

MONDSEE

Gewässermorphometrie – 2021

Bericht

Auftraggeber:



und

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus (BMLRT)

Ansprechpartner Land Oberösterreich:

Dr. Hubert Blatterer

Ansprechpartner BMLRT:

Mag. Gisela Ofenböck

Projektleitung und -organisation:

Dr. Karin Pall

Verfasser:

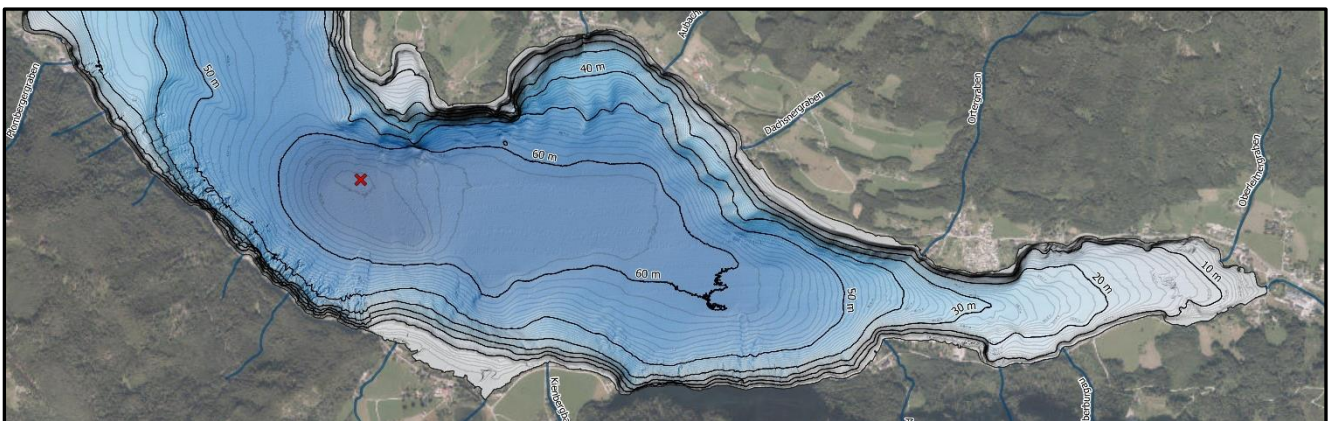
Sascha Pall BSc
Luis Habersetzer MSc
Dr. Karin Pall

Erhebungszeitraum:

Juli, September & Oktober 2021,
Dezember 2022

Abgabedatum:

April 2023



systema Bio- und Management Consulting GmbH

Bensasteig 8, 1140 Wien

Tel.: 0043 - 1 - 419 90 90 Fax: DW 19

www.systema.at / e-mail: office@systema.at





INHALT

1	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	2
2	METHODIK.....	3
3	ERGEBNISSE.....	5
4	BESONDERHEITEN	10
5	QUELLENVERZEICHNIS.....	19
6	ANHANG	19



1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) der Europäischen Kommission (Richtlinie 2000/60/EG) fordert eine Untersuchung und Beurteilung aller Stillgewässer ab einer Größe von 50 ha. Alle Mitgliedstaaten sind verpflichtet, bis 2015 und in Ausnahmefällen bis 2027 alle Gewässer in einen „guten ökologischen“ und „guten chemischen Zustand“ zu bringen. Die Gewässerqualität muss dabei anhand der Struktur und Funktionsfähigkeit der aquatischen Ökosysteme bewertet werden. Der „ökologische Zustand“ von Seen ist in erster Linie über die „Biologischen Qualitätselemente“ Phytoplankton, Makrophyten, Makrozoobenthos und Fische zu bestimmen. Ergänzend hierzu sind als weitere Qualitätskomponenten auch die chemisch-physikalischen und die hydromorphologischen Verhältnisse zu beurteilen.

Für die WRRL-konformen Bearbeitungen ist in vielen Fällen eine exakte Kenntnis der Gewässermorphometrie erforderlich. Dies betrifft neben der Qualitätskomponente Hydromorphologie vor allem auch Bewertungen, die auf volumengewichteten Auswertungen basieren, wie sie z.B. gemäß den in Österreich gültigen WRRL-Verfahren für Phytoplankton oder chemisch-physikalische Parameter anzuwenden sind.

Prinzipiell liegen für alle größeren österreichischen Seen Tiefeninformationen vor. Diese basieren allerdings zumeist auf Erhebungen mittels Single-Beam-Loten. Hierbei wurden entweder entlang eingemessener Linien Lotungen quer und/oder längs über das Gewässer vorgenommen. Neuere Single-Beam-Lote sind bereits mit GPS gekoppelt und liefern neben der Tiefeninformation bereits auch die räumliche Verortung. In beiden Fällen müssen aber jedenfalls die Bereiche zwischen den einzelnen Lotspuren interpoliert werden, was ein erhebliche Informationsdefizit mit sich bringt. Teilweise gehen die Tiefenkarten auf noch ältere Verfahren zurück. Dies trifft z.B. für den Mondsee zu, dessen bisherige Tiefenkarte auf Lotungen aus dem 19. Jahrhundert (mit dem Handlot vom Eis aus) basiert.

Für die Neuerhebung der Gewässermorphometrie am Mondsee kam bei der gegenständlichen Bearbeitung ein modernes Fächerlot (Multi-Beam-Technologie) zum Einsatz, welches eine flächendeckende Aufnahme des Gewässergrundes ermöglichte. Hiermit stehen für diesen See nun hochgenaue Daten zur Morphometrie des Gewässerbeckens zur Verfügung.



2 METHODIK

Die Erhebung der Gewässermorphometrie erfolgte im Sommer und Herbst 2021. Nacherhebungen zur Verdichtung der Messdaten an einigen Stellen wurden Anfang Dezember 2022 durchgeführt.

Zur Erfassung der genauen Lage der Uferlinie und der Morphometrie von Flachwasserbereichen des Mondsees erfolgten zwischen 19. und 21. Juli 2021 mehrere Drohnenbefliegungen des Uferbereiches. Zum Einsatz kam eine DJI Air 2S, welche in Flughöhen zwischen 40 und 80 m eingesetzt wurde und sowohl Top-Down- als auch Schrägaufnahmen lieferte. Hierbei wurden knapp 5000 Fotos aufgenommen. Um die Bilder anschließend räumlich exakt einpassen zu können, wurden über 200 Passpunkte am Ufer mittels RKT eingemessen. Die Auswertung erfolgte photogrammetrisch, resultierend in einer Punktwolke mit 1,57 Mrd. Punkten, einem See-umfassenden Orthophoto und einem digitalen Geländemodell (DGM) der Uferzone mit jeweils einer Auflösung von 2,6 cm Bodenpixelgröße. Die Uferlinie wurde daraufhin auf Basis des Orthophotos digitalisiert. Um die Uferlinie auch an solchen Stellen, die im Luftbild nicht klar erkennbar waren, erfassen zu können, wurden ca. 300 zusätzliche Punkte mit RTK eingemessen und in die Auswertung mit einbezogen.

Zur Erfassung der Morphometrie des Gewässerbeckens wurde von 14. September bis 02. Oktober eine flächendeckende Echosondierung mit einem Fächerlot durchgeführt. Die Seefläche wurde dabei mit einem Boot entlang der Uferbereiche und in Form von Längsfahrten abgefahren. Eingesetzt wurde ein mit RTK gekoppeltes Fächerlot (Multibeam-Echolot) mit 200 bis 450 kHz Frequenzbereich. Die Temperatur des Wassers über die gesamte Wassersäule sowie weitere beeinflussende Faktoren wurden während der Befahrung laufend automatisiert gemessen und in die Berechnung der Ergebnisse mit einbezogen. Alle erfassten Daten wurden automatisch mit hochgenauen Positionsdaten (RTK) verortet.

Der Vorteil der neuen Multibeam-Technologie liegt, im Gegensatz zur konventionellen Singlebeam-Technologie, in der Möglichkeit, den Gewässergrund quasi lückenlos zu erfassen. Bei Singlebeam-Vermessungen wird die Tiefe ausschließlich unterhalb des Bootes entlang der Fahrspur aufgezeichnet und erfordert bei der Erstellung des DGMs dementsprechend eine Interpolation der Tiefenwerte zwischen den Fahrspuren. Bei einer Multibeam-Vermessung werden für jeden ausgesandten Schallimpuls nicht nur ein (=Singlebeam) sondern viele (=Multibeam) Reflexionen vom Gewässergrund empfangen und ausgewertet. Die Reflexionen werden, je nach Montage des Empfängers des Echolots, zumeist quer zur Fahrtrichtung entlang einer Linie gemessen. Durch die Fortbewegung des Bootes während der Messung ergibt sich somit eine flächendeckende Erfassung des Gewässergrunds. Durch Modifikation einiger Parameter wie z.B. Fahrtgeschwindigkeit, Öffnungswinkel und Neigung des Empfangsgerätes kann die Punktdichte am Gewässergrund und damit die räumliche Auflösung festgelegt werden.

Das digitale Geländemodell (DGM) des Gewässergrunds wurde auf Basis der Fächerlot-Daten mithilfe spezieller, von der systema entwickelter, Softwarepakete erstellt. Dieses basiert auf über 2 Mrd.



Geländepunkten und hat eine Auflösung von 0,5 x 0,5 m. Das Modell des Gewässers kann in weiterer Folge in das terrestrische DGM eingepasst werden.

Auf Basis des erstellten DGMs des Sees wurden die Oberfläche, Längen und Breiten (max., mittel, min.), Tiefen (max., mittel) und Volumen sowie die Uferentwicklung des Mondsees bestimmt (Tab. 1). Folgende Formeln wurden für die Berechnungen von Uferentwicklung (DL), mittlerer Breite (b') und mittlerer Tiefe (Z') angewandt:

$$DL = \frac{\text{Uferlänge}}{2 * \sqrt{\pi} * \text{Seeoberfläche}}$$

$$b' = \frac{\text{Seeoberfläche}}{\text{max. Seelänge}}$$

$$Z' = \frac{\text{Seevolumen}}{\text{Seeoberfläche}}$$



3 ERGEBNISSE

Die Tiefenverhältnisse des Mondsees sind den Isobathenkarten im Anhang zu entnehmen (Pläne „systema_Morphometrie_Mondsee-2021_Anhang-1_A1.pdf“ und „systema_Morphometrie_Mondsee-2021_Anhang-2_A1.pdf“). Weiters wurde das erstellte Geländemodell dem Auftraggeber online zum einen als 3D-PointCloud, zum anderen auch zur Ansicht in einer interaktiven Karte sowie letztlich digital als GeoTIFF zur Verfügung gestellt.

Tabelle 1 enthält eine Zusammenstellung der wichtigsten morphometrischen Kennzahlen. Der langjährige mittlere Wasserspiegel des Mondsees beträgt 480,84 m ü. A. Die Wasserfläche des Sees wurde auf Basis der neuen Uferlinie mit 1.423,65 ha ermittelt. Das Volumen beträgt auf Basis des neuen Geländemodells 532 Mio. m³. Daraus errechnet sich eine mittlere Wassertiefe von 37,37 m. Die maximale Länge des Sees beträgt 9.582,76 m, die maximale Breite liegt bei 3.008,81 m.

Tab. 1: Zusammenstellung der wichtigsten morphometrischen Parameter für den Mondsee bezogen auf den Mittelwasserstand von 480,84 m ü. A. (Pegel 151 cm Limnologisches Institut Mondsee).

Parameter		Einheit	Abkürzung	Definition
Bezugshöhe	480,84	m ü. A.		Höhe, auf die sich die unten angegebenen Parameter beziehen
maximale Länge	9.582,76	m	l	Maximale effektive Windangriffslänge (Freiwasser)
maximale Breite	3.008,81	m	b	Maximale Breite 90° zur max. Länge
mittlere Breite	1.485,64	m	b'	Fläche durch max. Länge
Wasseroberfläche	1.423,65	ha	Ao	Wasseroberfläche
Fläche des Gewässergrundes	1.442,38	ha	AS	tatsächliche Fläche des Gewässergrundes
Volumen	531,99	10 ⁶ m ³	V	Gewässervolumen
maximale Tiefe	66,63	m	Z _m	
mittlere Tiefe	37,37	m	Z'	V/Ao
Uferlinie	31.125,85	m	L	Länge der Wasseranschlagslinie
Uferentwicklung	2,33		DL	Verhältnis der Uferlinie zum Umfang eines Kreises mit gleicher Fläche DL=1 runder See, DL=2 elliptisch, DL>2 länglich



Zur Veranschaulichung des **Seevolumens** ist in Abbildung 1 die Seeinhaltslinie dargestellt, sie zeigt das Volumen unterhalb einer bestimmten Wassertiefe. Weiters erfolgt in Tabelle 2 die Auflistung der Volumina einerseits der einzelnen Tiefenschichten und andererseits unterhalb gewisser Tiefenstufen.

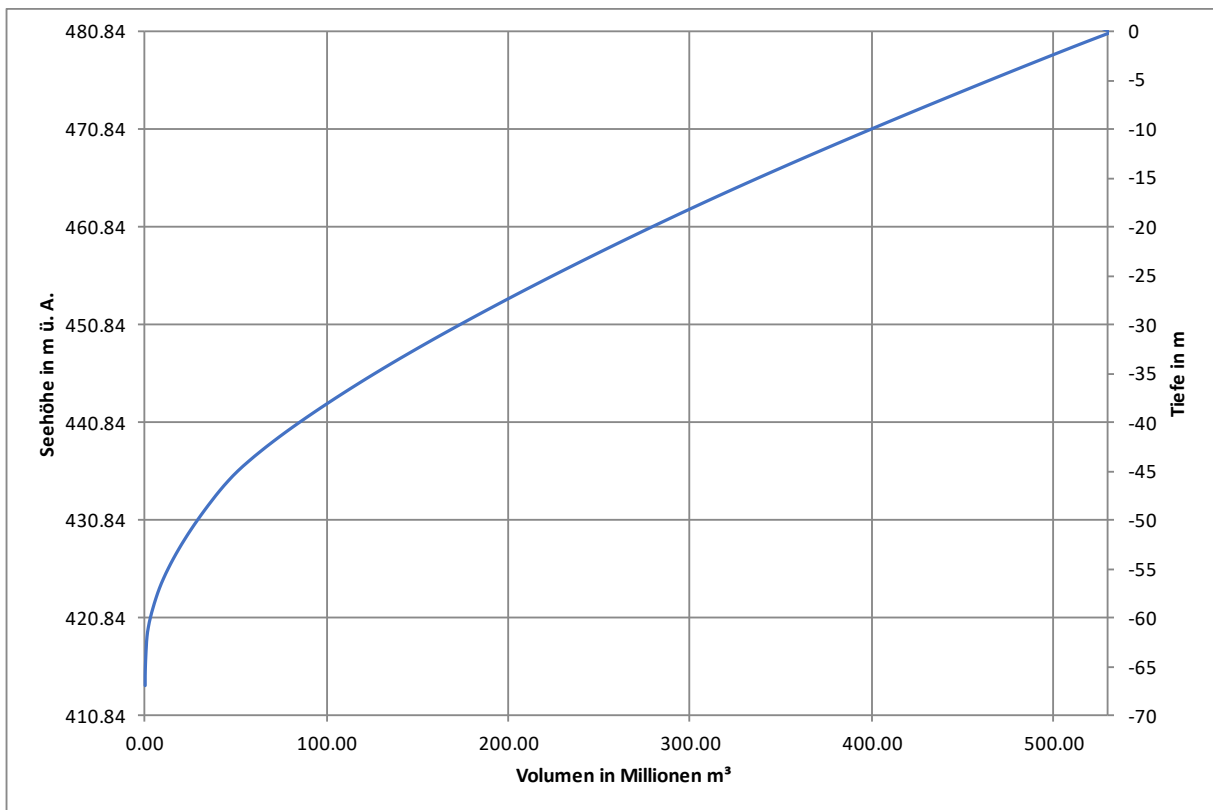


Abb. 1: Seeinhaltslinie: Seevolumen des Mondsees unterhalb der angegebenen Wassertiefe. Die Tiefenangaben beziehen sich auf den Mittelwasserstand.



Tab. 2: Volumina für verschiedene Tiefenschichten und -stufen.

Tiefe [m]	Volumen bis zu anschließender Tiefe [Mio. m ³]	Volumen insgesamt [Mio. m ³]	Tiefe [m]	Volumen bis zu anschließender Tiefe [Mio. m ³]	Volumen insgesamt [Mio. m ³]
0	14,05	531,99	36	8,50	117,70
1	13,72	517,95	37	8,29	109,20
2	13,52	504,23	38	8,07	100,91
3	13,41	490,71	39	7,82	92,84
4	13,30	477,30	40	7,54	85,02
5	13,20	464,00	41	7,20	77,48
6	13,11	450,80	42	6,85	70,28
7	13,01	437,69	43	6,45	63,43
8	12,90	424,68	44	5,98	56,98
9	12,79	411,78	45	5,21	51,00
10	12,66	398,99	46	4,67	45,79
11	12,54	386,33	47	4,26	41,12
12	12,41	373,79	48	4,07	36,86
13	12,28	361,38	49	3,87	32,79
14	12,15	349,10	50	3,68	28,92
15	11,99	336,95	51	3,47	25,24
16	11,83	324,96	52	3,25	21,77
17	11,65	313,13	53	3,03	18,52
18	11,49	301,48	54	2,80	15,49
19	11,34	289,99	55	2,54	12,69
20	11,18	278,65	56	2,25	10,15
21	11,04	267,47	57	1,89	7,90
22	10,89	256,43	58	1,65	6,01
23	10,75	245,54	59	1,44	4,36
24	10,63	234,79	60	1,15	2,92
25	10,48	224,16	61	0,78	1,77
26	10,35	213,68	62	0,37	0,99
27	10,20	203,33	63	0,28	0,62
28	10,05	193,13	64	0,21	0,34
29	9,89	183,08	65	0,12	0,13
30	9,73	173,19	66	0,01	0,01
31	9,55	163,46			
32	9,37	153,91			
33	9,17	144,54			
34	8,94	135,37			
35	8,73	126,43			



Die **Oberfläche** des Sees wird durch die Seeoberflächenlinie in Abbildung 2 dargestellt, sie zeigt die flächige Ausdehnung der Seeoberfläche jeweils unterhalb einer bestimmten Wassertiefe. Eine Auflistung der Größe dieser Flächen der einzelnen Tiefenstufen ist aus Tabelle 3 zu entnehmen. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass es aufgrund der Berechnungsmethode mittels eines Rasterdatensatzes zu gewissen Unschärfen im Uferbereich kommt, da die ellipsoide Fläche des Sees mit quadratischen Kacheln mit 0,5 x 0,5 m Größe abgebildet wird. Hierdurch entsteht eine gewisse Abweichung.

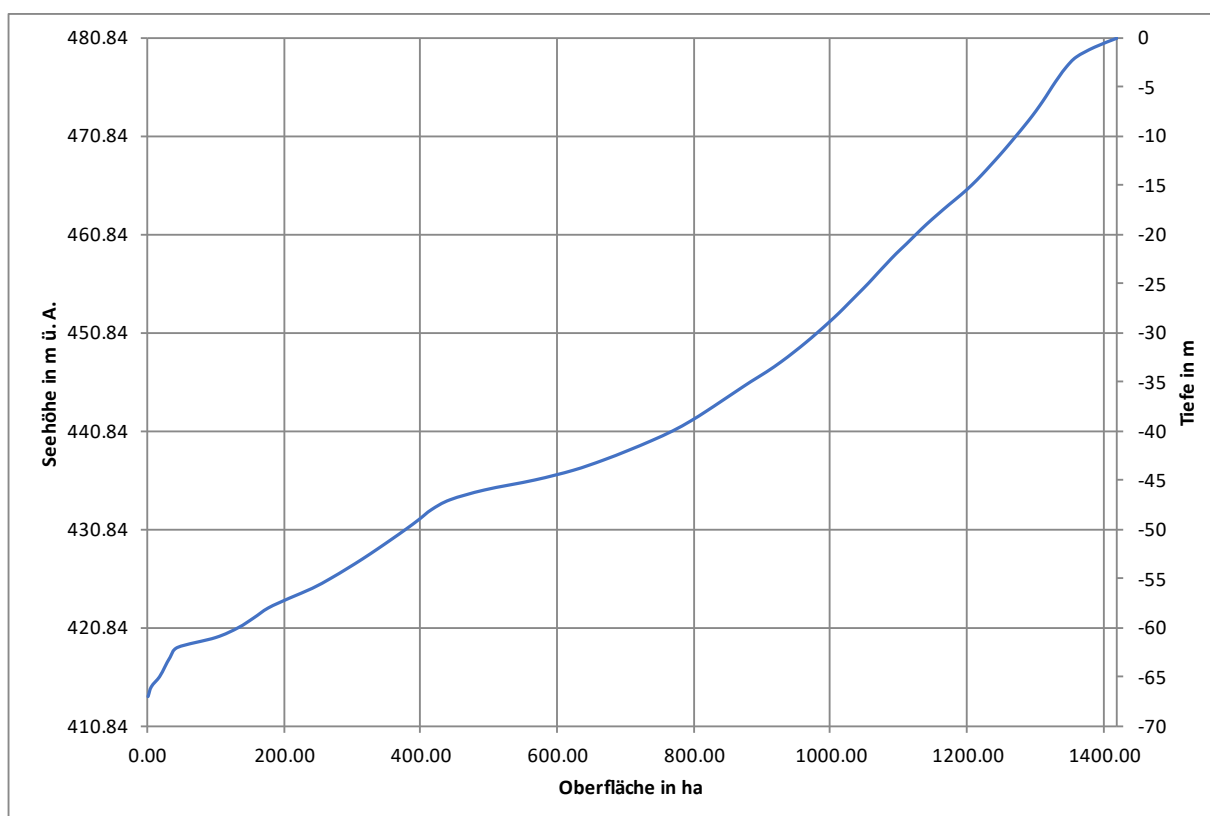


Abb. 2: Seeoberflächenlinie: Seeoberfläche des Mondsees bei der angegebenen Wassertiefe. Die Tiefenangaben beziehen sich auf den Mittelwasserstand von 480,84 m ü. A.



Tab. 3: Oberflächen bei verschiedenen Tiefenstufen.

Tiefe [m]	Oberfläche [ha]	Tiefe [m]	Oberfläche [ha]
0	1.423,11	36	861,41
1	1.387,18	37	839,82
2	1.360,36	38	818,07
3	1.345,85	39	795,04
4	1.335,02	40	768,83
5	1.325,14	41	737,59
6	1.315,92	42	703,12
7	1.306,14	43	666,01
8	1.295,59	44	623,17
9	1.284,19	45	566,01
10	1.272,31	46	493,27
11	1.260,24	47	442,60
12	1.247,77	48	415,42
13	1.234,74	49	397,13
14	1.221,50	50	377,75
15	1.207,27	51	357,22
16	1.191,35	52	336,25
17	1.173,87	53	314,58
18	1.157,09	54	291,55
19	1.140,82	55	267,33
20	1.125,84	56	240,60
21	1.111,25	57	207,09
22	1.096,10	58	176,02
23	1.082,32	59	154,99
24	1.068,87	60	132,16
25	1.055,63	61	99,22
26	1.041,42	62	43,37
27	1.027,12	63	32,36
28	1.012,74	64	24,51
29	997,27	65	16,71
30	981,10	66	4,81
31	964,22		
32	946,28		
33	927,29		
34	906,38		
35	883,21		



4 BESONDERHEITEN

Durch die sehr gute Auflösung der Multibeam-Ergebnisse konnten eine Vielzahl an interessanten Objekten bzw. Gegebenheiten im Seebecken erfasst werden. Zum einen ist die genaue Lage der Seedruckleitungen sowie streckenweise auch deren Beschwerungsgewichte erkennbar. Zum anderen konnten zahlreiche morphologische Besonderheiten wie z.B. Rutschungen im Uferbereich, Felsstürze und unterseeische Felsformationen, Spuren von ehemaligen Baggerarbeiten, Lage von Bojenfeldern und die Auswirkungen des Scherens der Bojenketten am Gewässergrund sowie auch der Geschiebeeintrag von Zuflüssen dokumentiert werden.

In den folgenden Abbildungen wird eine kleine Auswahl dieser Besonderheiten präsentiert.



Abb. 3: Im Rahmen der gegenständlichen Bearbeitung detektierte Rohrleitungen (rot) des Reinhal-
tungsverbands Mondsee-Irrsee. Luftbild: basemap.at

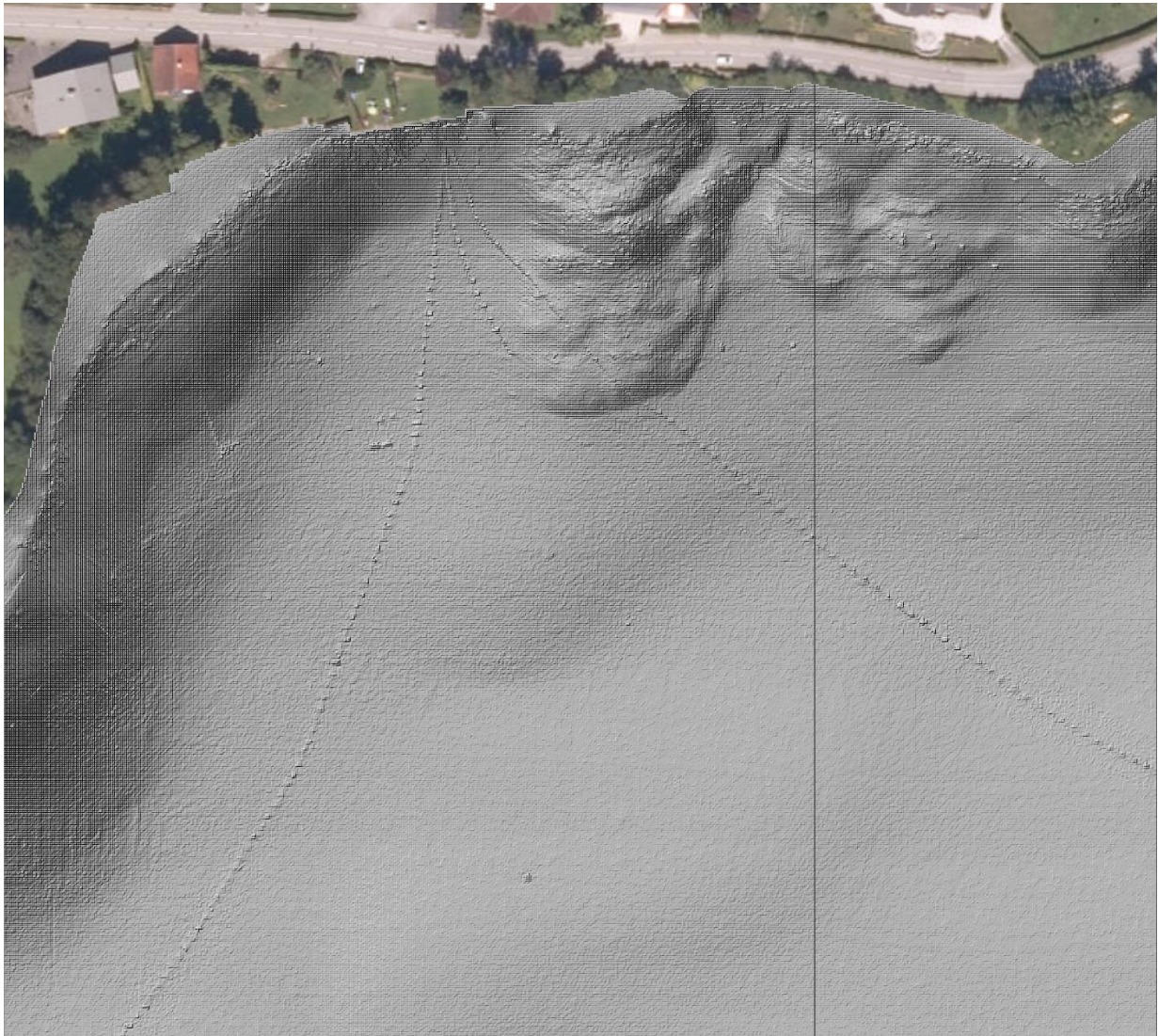


Abb. 4: Detail mehrerer Rohrleitungen im Mondsee, östlich Marienau. Erkennbar sind neben den Rohrleitungen auch die Beschwerungsgewichte. Luftbild: basemap.at

Die beeindruckendste anthropogen bedingte Formation ist wohl ein riesiger herzförmiger Schuttfächer am Nordostufer des Mondsees (vgl. Abb. 5 und 6) in der Nähe der Raststation Mondsee an der Autobahn. Dieser hat in Ufernähe eine Breite von ca. 130 m und erstreckt sich bis zu 850 m vom Ufer aus in den See, wo er eine Breite von bis zu 650 m erreicht.

Im Zuge der Bauarbeiten der Autobahn dürften in den 1960er Jahren Schätzungen zur Folge bis zu eine Million Kubikmeter Material in den Mondsee eingebracht worden sein (BLATTERER, H., pers. Mitt.). Aus den Ergebnissen der Fächerlotung konnten ca. 660.000 Kubikmeter Auflage auf dem Seegrund ermittelt werden. Unberücksichtigt bei dieser Zahl bleibt allerdings jener Teil des eingebrachten Materials, der in das Feinsediment eingesunken ist.

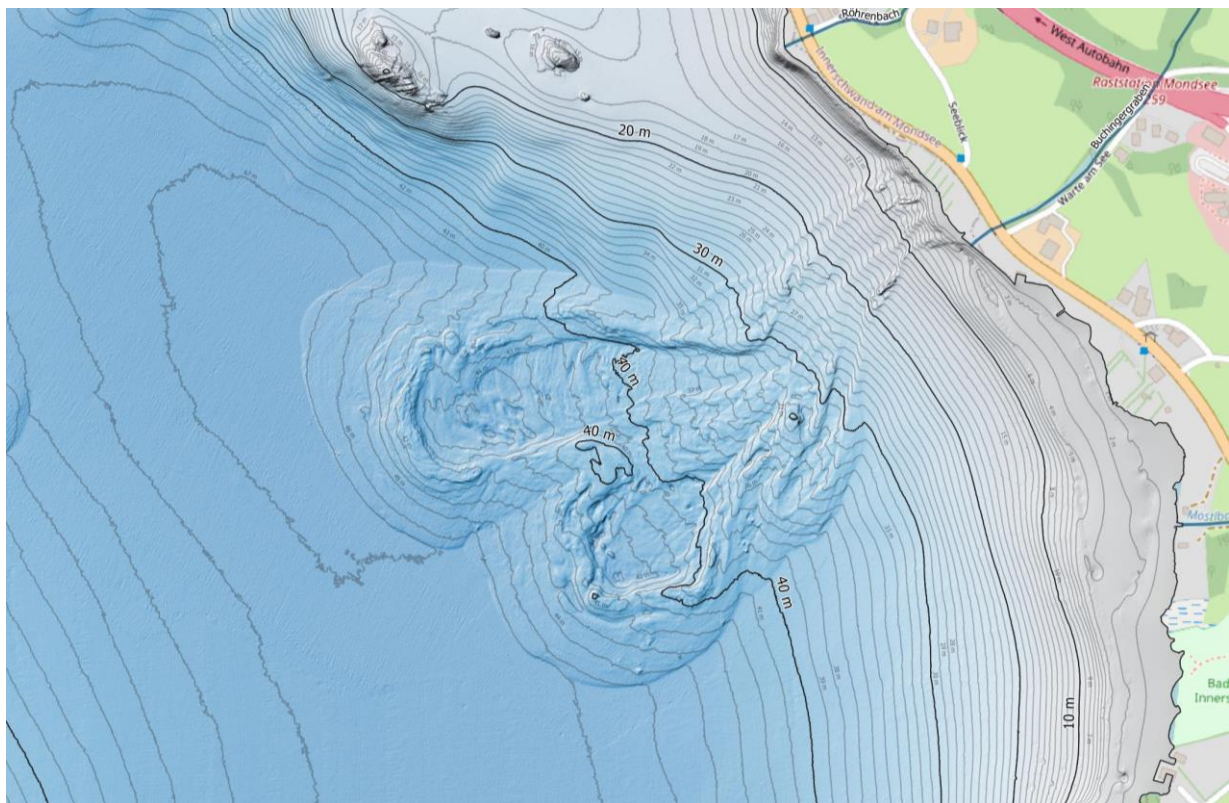


Abb. 5: Nordostufer des Mondsees auf Höhe der Raststation Mondsee an der Autobahn. Großer Schuttfächer. Grundkarte: © OpenStreetMap-Mitwirkende.

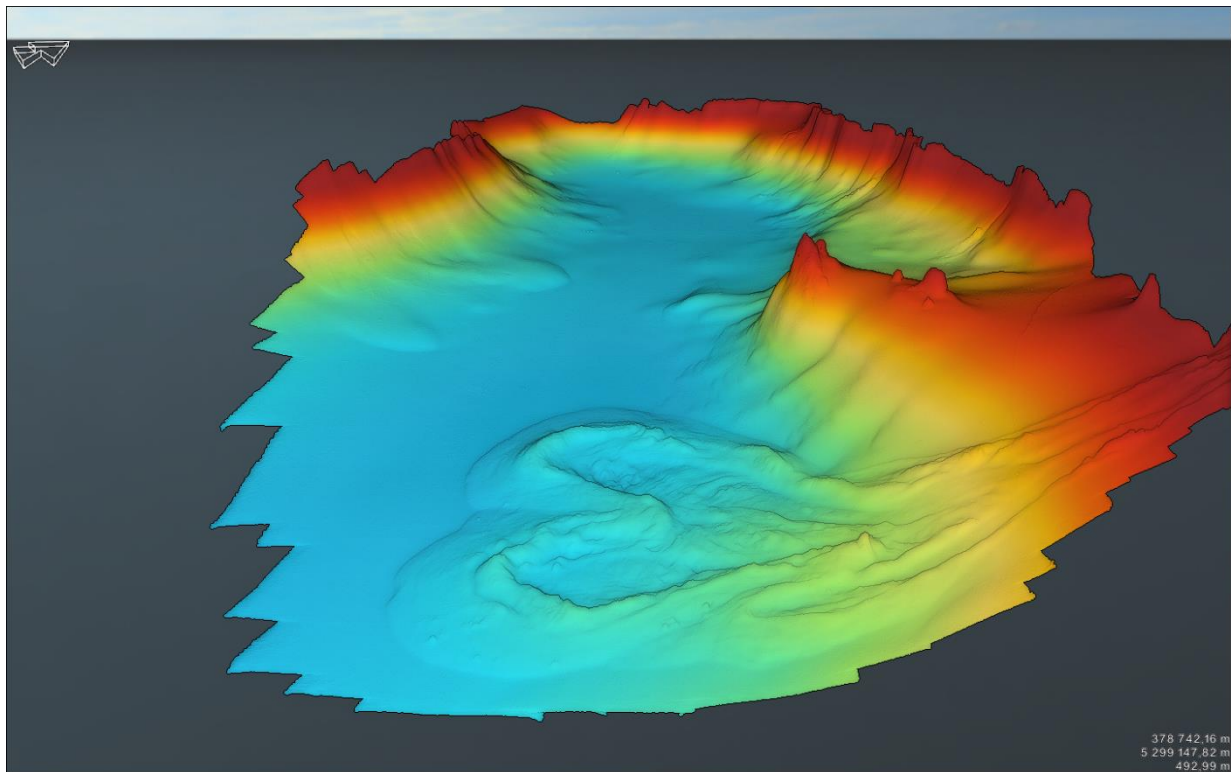


Abb. 6: Ansicht des Schuttfächers in der 3D-Pointcloud, eingefärbt nach Gewässertiefe. Blick Richtung Mondsee.

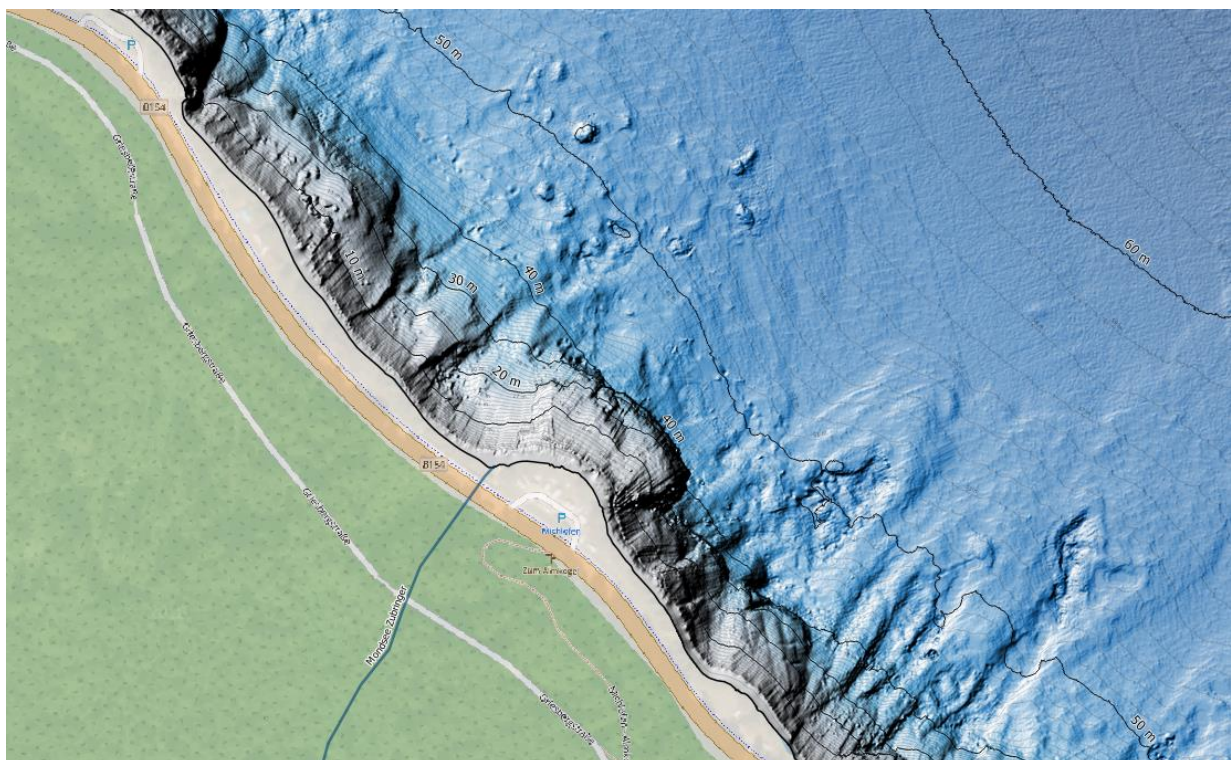


Abb. 7: Südwestufer des Mondsees, westlich von Scharfling. Zahlreiche Rutschungen und Felsstürze. Grundkarte: © OpenStreetMap-Mitwirkende.



Abb. 8: Diverse Hangrutschungen am Nordostufer, Nähe Mondsee. Luftbild: basemap.at



Abb. 9: Südostbecken des Mondsees beim Ausrinn. Sedruckleitung sowie Felsformationen.
Grundkarte: © OpenStreetMap-Mitwirkende.

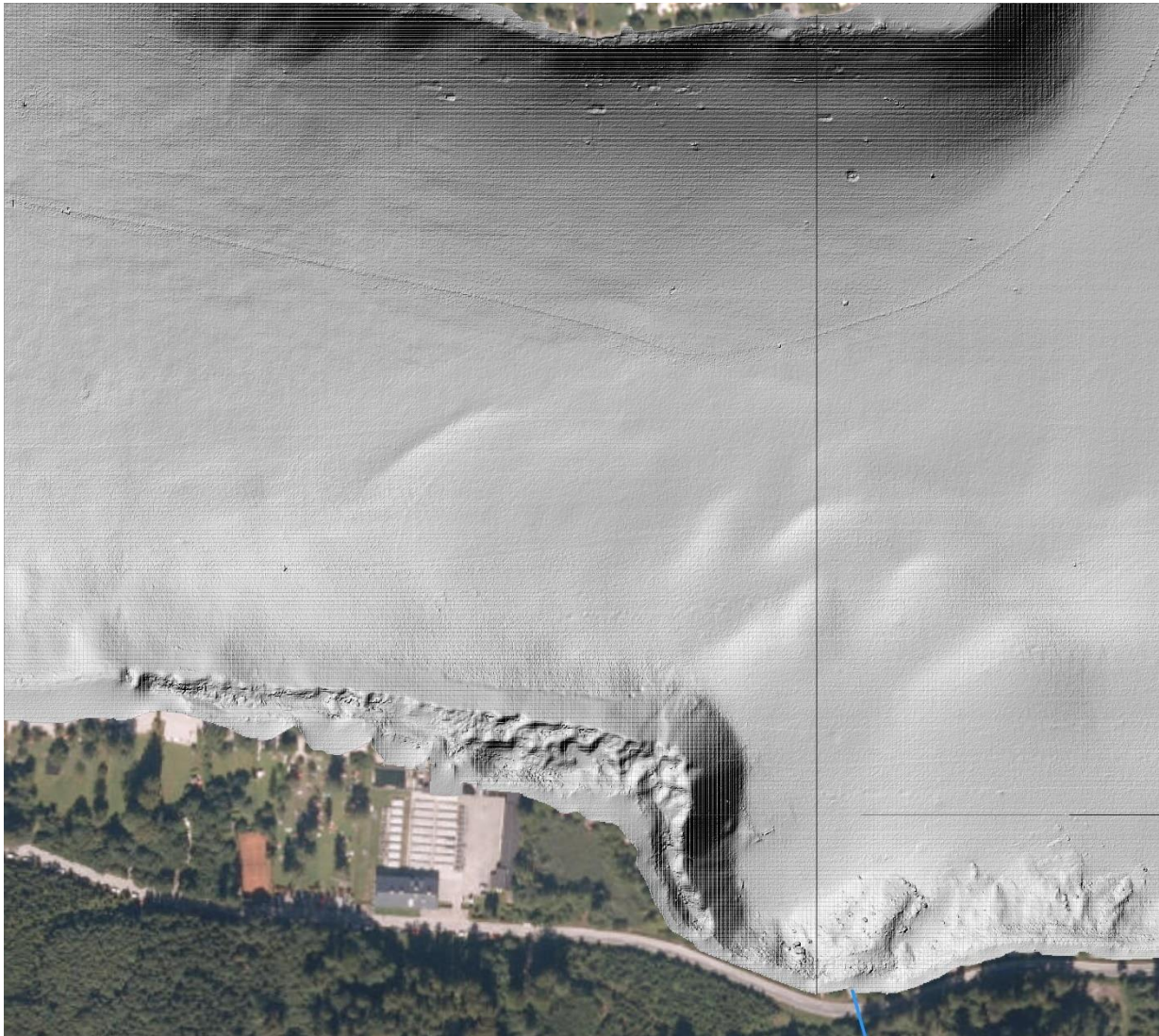


Abb. 10: Gewässerbecken im Bereich des Fischzuchtbetriebs Kreuzstein (unterer Bildrand). Sichtbar sind Bojenstandorte (oben), eine Rohrleitung am Gewässergrund (mitte), vermutlich ehemalige Baggerarbeiten direkt vor dem Fischzuchtbetrieb (unten links) sowie kleinere Hangrutschungen und der Geschiebeeintrag durch den Zufluss (unten rechts). Luftbild: basemap.at

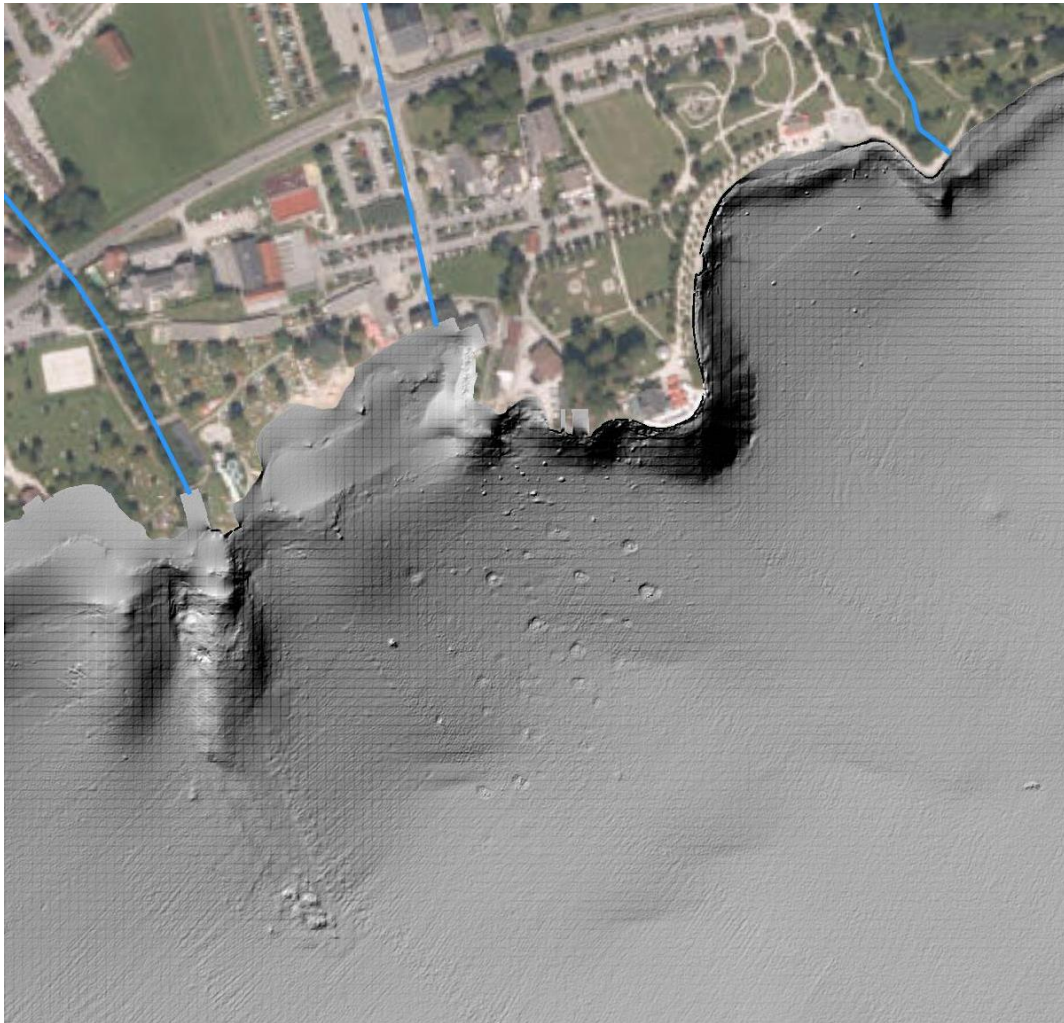


Abb. 11: Bojenfeld und Zufluss mit Geschiebeeintrag sowie Rutschung vor Mondsee.
Luftbild: basemap.at

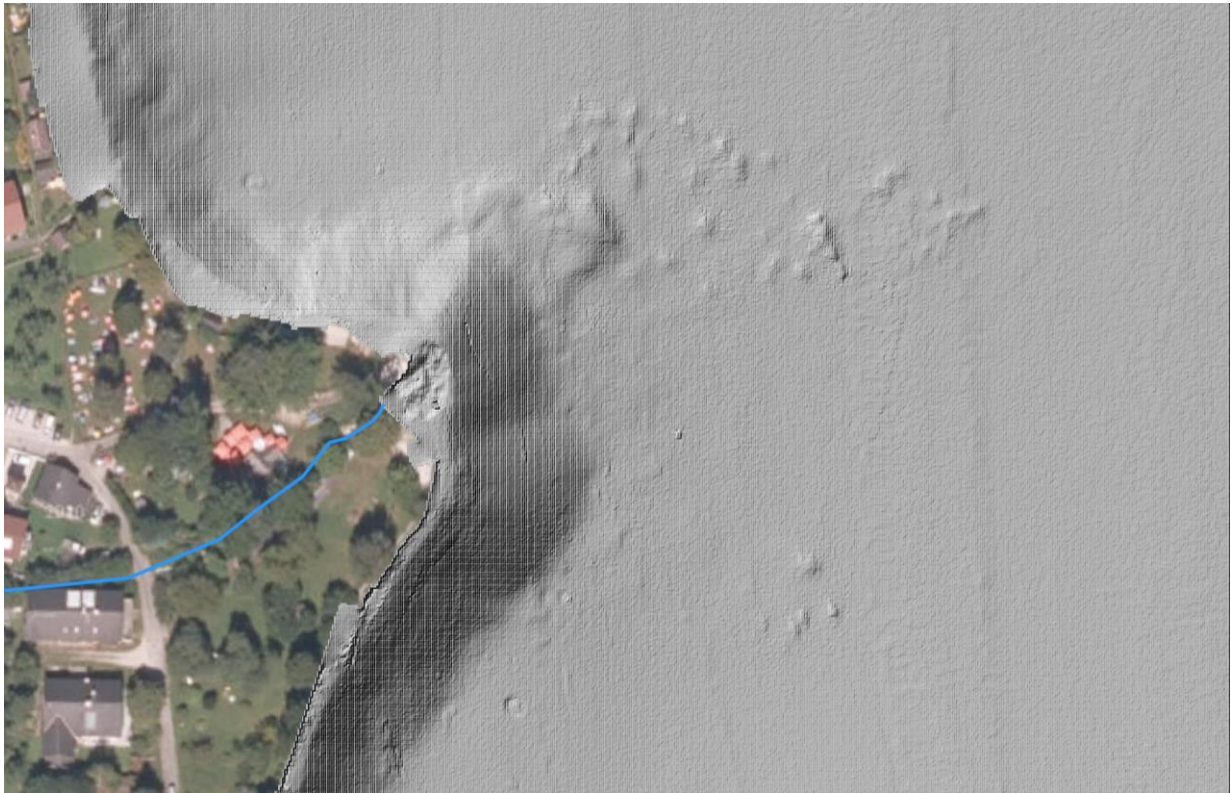


Abb. 12: Zufluss mit Geschiebeeintrag beim Badeplatz Plomberg.
Luftbild: basemap.at



Abb. 13: Zufluss mit Geschiebeeintrag beim Campingplatz St. Lorenz.
Luftbild: basemap.at



5 QUELLENVERZEICHNIS

basemap.at (2022): Schummerung - Gelände.

<https://basemap.at>

basemap.at (2022): Orthofoto.

<https://basemap.at>

OpenStreetMap (2022): Hintergrundkarte für Abbildungen, © OpenStreetMap-Mitwirkende.

<https://openstreetmap.org>

6 ANHANG

Plan: systema_Morphometrie_Mondsee-2021_Anhang-1_A1.pdf (farbig), Maßstab ca. 1:32.000

Plan: systema_Morphometrie_Mondsee-2021_Anhang-2_A1.pdf (schwarz/weiß), Maßstab ca. 1:32.000

