fracht [kg/h]	
12.07.2016	16:30	17:30	0,0	0	12,9	46.440	///	///	///	///
	17:30	18:30	22,0	2.400.650	15,36	55.296	0,120	6,6	0,003	0,1
	18:30	19:30	7,4	807.800	34,79	125.244	1,500	187,9	0,009	1,1
	19:30	20:30	0,4	44.200	54,6	196.488	1,100	216,1	0,031	6,1
	20:30	21:30	0,2	21.200	54,70	196.920	0,920	181,2	0,026	5,1
	21:30	22:30	2,2	240.400	43,76	157.536	1,000	157,5	0,029	4,6
	22:30	23:30	4,5	485.857	40,93	147.348	0,760	112,0	0,025	3,7
	23:30	00:30	0,3	35.314	37,23	134.028	0,550	73,7	0,022	2,9
13.07.2016	00:30	01:30	0,0	0	36,27	130.572	0,370	48,3	0,019	2,5
	01:30	02:30	0,5	51.229	34,13	122.868	0,310	38,1	0,016	2,0
	02:30	03:30	1,5	166.000	32,59	117.324	0,220	25,8	0,016	1,9
	03:30	04:30	2,3	256.143	30,26	108.936	0,210	22,9	0,015	1,6
	04:30	05:30	1,6	169.657	28,76	103.536	0,190	19,7	0,016	1,7
GESAMT		SUMME	4.678.450	SUMME	1.642.536	P_{Ges}	1089,8	PO₄-P	33,3	

Tabelle 13 P-Befrachtung Fuschler Ache nach Regenereignis vom 12.07.2016

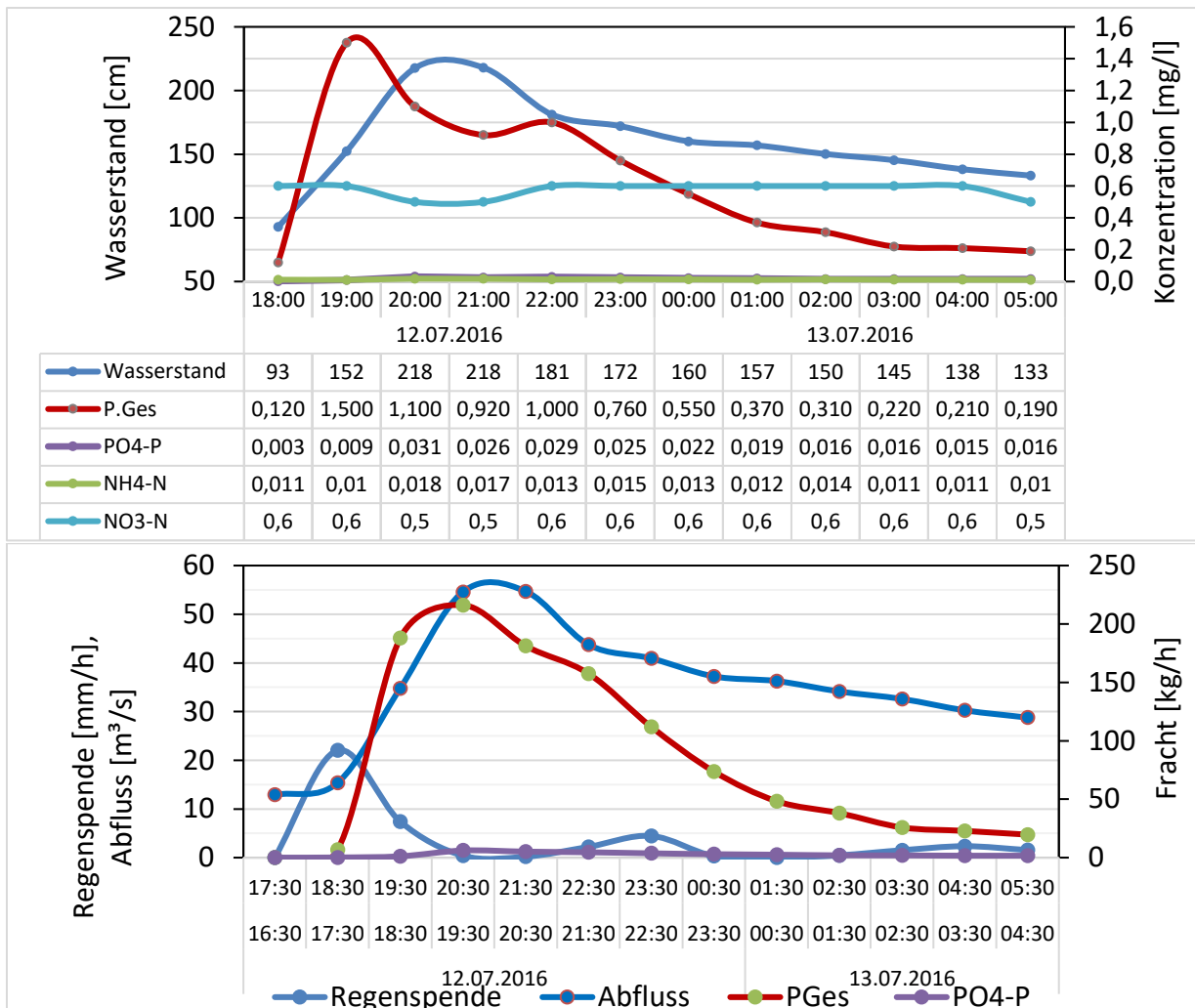


Abbildung 17 Ereignis 12.07.2016 – oben a: Konzentration; unten b: Regenspende – Q – P-Fracht

Niederschlagsereignis 27.07.2016 – Niederschlag Abfluss Fracht:

Datum & Uhrzeit		Regenspende		Abfluss		Fracht				
						PGes		PO4-P		
						Konz.	Fracht	Konz.	Fracht	
von	bis	[mm/h]	[m³/h]	[m³/s]	[m³/h]	[mg/l]	[kg/h]	[mg/l]	kg/h	
27.07.2016	20:00	21:00	0,0	0	14,80	53.280	///	///	///	///
	21:00	22:00	13,5	1.466.390	19,22	69.192	0,089	6,158	0,003	0,173
	22:00	23:00	10,2	1.114.037	29,24	105.264	0,150	15,790	0,006	0,632
	23:00	00:00	5,3	577.700	33,53	120.708	0,340	41,041	0,012	1,448
28.07.2016	00:00	01:00	1,0	109.000	33,04	118.944	0,270	32,115	0,030	3,568
	01:00	02:00	0,3	32.700	28,40	102.240	0,190	19,426	0,019	1,943
	02:00	03:00	0,1	10.900	27,67	99.612	0,140	13,946	0,019	1,893
	03:00	04:00	0,0	0	24,34	87.624	0,110	9,639	0,017	1,490
	04:00	05:00	0,0	0	23,50	84.600	0,084	7,106	0,015	1,269
	05:00	06:00	0,0	0	22,53	81.108	0,071	5,759	0,014	1,136
	06:00	07:00	0,0	0	20,92	75.312	0,067	5,046	0,011	0,828
	07:00	08:00	0,0	0	20,50	73.800	0,050	3,690	0,010	0,738
08:00	09:00	0,0	0	20,26	72.936	0,042	3,063	0,008	0,583	
GESAMT		SUMME	3.310.727	SUMME	1.144.620	PGes	162,8	PO4-P	15,7	

Tabelle 14 P-Befrachtung Fuschler Ache nach Regenereignis vom 27.07.2016

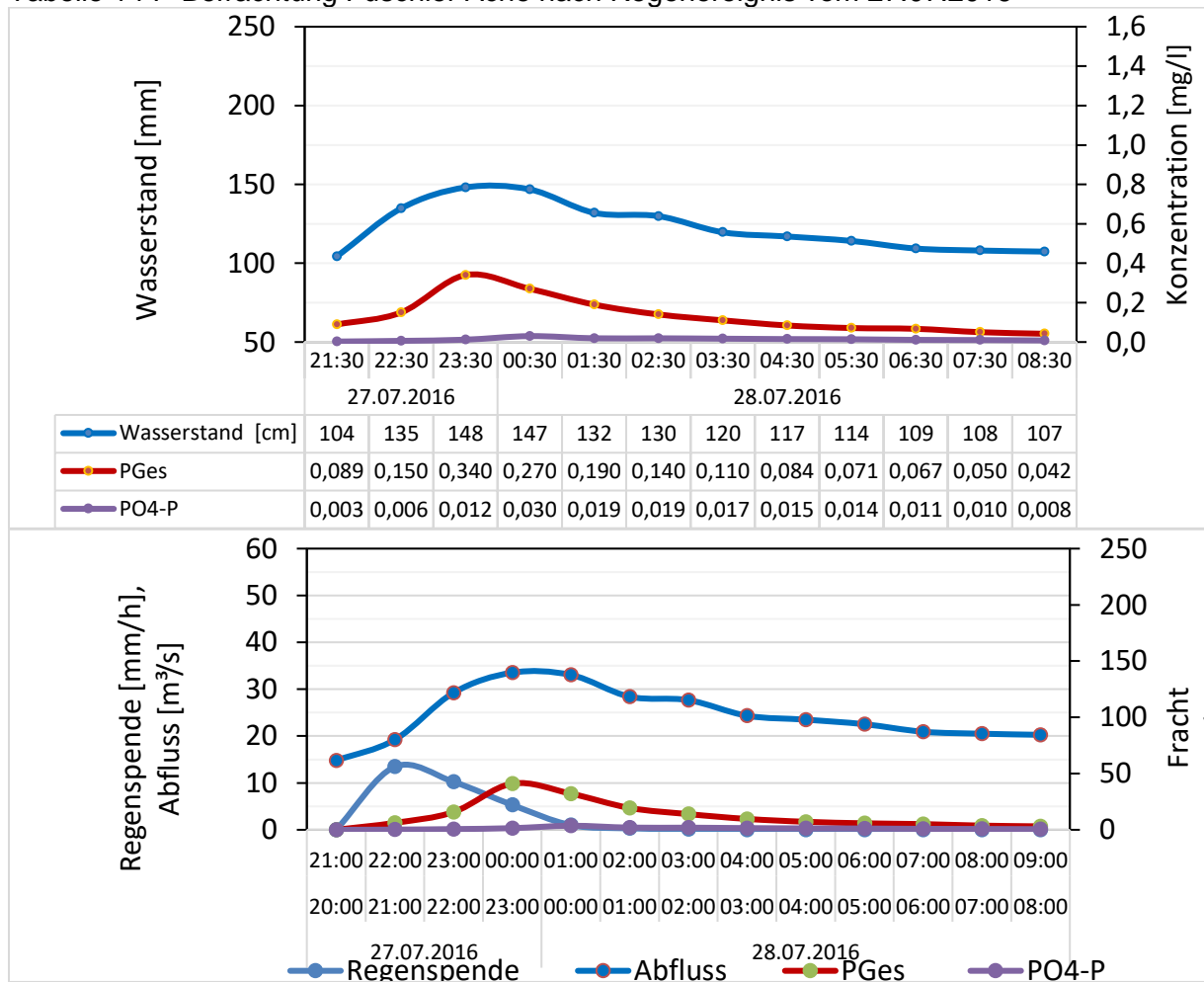


Abbildung 18 Ereignis 27.07.2016 – oben a: Konzentration; unten b: Regenspende – Q – P Fracht

6. Phosphorfracht & Bilanzierung

6.1. Eintrag

6.1.1. P-Eintrag durch Zubringer unter Basisabfluss

Diese Fraktion beinhaltet den Eintrag an Phosphor bei Basisabfluss-Bedingungen. Damit wird jene Wasserführung bezeichnet, welche ohne abflusswirksamen Niederschlag, hauptsächlich durch Grundwasser- und Zwischenabfluss auftritt.

Die monatlichen Phosphor-Analysergebnisse wurden gemittelt und mit dem Jahresmittelabfluss MQ₂₀₁₆ auf eine Jahresfracht hochgerechnet. Diese wurde für die Achen und die Zubringer getrennt berechnet. Abschließend wurde der Eintrag durch die nicht-erfasste Fläche anteilmäßig hinzugerechnet.

Fuschler Ache Pegel St. Lorenz		Flächenbelastung	
MQ ₂₀₁₆	3,98 [m ³ /s]	Basisabfluss [kg P _{Ges} /ha*a]	0,20
∅ P _{Ges} - Konz.	0,018 [mg/l]	Reihe (1961-2014) :	
∅ P _{filt} - Konz.	0,010 [mg/l]	MQ [m ³ /s]	3,84
∅ PO ₄ -P - Konz.	0,007 [mg/l]	Mq [l/s*km ²]	35,3
P_{Ges} Jahresfracht	2.219 [kg/a]	100 %	EZG-Fläche [km ²] 109,0
P _{filt.} Jahresfracht	1298 [kg/a]	58 %	EZG-Anteil [%] 44,1
PO₄-P Jahresfracht	862 [kg/a]	39 %	Länge [km] 27,15

Tabelle 15 Frachtenberechnung Fuschler Ache

Wangauer Ache Pegel Loibichl		Flächenbelastung	
MQ ₂₀₁₆	1,05 [m ³ /s]	Basisabfluss [kg P _{Ges} /ha*a]	0,28
∅ P _{Ges} - Konz.	0,029 [mg/l]	keine langjährigen hydrologischen Daten vorhanden	
∅ P _{filt} - Konz.	0,014 [mg/l]		
∅ PO ₄ -P - Konz.	0,007 [mg/l]		
P_{Ges} Jahresfracht	969 [kg/a]	100 %	EZG-Fläche [km ²] 34,6
P _{filt.} Jahresfracht	468 [kg/a]	48 %	EZG-Anteil [%] 14,0
PO₄-P Jahresfracht	240 [kg/a]	25 %	Länge [km] 12,45

Tabelle 16 Frachtenberechnung Wangauer Ache

Zeller Ache Armaturenwerk		Flächenbelastung	
MQ ₂₀₁₆	1,38 [m ³ /s]	Basisabfluss [kg P _{Ges} /ha*a]	0,50
∅ P _{Ges} - Konz.	0,042 [mg/l]	Reihe (1961-2014) :	
∅ P _{filt} - Konz.	0,017 [mg/l]	MQ [m ³ /s]	1,3
∅ PO ₄ -P - Konz.	0,007 [mg/l]	Mq [l/s*km ²]	35,0
P_{Ges} Jahresfracht	1.846 [kg/a]	100 %	EZG-Fläche [km ²] 37,0
P _{filt.} Jahresfracht	758 [kg/a]	41 %	EZG-Anteil [%] 15,0
PO₄-P Jahresfracht	290 [kg/a]	15 %	Länge [km] 7,5

Tabelle 17 Frachtenberechnung Zeller Ache

Zum Vergleich zu den großen Zubringer-Achen wurde in Tabelle 18 ebenfalls für die kleineren Zubringer die Phosphor-Jahresfracht berechnet. Aufgrund fehlender Wasserführungsdaten wurde einerseits eine Rückrechnung über den Teil-EZG-Anteil der Jahresabflussmenge am Mondseeausrinn durchgeführt und andererseits der Jahresabfluss über eine mittlere Regenspende von 35 l/s*km² (siehe Tabelle 15 & Tabelle 17) berechnet. Diese wurde mit der mittleren P_{Ges} und PO₄-P-Konzentration zu einer Jahresfracht hochgerechnet. Die beiden Ergebnisse variieren um ~ 10 %, herangezogen werden jene aus der Rückrechnung über Jahresabflussmenge der Seeache. Unterseeische Quellen, Interstitialabfluss und Verdunstung konnten dabei nicht abgebildet werden. Es wurden nur jene Zubringer behandelt, welche nicht innerhalb des Einzugsgebietes einer der drei Achen liegen.

Die 19 untersuchten kleineren Zubringerbäche haben eine EZG-Fläche von 23,4 km², wodurch sich die mittlere EZG-Fläche auf 1,23 km² beläuft.

Kleinere Zubringerbäche	EZG- Größe [km ²]	Anteil EZG [%]	Jahres- abfluss [m ³ /a]	P _{Ges}			PO ₄ -P		
				ø Konz. [mg/l]	Fracht [kg/a]	Anteil Eintrag	ø Konz. [mg/l]	Fracht [kg/a]	Anteil Eintrag
Altersbach Mdg.	1,62	0,65%	1.973.394	0,003	6,5	0,61%	0,002	4,2	0,98%
Aubachl Mdg.	0,17	0,07%	203.934	0,005	1,0	0,09%	0,002	0,4	0,09%
Auhofbach Mdg.	0,66	0,27%	802.302	0,017	13,9	1,31%	0,006	5,1	1,19%
Buchingergraben Mdg.	0,19	0,08%	230.799	0,077	17,8	1,68%	0,004	1,0	0,23%
Dachsnergraben Mdg.	0,39	0,16%	481.137	0,056	27,1	2,55%	0,028	13,3	3,11%
Diestlbach Mdg.	0,92	0,37%	1.125.909	0,030	33,8	3,18%	0,004	4,9	1,15%
Dirnbergergraben Mdg.	0,12	0,05%	151.424	0,124	18,7	1,76%	0,109	16,5	3,86%
Höribach Mdg.	2,04	0,82%	2.491.166	0,059	147,8	13,91%	0,026	64,5	15,10%
Höribachhofgraben Mdg.	0,19	0,08%	227.136	0,071	16,2	1,52%	0,030	6,8	1,59%
Kandlbach Mdg.	1,74	0,70%	2.119.933	0,026	55,6	5,24%	0,017	35,4	8,29%
Kienbach Mdg.	2,57	1,04%	3.134.717	0,004	12,1	1,14%	0,002	6,3	1,47%
Möstlbach Mdg.	3,26	1,32%	3.978.538	0,083	329,6	31,01%	0,020	78,4	18,34%
Oberleitnergraben Mdg.	0,70	0,28%	852.369	0,006	4,9	0,46%	0,002	1,7	0,40%
Ortergraben Mdg.	1,30	0,52%	1.581.402	0,004	6,2	0,59%	0,002	3,2	0,74%
Röhrenbach Mdg.	0,66	0,27%	801.081	0,045	35,8	3,37%	0,011	8,8	2,06%
Schreitenbach Mdg.	0,20	0,08%	246.674	0,039	9,7	0,91%	0,008	1,9	0,45%
Steinerbachl	5,83	2,36%	7.118.139	0,040	283,5	26,68%	0,021	149,5	34,98%
Zubr. Scharfling Mdg.	0,56	0,23%	680.186	0,015	10,0	0,94%	0,005	3,4	0,80%
Zubr. Schwarzindien Mdg.	0,38	0,15%	467.704	0,069	32,5	3,05%	0,047	22,1	5,18%
SUMME	23,48	9,49%	28.667.942	GESAMT	1.063	100%	GESAMT	427	100%

Tabelle 18 Zubringerbäche Jahresfracht

Der Möstlbach, mit nur 1,32 % der EZG-Fläche des Mondsees, lieferte 329,6 kg (2,6 %) der gesamten P_{Ges}-Fracht. Das entspricht 31,0 % der Befrachtung durch die kleinen Zubringer. Die Zubringer Höribach (Abbildung 19a), Möstlbach (Abbildung 19b) und Steinerbach (Abbildung 20) zeichneten sich durch eine hohe P_{Ges}-Perzentile aus. Die Zubringer haben, wie im Anhang ersichtlich, einzelne deutlich erhöhte Analyseergebnisse beispielsweise im September. Die Kombination aus hoher Jahresperzentile und einer verhältnismäßig hohen Wasserführung führt zu derartigen Jahresfrachten. Die EZG an sich, sind sehr unterschiedlich.

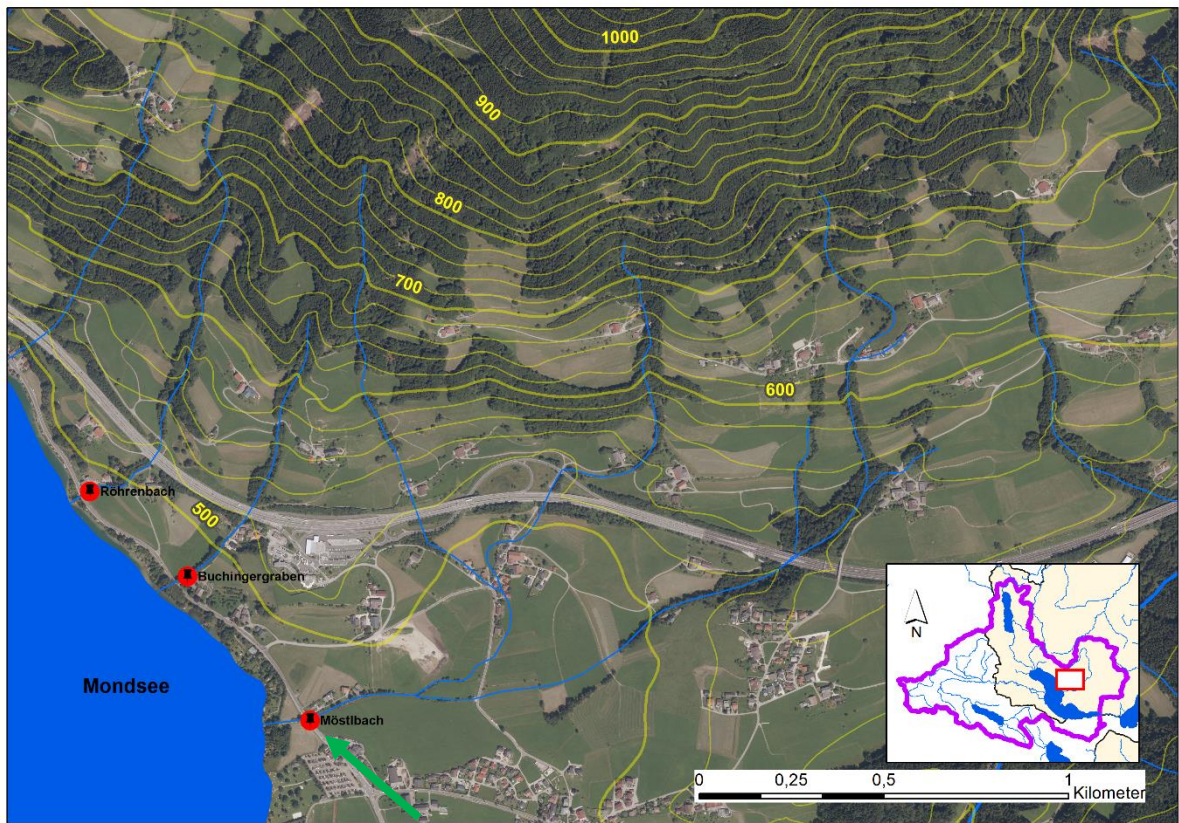
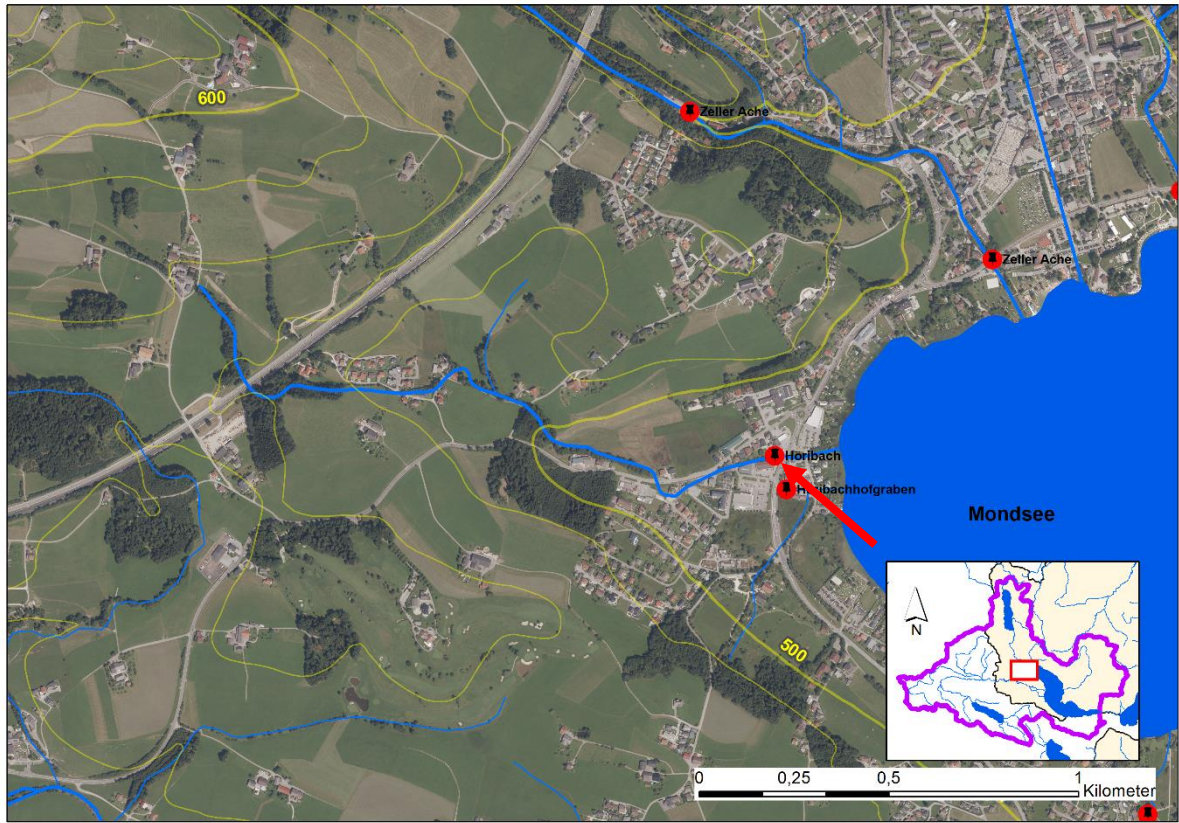


Abbildung 19 Orthofoto EZG oben a: Höribach (roter Pfeil); unten b: Möstlbach (grüner Pfeil)

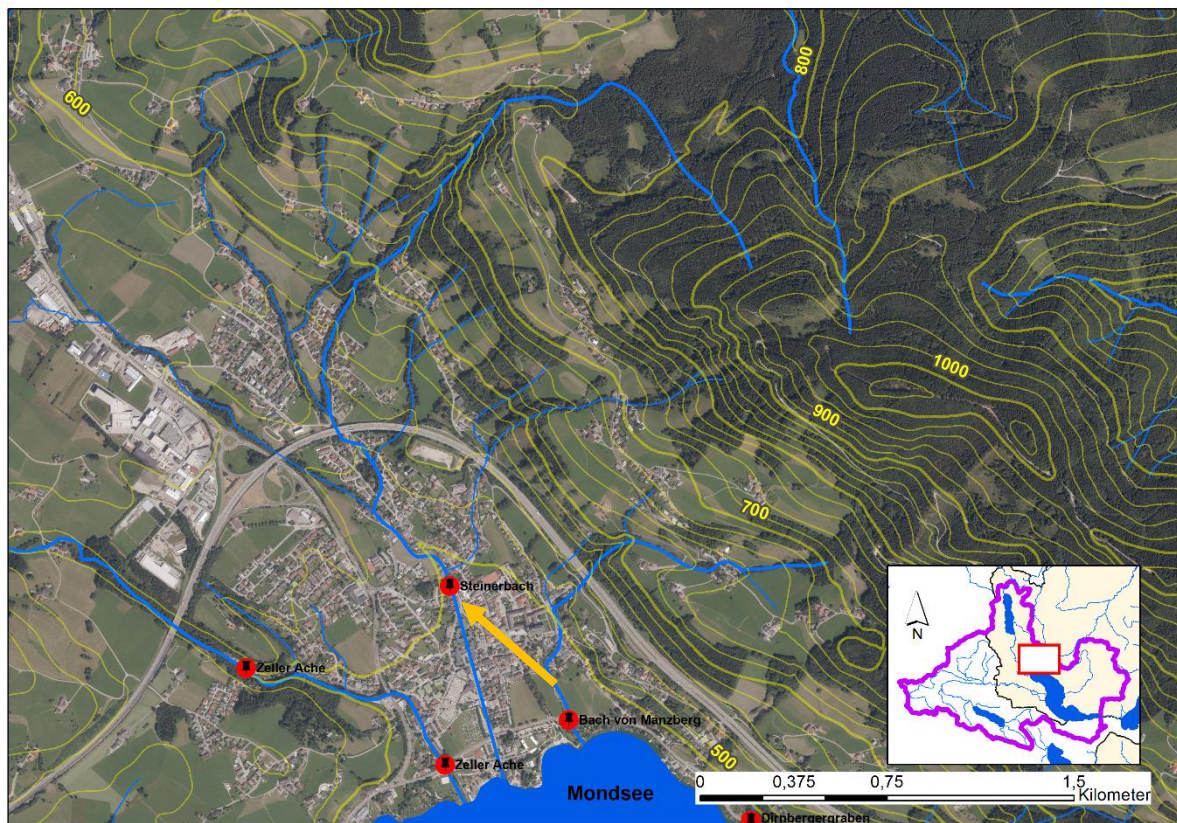


Abbildung 20 Orthofoto EZG: Steinerbach (oranger Pfeil)

Die Flächennutzung vom Höribach-EZG (Abbildung 19a) ist beinahe zur Gänze der Grünlandwirtschaft zuzuschreiben und die vorhandenen Siedlungsflächen dürften keinen Einfluss auf die abfließende Fracht haben. Das Gefälle ist verhältnismäßig gering.

Der Oberlauf des Möstlbachs (Abbildung 19b) liegt in einem Waldgebiet und hat ein hohes Gefälle. Das übrige EZG ist, abgesehen von der Autobahn, recht unauffällig für diese Region.

Der Steinerbach (Abbildung 20) durchfließt auf ~ 3 km das Siedlungsgebiet der Ortschaft Mondsee. Der Oberlauf ist neben Grünland eher forstwirtschaftlich dominiert und sehr steil. Die Ursache der Verschmutzung kann in diesem Kontext durch ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren vermutet werden.

Bei der September-Probennahme sind die P_{Ges} -Analysergebnisse vom **Möstlbach** mit 0,58 mg/l, vom **Buchingergraben** mit 0,57 mg/l und mehreren anderen Zubringern auffällig hoch ausgefallen. Diese Beiden wurden aufgrund der geringen Distanz (Luftlinie ~ 510 m) zueinander nicht als Ausreißer gewertet. Hier gab es eine Verbindung zum Parkplatz der Autobahn-Raststätte Mondsee. Laut Anrainer kam es hier über Rückhaltebecken zu Abschwemmungen von z.B. Lebensmittel. Es wurde mit Anrainern vereinbart, dass die Behörde im Anlassfall über akut auftretende Missstände informiert wird.

Die Auswirkung von besonderen Einzelereignissen zeigte zum Beispiel ein ausreißender Messwert bei der Stelle „Zeller Ache Seemündung“. Der P_{Ges} -Messwert im April

stellt mit 1,2 mg/l einen extremen Ausreißer dar (30-fach höherer Wert als Durchschnitt). Dieser würde die Jahresdurchschnittskonzentration von 0,037 auf 0,134 mg/l anheben und somit die durchschnittliche Jahresfracht beinahe vervierfachen (mit Ausreißer 6200 kg/a – ohne Ausreißer 1710 kg/a). Gerade bei der P_{Ges}-Analyse können mitgeführte Grobpartikel deutliche Schwankungen hervorrufen. Im Feldprotokoll wurde vermerkt, dass oberhalb der Probestelle im Zuge einer Renaturierung grobe Baggerarbeiten im Bachbett stattfanden und zusätzlich ein starker Platzregenschauer niederging. Die übrigen Analyseergebnisse bewegten sich in einem unauffälligen Rahmen. Bei der Wangauer Ache wurde der P_{Ges}-Analysenwert, von 0,390 mg/l, vom Februar als Ausreißer eingestuft und aus der Berechnung entfernt. Hier handelte es sich um einen Hochwasserwert. Im Feldprotokoll wurde ein etwa 60 cm höherer Pegelstand sowie eine starke Trübung und Braunfärbung vermerkt.

Auffällig war der hohe Anteil der Zeller Ache, welche mit einem EZG-Anteil bis zum Pegel von 14,95 % einen P_{Ges} Frachtenanteil von 14,6 % lieferte, allerdings nur bei Basisabflussbedingungen. Ähnliches lässt sich über die Fuschler Ache in gegenteiliger Richtung feststellen. Diese lieferte mit einem EZG-Anteil von 44,1 % lediglich 17,5 % der P-Fracht bei mittleren Abflussbedingungen. Eine Erklärung dafür wäre, dass ein Teileinzugsgebiet der Fuschler Ache durch den Fuschlsee entwässert und dort Phosphor zurückgehalten wird. Das wiederum trifft in ähnlicher Form auch für die Zeller Ache mit dem Irrsee zu. Somit scheinen eventuell die Geologie und/oder die jeweilige landwirtschaftliche Praxis für den Unterschied ausschlaggebend zu sein.

Daher wurde probeweise der Messwert für die Berechnung der Jahresfracht (Tabelle 19) ausgenommen, was wiederum dazu führte, dass bei der Seemündung die Fracht gegenüber dem Pegel oberhalb leicht zurückging. Für die Frachtberechnungen des gesamten Mondsee-EZG war das nicht relevant, da die oberhalb liegende Pegelstelle dafür hergenommen wurde. Aber es bestätigte die Ergebnisse insofern, als sich die Ereignisfrachten der Dauermessstelle in der Fuschler Ache im Vergleich zu anderen Einzugsgebieten belegen ließen.

Mit dem Zubringer-Monitoring konnten 88,1 % der gesamten Mondsee-EZG-Fläche (Pegel Au/Seeache: 247,4 km²) messtechnisch erfasst werden. Der nicht erfasste Flächenanteil (11,9 %) wurde über das gesamte Flächenmittel aufgerechnet und zur Gesamtfracht addiert.

Gesamtbefrachtung über Zubringer bei Basisabfluss	EZG-Fläche [km ²]	EZG-Anteil [%]	Eintrag P _{Ges} [kg/a]	Eintrag PO ₄ -P [kg/a]
Mondsee Achen bis Pegel	188,1	73,0%	5.034	1.392
Zubringerbächen	23,5	9,5%	1.063	427
Seefläche	13,8	5,6%	///	///
ERFASSTE FLÄCHE	225,3	88,1%	6.097	1.820
Nicht erfasste Fläche	22,1	11,9%	825	217
GESAMTFRACHT ZUBRINGER	247,4	100,0%	6.922	2.037

Tabelle 19 Gesamtfracht gesamtes Mondsee Einzugsgebietes zu MQ-Bedingungen

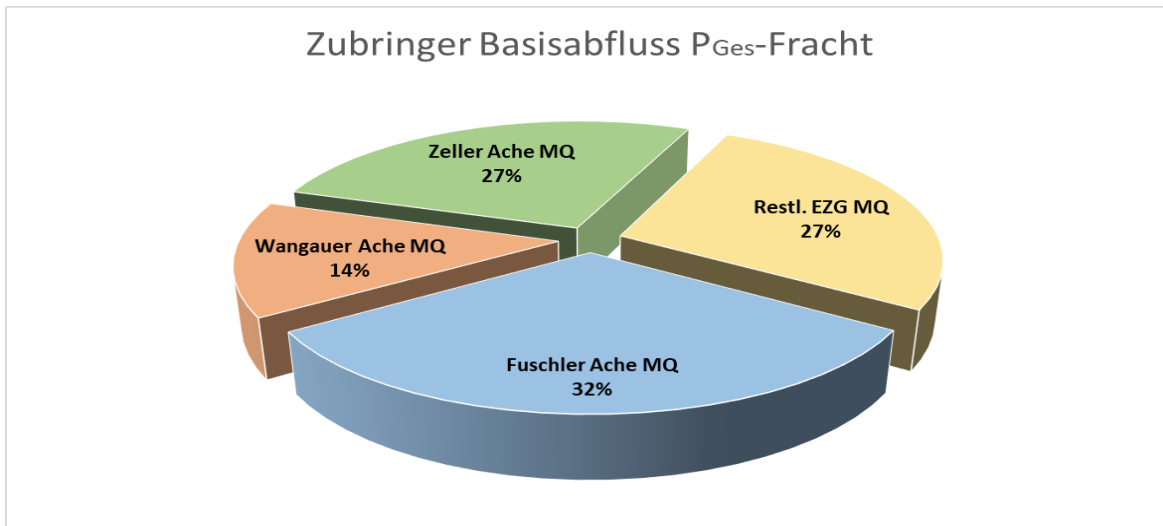


Abbildung 21 Verteilung Zubringer Basisabfluss

6.1.2. P-Eintrag durch Niederschlagsereignisse über die Zubringer

Der Ereignisprobennehmer, welcher in der Fuschler Ache beim Pegel St. Lorenz im gesamten Untersuchungszeitraum situiert wurde, beprobte die 17 höchsten Abfluss-Ereignisse, welche auf ergiebige Niederschläge im EZG folgten. Darauf aufbauend wurden die Gesamtfrachten der erfassten, und im Verlauf plausiblen, Ereignisse berechnet.

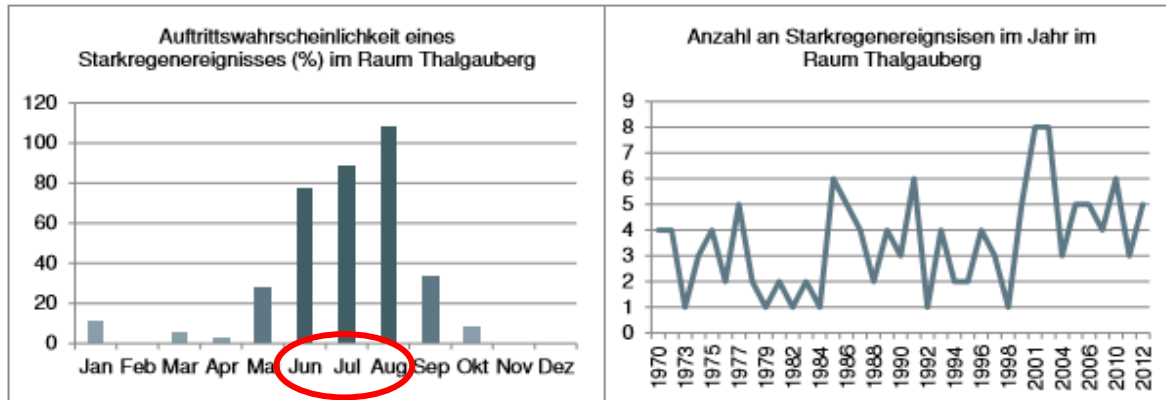


Abbildung 22 Auswertung der Starkregenaufzeichnungen der Station Thalgauberg, 1970-2012 (Daten: Hydrographischer Landesdienst Salzburg)

Erwartungsgemäß fanden die erfassten Starkregen-Ereignisse hauptsächlich im Zeitraum Juni und Juli statt, womit sich die hohe Auftrittswahrscheinlichkeit in diesen Monaten bestätigt (Abbildung 22). Es wird davon ausgegangen, dass punkto Niederschlags-Abschwemmung der Großteil der durchschnittlichen Jahresmenge messtechnisch erfasst wurde und weitere Ereignisse diesen Wert nur mehr geringfügig ändern. Die in Tabelle 20 erfassten Niederschlagsereignisse beziehen sich ausschließlich auf die Fuschler Ache.

NS-Ereignisse	Abflussgeschehen				Fracht	
	Q ₀	Q _{max}	ΔQ		P _{Ges}	PO ₄ -P
	[m ³ /s]		%		[kg]	
09.06.2016	23,59	25,14	1,55	6,6	47	12
13.06.2016	19,98	32,56	12,58	63,0	147	13
19.06.2016	20,46	21,92	1,46	7,1	38	8
02.07.2016	16,82	35,54	18,72	111,3	257	31
12.07.2016	15,36	54,70	39,34	256,1	902	32
23.07.2016	28,58	42,79	14,21	49,7	203	19
27.07.2016	19,22	33,53	14,31	74,5	163	16
05.09.2016	19,95	22,04	2,09	10,5	76	6
06.11.2016	15,61	27,49	11,88	76,1	185	32
GESAMT [kg]					2.018	169

Tabelle 20 Frachten der Niederschlagsereignisse Fuschler Ache

Das in Tabelle 20 hervorgehobene Niederschlagsereignis vom 12.07.2016 verursachte, wie zuvor beschrieben, in der Fuschler Ache den höchsten Abfluss mit Wasserstand 218 cm ($Q_{\max} = 54,70 \text{ m}^3/\text{s}$) im Jahr 2016. Dazu ist anzumerken, dass dieses Ereignis keinem außergewöhnlichem Hochwasser entspricht, jedoch trotzdem eine P_{Ges} -Fracht von ~ 900 kg mitführt. Vergleichsweise beträgt das MHQ (1961-2014) im Juli vom Pegel St. Lorenz beträgt $35,2 \text{ m}^3/\text{s}$ und das HHQ bereits $105 \text{ m}^3/\text{s}$ (Hydrographisches Jahrbuch 2014).

Die erfasste Phosphor-Fracht der Fuschler Ache wurde über den EZG-Anteil auf das gesamte Mondsee Einzugsgebiet hochgerechnet, womit sich eine P_{Ges} -Fracht von 4,6 t im Untersuchungsjahr, resultierend aus Starkregenerereignissen, ergibt.

Eintrag durch Starkregen Ereignisse		P_{Ges}		PO ₄ -P	
Zubringer	Anteil EZG	Erfasste Fracht	Anteilmäßige Hochrechnung	Erfasste Fracht	Anteilmäßige Hochrechnung
		[kg/a]	[kg/a]	[kg]	[kg]
Fuschler Ache	44,1%	2.018		169	
Wangauer Ache	14,0%		640		54
Zeller Ache	15,0%		685		57
Restl. EZG	27,0%		1.237		104
SUMME [kg/a]		4.580		384	

Tabelle 21 Hochrechnung der Fuschler Ache - Starkregenerereignisse auf restliches EZG

6.1.3. P-Eintrag durch den RHV Mondsee – Irrsee

Die Datengrundlage dazu bilden Aufzeichnungen aus der Eigenüberwachung von 2016 bezüglich Abfluss der Kläranlage und aus photometrischer Messung P_{Ges} -Analysergebnisse. Dem RHV Mondsee-Irrsee wurde bereits ein strengerer P_{Ges} -Grenzwert im Ablauf von $0,35 \text{ mg/l}$ vorgeschrieben, welcher vorbildlich eingehalten wurde. Erfahrungsgemäß bestehen 80 % des P_{Ges} -Gehaltes vom Kläranlagenablauf aus PO₄-P. Die Bestimmung des PO₄-P-Gehaltes im Ablauf der Kläranlage ist gesetzlich nicht

vorgeschrieben, wird aber der Vollständigkeit halber für die Bilanzierung in Kapitel 6.3 angenommen.

Frachtenberechnung RHV Mondsee 2016:	
Ø Tagesabfluss	5.475,8 [m ³ /d]
Jahresabfluss Kläranlage	1.998.650,2 [m ³ /a]
Ø P _{Ges} -Konz. im Ablauf	0,339 [mg/L]
P _{Ges} - Tagesfracht	1,85 [kg/d]
P_{Ges} - Jahresfracht	676,9 [kg/a]

Tabelle 22 Frachtenberechnung RHV Mondsee 2016

Der fehlende Anteil aus dem EZG der Fuschler Ache wird vom RHV Fuschlsee-Thalgau (Abbildung 6, roter Pfeil) übernommen. Aufgrund der Selbstreinigungstrecke von 9,3 km wird angenommen, dass Abbauprozesse weitgehend fortgeschritten und dadurch im See ankommende Nährstoffe für eine Frachtenberechnung weniger relevant sind. Unter Basisabflussbedingungen wird vermutet dass der Phosphor vom Ablauf soweit biologisch umgesetzt ist, dass er hauptsächlich in gelöster Form in den Mondsee eingetragen wird.

6.1.4. P-Eintrag auf Seefläche durch atmosphärischen Eintrag

Nach MOOG (1987) wurde für die Berechnung des atmosphärischen Phosphor-Eintrags eine mittlere Phosphorkonzentration von 23 µg P/l herangezogen. Diese Daten wurden zwar bereits vor ca. 30 Jahren erhoben, basieren aber dafür auf konkreten Messungen im Einzugsgebiet. Für die Berechnung der Wasserfracht wurde die langjährige Niederschlagsmenge von der unmittelbar an den Mondsee angrenzenden Niederschlags-Messstellen Scharfling (1971-2015: 1557 mm/a) verwendet.

Die sich daraus ergebende Flächenbelastung von 0,36 kg P/ha*a liegt innerhalb der Spanne, der in der Literatur zu findenden Werte für andere Gebiete im Mittelfeld bis leicht darunter.

Seefläche	Wasserfracht	P _{Ges} -Fracht	Flächenbelastung
[km ²]	[Mio. m ³ /a]	[kg P/a]	[kg P/ha*a]
13,78	21,5	493,5	0,36

Tabelle 23 Frachtab schätzung durch atmosphärischen Eintrag

6.2. Austrag

6.2.1. P-Austrag über Seeache

Die Seeache mit dem Durchflusspegel in Au (Abbildung 23) eignet sich hervorragend für die Berechnung des Systemaustrages aus dem Mondsee-EZG. Das Abflussregime schwankt beim langjährigen mittleren Monats-MQ zwischen 13,20 m³/s im März (MAX) und 6,39 m³/s (MIN) im Oktober. Geringe Konzentrationen finden sich, wie in Tabelle 24 ersichtlich bei den Analyseergebnissen. Zusätzlich findet sich recht stabiles Verhalten bei den Analyseergebnissen im Jahresverlauf, siehe dazu Tabelle 25.

Seeache Pegel Au			
MQ2016	9,58 [m ³ /s]	Reihe (1981-2014):	
∅ P _{Ges} - Konz.	0,009 [mg/l]		
∅ P _{filt} - Konz.	0,005 [mg/l]		
∅ PO ₄ -P - Konz.	0,002 [mg/l]		
Jahresfracht P_{Ges}2016	2.844,9 [kg/a]	MQ [m ³ /s]	9,13
Jahresfracht P _{filt} 2016	1.435,0 [kg/a]	Mq [l/s*km ²]	36,9
Jahresfracht PO₄-P2016	679,8 [kg/a]	EZG-Fläche [km ²]	247,4

Tabelle 24 P-Austrag Seeache



Abbildung 23 Durchflusspegel Au am Mondsee Seeausrinn
(Quelle: ehyd; Abrufzeitraum: 25.06.18 14:00)

Monat 2016	P _{Ges} [mg/l]	P _{filt} [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]
Jan	0,011	0,006	0,004
Feb	0,010	0,004	0,002
Mär	0,010	0,003	0,002
Apr	0,007	0,004	0,002
Mai	0,006	0,006	0,003
Jun	0,011	0,003	0,002
Jul	0,009	0,005	0,002
Aug	0,007	0,003	0,002
Sep	0,012	0,004	0,002
Okt	0,013	0,008	0,002
Nov	0,008	0,004	0,002
Dez	0,009	0,007	0,002
MITTEL	0,009	0,005	0,002
MAX	0,013	0,008	0,004
MIN	0,006	0,003	0,002

Tabelle 25 P-Analysenergebnisse Seeache Pegel Au

6.2.2. P-Austrag über Befischung

Gemäß Kapitel 2.1.2 schwankt der jährliche Phosphor-Austrag durch Befischung zwischen 26 und 60 kg P/Jahr. Dessen Mittelwert wird mit 43 kg P/Jahr für die Bilanzierung als Systemaustrag herangezogen.

6.3. Phosphor-Bilanz

Die nachstehende Tabelle fasst die zuvor berechneten Einzelfrachten des Phosphors zu einer Jahresfracht zusammen. Berücksichtigt werden ausschließlich jene Anteile, welche aus den selbst erhobenen und aktuellen Ergebnissen des Untersuchungsprogramms berechnet wurden. Erfasst wurden folgende Einträge:

- Eintrag aller Zubringer, separiert in großen Achen und kleineren Zubringerbächen, unter mittleren Abflussbedingungen aus dem Zubringer-Monitoring. Zusätzlich der nicht erfassten Fläche hochgerechnet aus der mittleren Gebietsfracht
- Eintrag durch große/außergewöhnliche Niederschlags-Ereignisse aus dem EZG der Fuschler Ache, durch den Ereignis-Probennehmer, hochgerechnet auf das gesamte Mondsee-EZG
- Eintrag vom RHV Mondsee-Irrsee aus den Daten der Eigenüberwachung

P-Bilanz Mondsee						
	durch	Parameter	Betrag	Einheit	entspricht	
Eintrag	Mondsee Einzugsgebiet	P _{Ges}	6.922	[kg/a]	55%	
		PO ₄ -P	2.037	[kg/a]	69%	
	Niederschlagsereignisse	P _{Ges}	4.580	[kg/a]	36%	
		PO ₄ -P	384	[kg/a]	13%	
	RHV Mondsee	P _{Ges}	677	[kg/a]	5%	
		PO ₄ -P	542	[kg/a]	18%	
	Atmosphärischer Eintrag	P _{Ges}	494	[kg/a]	4%	
	GESAMT	P _{Ges}	12.673	[kg/a]	100%	
		PO ₄ -P	2.962	[kg/a]	100%	
	Austrag	Seeache	P _{Ges}	2.845	[kg/a]	/
PO ₄ -P			680	[kg/a]		
Befischung		P _{Ges}	43	[kg/a]		
GESAMT		P _{Ges}	2.888	[kg/a]	23%	
		PO ₄ -P	680	[kg/a]	23%	
Im System verbleibend		P _{Ges}	9.785	[kg/a]	77%	
		PO ₄ -P	2.282	[kg/a]	77%	

Tabelle 26 Phosphor-Bilanz Mondsee 2016

Es wurde eine P_{Ges}-Jahresfracht von **12,7 t P_{Ges}/a** ermittelt.

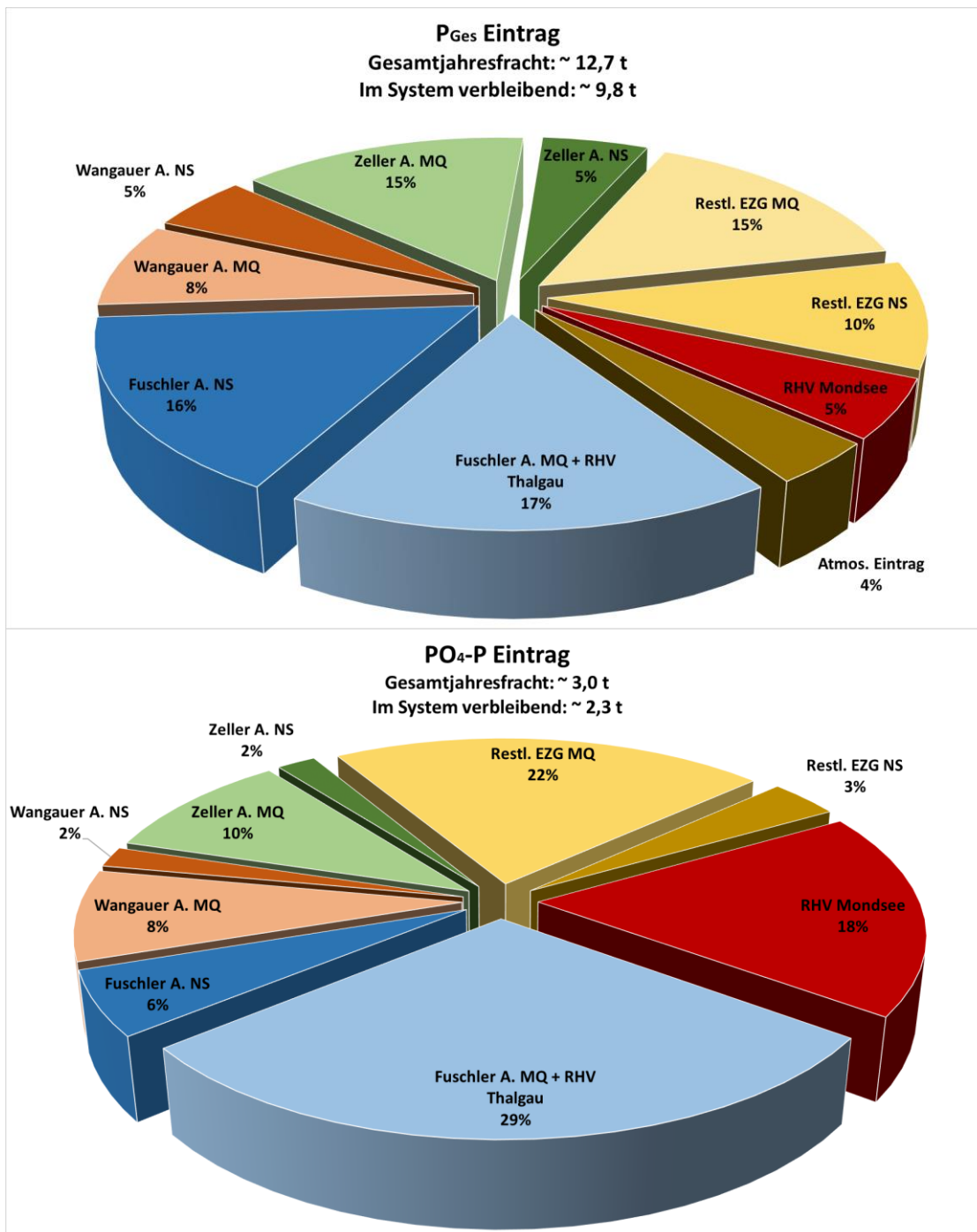


Abbildung 24 Tortendiagramm oben a: P_{Ges}-Eintrag; unten b: PO₄-P-Eintrag

Legende:

Ortsbezeichnung:

Fuschler A.: Fuschler Ache

Restl. EZG: Mondsee-Einzugsgebiet ohne EZG der Fuschler -, Wangauer - und Zeller Ache und Seefläche

RHV: Reinhaltverband

Eintragspfad:

MQ Basisabfluss-Bedingungen

NS Befruchtung durch erfasste Niederschlagsereignisse über jeweiliges EZG

Bilanz	P _{Ges}		PO ₄ -P	
Eintrag	12,7 [t/a]	100%	3,0 [t/a]	100%
Austrag	2,9 [t/a]	23%	0,7 [t/a]	23%
im System verbleibend	9,8 [t/a]	77%	2,3 [t/a]	77%

Tabelle 27 P Bilanz

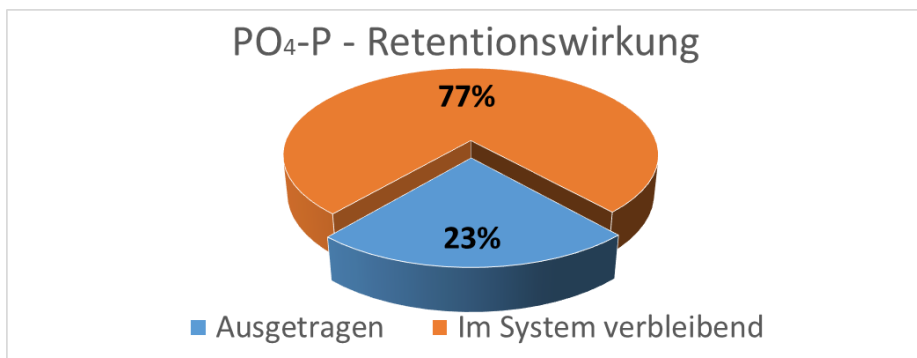
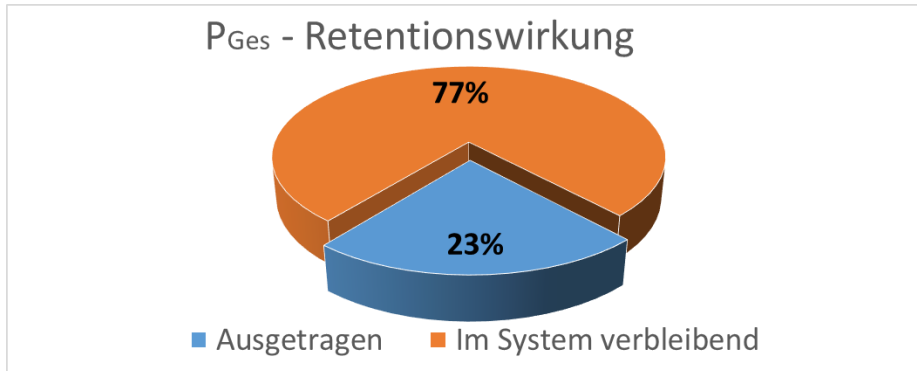


Abbildung 25 oben a: P_{Ges}-Retention; unten b: PO₄-P Retention

Flächenbelastung im Teil-EZG

Gewässer	Eintragspfad	P _{Ges} Eintrag	Gesamt-eintrag	Flächen-Belastung	EZG-	
		[kg P _{Ges} /a]			[kg P _{Ges} /ha*a]	Größe [km ²]
Fuschler Ache	Zubringer bei Basisabfluss	2219	4.237	0,39	109,0	44,1
	Niederschlagsereignisse über Zubringer	2018				
Wangauer Ache	Zubringer bei Basisabfluss	969	1.610	0,47	34,6	14,0
	Niederschlagsereignisse über Zubringer	640				
Zeller Ache	Zubringer bei Basisabfluss	1846	2.531	0,68	37,0	15,0
	Niederschlagsereignisse über Zubringer	685				
Restl. EZG	Zubringer bei Basisabfluss	1063	2.350	1,00	23,5	9,5
	Niederschlagsereignisse über Zubringer	1287				

Tabelle 28 Flächenbelastung der Teil-EZG

- *Achen (~ 39 % der Jahresfracht)*

Unter gemittelten Abflussbedingungen liefert die hauptverdächtige Fuschler Ache mit $0,39 \text{ kg P}_{\text{Ges}}/\text{ha} \cdot \text{a}$ die geringste Flächenbelastung der drei Mondsee-Achen. Die Fuschler Ache hat bei gleichem Acker, Wiese oder Weideanteil wie die Wangauer Ache einen deutlich höheren $\text{PO}_4\text{-P}$ – Anteil (Fuschler A. 39%; Wangauer A. 25%). Eine mögliche Begründung wäre die Einleitung und Umsetzung von geklärten Abwässer aus dem RHV Thalgau.

Die Zeller Ache liefert bei ähnlicher EZG-Größe mit 1850 kg/a beinahe das Doppelte der Wangauer Ache. Wie sich in 2.4 recht gut widerspiegelt hat die Zeller Ache auch beinahe das Doppelte an Acker, Wiese oder Weidefläche (Zeller A. 62 %; Wangauer A. 38 %).

Gleiches lässt sich bei den beiden EZG bei den Forstflächen in entgegengesetzter Form feststellen (Wangauer A. 55 %; Zeller A. 29 %). Ebenso ist der gelöste $\text{PO}_4\text{-P}$ – Anteil der eingebrachten Gesamtfracht bei Wangauer Ache gegenüber der Zeller Ache um 10 % höher.

- *Zubringerbäche (~8 % der Jahresfracht)*

Bezieht man die ermittelten P_{Ges} -Frachten auf die Fläche des jeweiligen Einzugsgebietes, zeigt sich dass die Zubringerbäche um Faktor 2,5 mehr P_{Ges} pro ha liefern als beispielsweise die Fuschler Ache. Diese weisen mit, im Mittel $1 \text{ kg P}_{\text{Ges}}/\text{ha} \cdot \text{a}$, die höchste Flächenbelastung auf, wobei ~ 72 % davon von Höribach, Möstlbach und Steinerbachl eingetragen werden. Trotz kleinem EZG-Gebiet der Zubringerbäche von $23,5 \text{ km}^2$ ist dessen Befruchtung in der Jahresbilanz durchaus relevant.

Zubringer unter Basisabfluss-Bedingungen

In Summe liefern alle Zubringer bei Normalwasserführung, einschließlich Abschwemmung durch nicht erfasste Fläche, beinahe $7 \text{ t P}_{\text{Ges}}/\text{a}$, weshalb diese mit einem Anteil von 55 % den größten Eintragspfad darstellen.

Ereignis-Probennehmer

Insgesamt konnte für das gesamte Mondsee - Einzugsgebiet ein Eintrag von $\sim 4,6 \text{ t P}_{\text{Ges}}/\text{a}$, verursacht durch neun Starkregenereignissen festgestellt werden. Dabei konnte speziell ein Ereignis festgehalten werden, welches den höchsten Jahresabfluss in der Fuschler Ache verursachte und innerhalb von 12 Stunden einen P_{Ges} -Eintrag von $\sim 910 \text{ kg}$ nach sich zog. Die Fracht erreichte bei allen Niederschlagsereignissen ungefähr zwei Stunden nach der höchsten Niederschlagsmenge ihr Maximum.

RHV Mondsee-Irrsee

Der reduzierte P_{Ges} -Ablauf Grenzwert wird bisher verlässlich eingehalten und die Größenordnung des Eintrags durch die Kläranlage ist mit $\sim 675 \text{ kg P}_{\text{Ges}}/\text{a}$, im Verhältnis zu den anderen Eintragspfaden mit 5% gering. Bezogen auf $\text{PO}_4\text{-P}$ erhöht sich der Anteil des RHV an der Gesamtfracht allerdings auf 18%, was im Hinblick auf die jahreszeitlich gleichmäßige und rasche biogene Verfügbarkeit nicht außer Acht gelassen werden darf.

Atmosphärischer Eintrag auf der Seefläche

Der atmosphärische Eintrag durch Windverfrachtung und Niederschlag auf die Seefläche beträgt $\sim 495 \text{ kg P}_{\text{Ges}}/\text{a}$. Der dadurch verursachte Flächeneintrag entspricht mit $0,36 \text{ kg P}_{\text{Ges}}/\text{ha} \cdot \text{a}$ beinahe dem der Fuschler Ache, und verursacht ~ 4 % vom Jahreseintrag.

7. Diskussion

Anhand der erhobenen Daten kann der P_{Ges} -Jahreseintrag in den Mondsee für das Jahr 2016 recht gut abgeschätzt werden (12,7 t/a). Die monatlichen Stichproben an fast allen Zubringerbächen, ergänzt durch den ereignisbezogenen Probensammler an der Fuschler Ache erlauben eine getrennte Betrachtung zwischen Trockenperioden und Zeiten mit starken Niederschlägen.

Aufgrund der Wasserführung trägt die Fuschler Ache auch im Jahr 2016 prozentuell am meisten zur Gesamtfracht bei. Die eingebrachte Menge belief sich auf $\sim 4,2$ t P_{Ges} /a, woraus sich eine durchschnittliche Flächenbelastung im Einzugsgebiet von **0,39 kg P_{Ges} /ha*a** ergibt.

Im Vergleich ergab sich nach STRAUß & STAUDINGER (2007) zwischen 1990 und 2005 eine mittlere jährliche Phosphor-Fracht über die Fuschler Ache von ~ 6 t P_{Ges} /a, woraus sich eine Flächenbelastung von **0,55 kg P_{Ges} /ha*a** errechnete.

Laut Stoffbilanzmodell MONERIS (BMLFUW 2011) ergab sich ein Jahreseintrag von 5,6 t P_{Ges} /a und eine Flächenbelastung für die Fuschler Ache von **0,51 kg P_{Ges} /ha*a**. WPA 2015 errechnete mit angepassten MONERIS-Werten für die Fuschler Ache einen Jahreseintrag von 3,3 t P_{Ges} /a, was einer durchschnittlichen Flächenbelastung von **0,30 kg P_{Ges} /ha*a** entsprach. In verschiedenen Teileinzugsgebieten wurden dabei auch Risikoflächen ausgewiesen, die eine Flächenbelastung über **1 kg P_{Ges} /ha*a** aufwiesen. Dies passt gut zu den von uns ermittelten Flächenbelastungen einzelner kleinerer Zubringer (z.B. Höribach, Möstlbach, Steinerbachl).

Auffällig sind die Ergebnisse an der Zeller Ache. Die P_{Ges} -Konzentrationen waren mehrmals (Februar: 0,120 mg/l; April: 0,049 mg/l; Juni: 0,085 mg/l, September: 0,140 mg/l) deutlich erhöht. Aus dem Jahreseintrag von $\sim 2,5$ t P_{Ges} /a ergibt sich eine Flächenbelastung von **0,68 kg P_{Ges} /ha*a**. Dies ist der höchste Wert im Vergleich der drei Achen und liegt auch deutlich über den Werten von STRAUß & STAUDINGER (2007), die für die Zeller Ache eine langjährige mittlere Fracht von 1 t P_{Ges} /a und **0,27 kg P_{Ges} /ha*a** angeben. Dies ist umso erstaunlicher, als wir aufgrund fehlender Datengrundlagen den Phosphorrückhalt im Irrsee nicht berücksichtigen konnten. In Wirklichkeit ist im Teil-Einzugsgebiet der Zeller Ache zwischen Irrsee und Mondsee noch von einer wesentlich höheren Flächenbelastung auszugehen. Neben diffusen Einträgen aus der Abschwemmung landwirtschaftlicher Flächen dürfte dabei auch die zunehmende Verbauung und Versiegelung in diesem Bereich eine Rolle spielen.

Die Erhebungen eines Jahres sind stark von dessen hydrologischen Kennwerten abhängig und können kleinräumig sehr stark variieren. Grundsätzlich kann das Jahr 2016 als geringfügig feuchter gegenüber dem langjährigen Durchschnitt angesehen werden. Die Mittelwasserführungen von 2016 sind gegenüber dem langjährigen Schnitt leicht erhöht (Fuschler Ache ca. +4 %; Zeller Ache: ca. + 6 %). In sogenannten feuchten Jahren ist der Anteil an abgeschwemmtem Dünger höher als in Jahren mit geringerem Niederschlag.

Die hohe Bedeutung von Niederschlagsereignissen für die Gesamt-Phosphor-Einschwemmung wird auch durch die Auswertung der ereignisbezogenen Proben 2016 an der Fuschler Ache bestätigt: Von den ca. 4,2 Tonnen P_{Ges} , die 2016 über die Fuschler Ache in den Mondsee gelangten, wurde fast die Hälfte (ca. 2 Tonnen) während der Niederschlagsereignisse eingeschwemmt. Legt man dies auf den gesamten Mondsee um, so ergibt sich ein abgeschätzter P_{Ges} -Jahreseintrag von ca. 4,5 Tonnen, allein

während der Niederschlagsereignisse. In WPA 2016 wird hier eine Schätzung von 6 Tonnen/a in den Jahren 2012/2013 zitiert. Möglicherweise ist diese Differenz auch darauf zurück zu führen, dass es uns 2016 nicht gelungen ist, ein eindeutiges Schneeschmelzereignis zu erfassen.

Nach BAW (2004) variierte der jährliche P-Eintrag aus dem gesamten Mondsee-EZG zwischen 2000 und 2002 von ~ 7,6 bis 15,5 t P_{Ges}/a.

Im Vergleich zu den genannten Studien liegt die Jahresfracht 2016 mit 12,7 t P_{Ges}/ha*a im Mittelfeld und die Flächenbelastung der Fuschler Ache sogar eher im unteren Bereich. Aufgrund der doch unterschiedlichen Methodik und Ansätze kann aber daraus (noch) kein Trend abgeleitet werden, sondern sind eher die unterschiedlichen meteorologischen und hydrologischen Rahmenbedingungen der einzelnen Untersuchungsjahre dafür verantwortlich.

8. Zusammenfassung und Ausblick

Ziel des Untersuchungsprogramms war die Erstellung einer aktuellen, möglichst vollständigen Phosphorbilanz für den Mondsee im Jahr 2016, um die ökologischen Auswirkungen im See besser zu verstehen und gegebenenfalls zielgerichtete Maßnahmen zur Gewährleistung des guten Zustandes einleiten zu können.

Neben dem monatlichen Monitoring der Zubringerbäche, wurde der Nährstoffeintrag aus Starkregenereignissen mittels Ereignis-Probennehmer an der Fuschler Ache erfasst, das Einzugsgebiet auf Erosionspotential untersucht, der RHV Mondsee-Irrsee inspiziert und die Nährstoffkreisläufe der Golfplätze begutachtet.

Bisher galt das Hauptaugenmerk der Fuschler Ache, als größtem Zubringer, und der Kläranlage des RHV Mondsee, deren gereinigte Abwässer direkt in die Mondseer Bucht geleitet werden.

Durch die aktuellen Messungen 2016 werden die früheren Ergebnisse im Wesentlichen bestätigt, es kommen aber auch neue Gesichtspunkte hinzu:

- Die Fuschler Ache liefert zwar die größte Gesamtfracht an Phosphor, weist aber die geringste Flächenbelastung der drei Achen auf. Die Zeller Ache lieferte mit einer deutlich geringeren EZG-Fläche beinahe den gleichen Eintrag wie die Fuschler Ache und hat auch die höchste durchschnittliche Flächenbelastung der drei Achen.
- Die höchste durchschnittliche Flächenbelastung weisen die kleineren Zubringerbäche auf, insbesondere Höribach, Möstlbach und Steinerbachl.
- Die Einträge aller Zubringer unter Basisabflussbedingungen stellen in Summe den höchsten Eintragspfad für Totalphosphor dar (ca. 7 Tonnen/Jahr)
- Während der neun größeren Niederschlagsereignisse wurden 2016 noch einmal ca. 4,6 Tonnen P_{Ges} eingeschwemmt, mehr als die Hälfte davon bei einem einzigen Hochwasser. Ein typisches Schneeschmelzereignis konnte 2016 nicht erfasst werden.
- Der Phosphorausstrag über die Seeache kann den jährlichen Nachschub aus den Einzugsgebieten bei weitem nicht kompensieren. In Summe verbleiben etwa drei Viertel (9,8 t) im See und sind dort in unterschiedlichster Form gut bis sehr eingeschränkt verfügbar. Die räumlich und zeitlich wechselnde Verfügbarkeit des Pflanzennährstoffes Phosphor ist ein entscheidender Faktor für den ökologischen Zustand, weil dadurch ein übermäßiges Algenwachstum ausgelöst werden kann.
- Bis zur Mittelwasserführung in den Zubringern liegen fast 30% des P_{Ges} in gelöster – und somit sofort verfügbarer – Form (PO_4-P) vor. Im Hochwasserfall reduziert sich dieser Anteil auf unter 10%. In Kläranlagenabläufen, wie auch bei der Einleitung des RHV Mondsee, ist dieser Anteil hingegen bei etwa 80% anzusetzen. Nur etwa 5% des jährlichen P_{Ges} – Eintrages in den Mondsee stammen aus der Kläranlage, wohingegen fast ein Fünftel (ca. 18%) des PO_4-P aus dieser Ableitung kommen.

Zusammenfassend kann für den Mondsee noch keine Entwarnung gegeben werden. Die Bemühungen zur Reduktion des Phosphoreintrages müssen aufrechterhalten und verstärkt werden. Bei gleichbleibender Phosphorfracht kann es durch ungünstige Witterungsverhältnisse im Jahresverlauf nach wie vor zu einer Algenblüte mit all ihren negativen Folgeerscheinungen kommen. Stärke und Zeitpunkt der Schneeschmelze und der Hochwässer sowie ihre Einschichtung im See können dabei ebenso die Primärproduktion anheizen wie die klimabedingten Temperaturerhöhungen.

Für die Fuschler Ache wurden bereits Risikoflächen mit erhöhtem Flächeneintrag ausgewiesen (WPA 2016). Im Einzugsgebiet der Zeller Ache fehlt dieser Detaillierungsgrad und sind zudem die Auswirkungen der Flächenversiegelung und Abschwemmung durch Bautätigkeit verstärkt zu berücksichtigen.

Ansatzpunkte zur Reduktion des Phosphoreintrages aus der Landwirtschaft sind in WPA (2016) ab Seite 35 aufgelistet und getrennt für Risikoflächen und das gesamte Einzugsgebiet genauer beschrieben:

Dünge- und Nutzungshäufigkeit

Güllemanagement

Phosphorgehalt des Bodens

Entwässerungsanlagen

Rechtlicher Rahmen (z.B. Aktionsprogramm Nitrat)

Bewusstseinsbildung

Seit einigen Jahren bemüht sich auch die „Boden.Wasser.Schutz.Beratung“ im Einzugsgebiet des Mondsees diesen besonderen Anforderungen gerecht zu werden.

Ein weiteres Reduktionspotential besteht auch beim Rückhalt von rasant steigenden Wasserführungen bei den Zubringern. Hier könnten evtl. Synergien mit den Interessen des Hochwasserschutzes genutzt werden. Bestehende und neue Rückhaltebecken sollen so errichtet und betrieben werden, dass sie auch als Absetzbecken mit Sedimentfalle fungieren.

Auch bei Einleitungen der Siedlungswasserwirtschaft (z.B. Regenrückhaltebecken und deren Überläufen, Oberflächenwasserableitungen) müssen bezüglich Rückhalt und Reinigung erhöhte Standards angelegt werden.

9. Literatur- & Quellenverzeichnis

- Amt der öö. Landesregierung 2005: Phosphataustrag aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in Oberösterreich, Kurzbericht, 20 S.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2011: Stoffbilanzmodellierung für Nährstoffe auf Einzugsgebietsebene (STOBIMO-Nährstoffe), Endbericht, BMLFUW-UW.3.1.2/0029-VII/1/2008, 190 S.
- BLATTERER H. & LUGER M. 2013: Global warming prolongs the thermal stratification of dimictic lake Mondsee – Geophysical Research Abstracts, Vol. 15, EGU2013-9389, EGU General Assembly.
- Ehyd Portal: Bundesamt für Nachhaltigkeit und Tourismus <http://ehyd.gv.at/>
Das Hydrographische Jahrbuch von Österreich, die Auswertungen zum Download.
<https://wasser.umweltbundesamt.at/hydjb/index.xhtml>
- DIEPOLDER M. & RASCHBAUER S. 2007: Quantifizierung von P-Austrägen aus landwirtschaftlichen Flächen – Ergebnisse eines Forschungsprojekts. Schule und Beratung, Heft 8-9/07, 5-12.
- DOKULIL M. & JAGSCH A. 1992: The effects of reduced phosphorous and nitrogen loading on phytoplankton in Mondsee, Austria, Hydrobiologia 243/244: 389-394.
- FICKER H., LUGER M & GASSNER H. 2017: From dimictic to monomictic: Empirical evidence of thermal regime transitions in three deep alpine lakes in Austria induced by climate change. – Freshwater Biology 62(8): 1335-1345.
- GALLER J. 2014: Eutrophierung – Ursachen und Maßnahmen Landwirtschaftskammer Salzburg, 24 S.
- GASSNER H. & JAGSCH A. 2001: Die Auswirkungen der Einleitung geklärter Abwässer auf den Limnologischen Zustand des Mondsees, Gutachten für den Untersuchungszeitraum 2001-2003, Scharfling, 2004.10.28, 41 S.
- GASSNER H. JAGSCH A. ZICK D. BRUSCHEK G. FREY I. 2002: Die Wassergüte ausgewählter Seen des oberösterreichischen und steirischen Salzkammergutes. Schriftenreihe des BAW, Band 15, Wien 125 S.
- GASSNER H. ZICK D. & JAGSCH A 2005: Analyse der räumlichen Einschichtung im Bereich der Einleitung geklärter Abwässer aus der Verbandskläranlage Mondsee-Irrsee, Scharfling, 2005.09.30, 12 S.
- Hydrographisches Jahrbuch 2014 (erschieden 2017): Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. https://www.bmnt.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserkreislauf/hydrographische_daten/jahrbuecher/jahrbuch2014.html

- JAGSCH A. 1982: Irrsee, Hallstättersee, Mondsee, Wolfgangsee, Traunsee, Seenreinhaltung in Österreich, Schriftenreihe Wasserwirtschaft 6, BMLF Wien, 155-163 S.
- JERSABEK C. D. 2018a: Ökologischer Zustand der Seen im Land Oberösterreich (Attersee, Hallstätter See, Irrsee, Mondsee, Traunsee). Bewertungen anhand des biologischen Qualitätselementes Phytoplankton, gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie (GZÜV 2009). Das Jahr 2016, mit Dreijahresmitteln seit 2014. Arnsdorf, 199 S.
- JERSABEK C. D. 2018b: Ökologischer Zustand der Seen im Land Oberösterreich (Attersee, Hallstätter See, Irrsee, Mondsee, Traunsee). Bewertungen anhand des biologischen Qualitätselementes Phytoplankton, gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie (GZÜV 2009). Das Jahr 2017, mit Dreijahresmitteln seit 2015. Arnsdorf, 192 S.
- Lebensministerium 2005: Atlas der natürlichen Seen Österreichs mit einer Fläche < 50 ha, Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Band 29, 160 S.
- LUGER M. 2012: Der Mondsee: Eutrophierungsgeschichte und Fischbestand, Heffterhofer Umweltgespräche, 20.11.2012, Präsentation, 23 F.
- LUGER M. FICKER H. & GASSNER H. 2016: Verlängerte Sommerstagnation durch Klimawandel – Entwicklung und Limnologische Auswirkungen in drei Österreichischen Seen seit 1975, SIL-Tagung 29.09.2016, Präsentation, 18 F.
- LUGER M. & DOPPELBAUER J. 2017: Limnologische und fischökologische Langzeituntersuchung von ausgewählten österreichischen Seen in Hinblick auf den Klimawandel. Teil: Mondsee, Zwischenbericht 2016. Bundesamt für Wasserwirtschaft Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde; 22 S.
- MÜLLER G. & WERTH W. 1982: Die Seen Oberösterreichs, ein limnologischer Überblick, Amtlicher oberösterreichischer Gewässergüteatlas Nr. 10, Amt der Oö. Landesregierung, Abteilung Wasser und Energierecht.
- Ministerium Gesundheit / Umweltschutz und Wissenschaft / Forschung 1983; Wien Ergebnisse des österreichischen Eutrophierungsprogrammes 1978-1982; 106 S.
- MOOG O. 1987: Gewässerbelastung durch diffuse Nährstoffeintrag unter besonderer Berücksichtigung des atmosphärischen Eintrags und der Niederschlagsversauerung, Final report of the Austrian Eutrophication Programme, Part II, ÖAW Vienna 127.
- ÖNORM M 6231: Richtlinien für die ökologische Bewertung von stehenden Gewässern; 2001.
- PRESSL A., MÜLLNER N., PLIHAL H., SHOLLY S., LIEBERT W. & ERTL T. 2015: Risikobewertung von Druckleitungen der Siedlungswasserwirtschaft in Österreichischen Seen, Studie im Auftrag des BMLFUW sowie Land Oberösterreich, Land Kärnten und Land Salzburg, Hrsg.: BMLFUW, 155 S.

- Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer 2010 BGBl. II Nr.99/2010 Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des ökologischen Zustandes für Oberflächengewässer.
- Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer 2010 BGBl. II Nr.99/2010 Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des chemischen Zustandes für Oberflächengewässer.
- SAMHABER M. 2016: Phosphorbefrachtung des Mondsees über die Fuschler Ache Möglichkeiten und Grenzen der modellgestützten Quantifizierung und Lokalisierung von Phosphorquellen im Einzugsgebiet, Masterarbeit BOKU Wien, 74 S.
- SCHAFFERER E. & PFISTER P. 2014a: Ergebnisbericht Qualitätselement Phytoplankton Oberösterreich 2013 Amtliches Seen-Messnetz (ASM) - Bewertung des ökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie ARGE Limnologie GesmbH, LA 1457, Innsbruck, 517 S.
- SCHAFFERER E. & PFISTER P. 2014b: Ergebnisbericht Qualitätselement Phytoplankton Oberösterreich 2013 GZÜV-Untersuchungen (Attersee, Hallstätter See, Irrsee, Mondsee, Traunsee) Bewertung des ökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie, ARGE Limnologie GesmbH, LA 1456, Innsbruck, 192 S.
- SCHAFFERER E. & PFISTER P. 2015a: Ergebnisbericht Qualitätselement Phytoplankton Oberösterreich 2014 Amtliches Seen-Messnetz (ASM) - Bewertung des ökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie ARGE Limnologie GesmbH, LA 1457, Innsbruck, 594 S.
- SCHAFFERER E. & PFISTER P. 2015b: Ergebnisbericht Qualitätselement Phytoplankton Oberösterreich 2014 GZÜV-Untersuchungen (Attersee, Hallstätter See, Irrsee, Mondsee, Traunsee) Bewertung des ökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie, ARGE Limnologie GesmbH, LA 1456, Innsbruck, 196 S.
- SCHAFFERER E. & PFISTER P. 2016a: Ergebnisbericht Qualitätselement Phytoplankton Oberösterreich 2015 Amtliches Seen-Messnetz (ASM) - Bewertung des ökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie ARGE Limnologie GesmbH, LA 1457, Innsbruck, 622 S.
- SCHAFFERER E. & PFISTER P. 2016b: Ergebnisbericht Qualitätselement Phytoplankton Oberösterreich 2015 GZÜV-Untersuchungen (Attersee, Hallstätter See, Irrsee, Mondsee, Traunsee) Bewertung des ökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie, ARGE Limnologie GesmbH, LA 1456, Innsbruck, 199 S.
- SCHAFFERER E. & PFISTER P. 2017: Ergebnisbericht Qualitätselement Phytoplankton Oberösterreich 2016 Amtliches Seen-Messnetz (ASM) - Bewertung des ökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie ARGE Limnologie GesmbH, LA 1457, Innsbruck, 377 S.

- SCHAFFERER E. & PFISTER P. 2018: Ergebnisbericht Qualitätselement Phytoplankton Oberösterreich 2017 Amtliches Seen-Messnetz (ASM) - Bewertung des ökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie ARGE Limnologie GesmbH, LA 1670, Innsbruck, 376 S.
- SCHAY G., WIMMER W., BLATTERER H. GRASSER H.-P. & LINDINGER A. 2010: Seenaufsicht in Oberösterreich. Gewässerschutz-Bericht 43/2010, 287 S + Daten-CD-ROM.
- SCHWARZ K. 1997: Wasser- und Phosphorbilanz des Mondsees 1996, Gutachten für die Verbandskläranlage Mondsee-Irrsee.
- SCHWARZ K. & JAGSCH A. 1998: Gewässerschutz-Bericht 20: 1998: Die Seen Oberösterreichs. Herausgeber Amt der Oö. Landesregierung, Daten-CD-ROM.
- STAUDINGER B. 2006: Messungen und Ergebnisse zum Phosphoreintrag in den Mondsee/Irrsee und seine Zuflüsse. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Petzenkirchen,
- STRAUSS P. & STAUDINGER B. 2007: Berechnung der Phosphor und Schwebstofffrachten zweier Hauptzubringer (Zeller Ache, Fuschler Ache) des Mondsees, Schriftenreihe BAW, Band 26, 17 S.
- STROBL M. 2012: Untersuchung des anthropogenen Einflusses auf ein voralpines Gewässer. – Diplomarbeit (Betreuer BOENIGK J. & BLATTERER H.) der Fachhochschule Wels (Bio- und Umwelttechnik) 109 S.
- ÜBLEIS T. 2015: Ergebnisbericht der Überprüfung der Golfplätze Am Mondsee und Drachenwand. Interner Bericht - Basis der Daten aus 2014; 11 S + 7 Anhänge.
- WEISSENSTEINER C. 2014: Phosphor pools und Phosphorbilanzen im österreichischen Dauergrünland, Masterarbeit BOKU Wien, 156 S.
- WIMMER W. & SCHAY G. 2014: Seenbericht 2013 – Gewässerschutz-Bericht 46/2014, 118 S + Daten zum Download.
- WPA BERATENDE INGENIEURE 2015: P-Befrachtung des Mondsees über die Fuschler Ache. Gutachten im Auftrag des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung, Dir. Umwelt und Wasserwirtschaft, Abt. Oberflächengewässerswirtschaft, 68 S.

Reinhalteverband Mondsee-Irrsee

Website: <http://www.rhv-moir.at/index.php?navi=verband&main=geschichte>