

TRAUNSEE

Gewässermorphometrie – 2022

Bericht

Auftraggeber:

Amt der Oö. Landesregierung
Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft
A – 4021 Linz – Kärntnerstraße 10-12



 Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft

Ansprechpartner:

Dr. Hubert Blatterer

Projektleitung und -organisation:

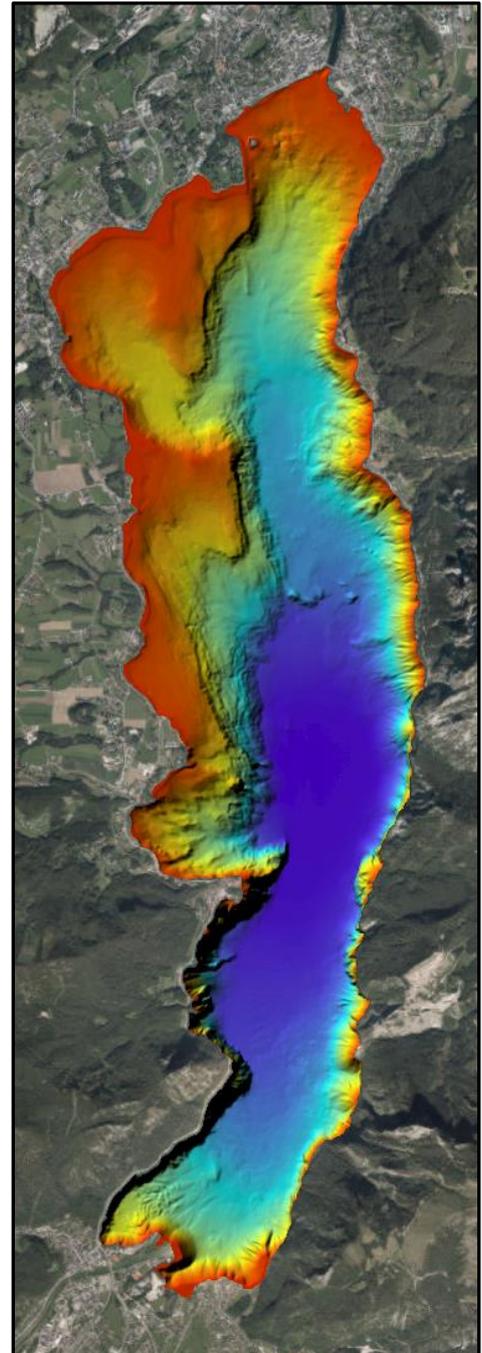
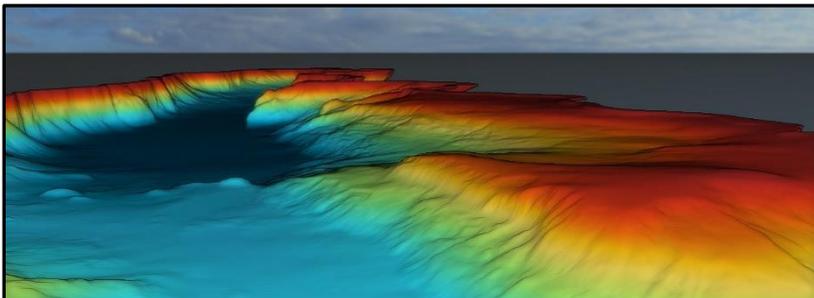
Dr. Karin Pall

Verfasser:

Sascha Pall BSc
Dr. Karin Pall

Erhebungszeitraum:

November & Dezember 2022,
April & Mai 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.....	4
3	ERGEBNISSE.....	7
4	QUELLENVERZEICHNIS.....	14
5	ANHANG (INKL. VORSCHAU)	14



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 für chemisch-physikalische Parameter anzuwenden sind.

Die bisherige Tiefenkarte des Traunsees wurde im Auftrag des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung im Jahr 1981 erstellt und stammt von Univ. Prof. Dr. Jürgen Schneider (Institut für Geologie der Universität Göttingen) und Univ. Prof. Dr. Jens Müller (Institut für Mineralogie der Technischen Universität München).

Prinzipiell liegen heute für alle größeren österreichischen Seen Tiefeninformationen vor. Diese basieren allerdings, wie die o.a. Karte auch, 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 auch die räumliche Verortung. In beiden Fällen müssen aber jedenfalls die Bereiche zwischen den einzelnen Lotspuren interpoliert werden, was ein erhebliches Informationsdefizit mit sich bringt.

Im gegenständlichen Projekt wurde die Gewässermorphometrie des Traunsees hingegen mittels eines modernen Fächerlots (Multi-Beam-Technologie) flächendeckend vermessen. Zur flächendeckenden Aufnahme auch des Gewässerrandbereichs, welcher mit dem Fächerlot nicht befahren werden konnte, sowie zur detaillierten Erfassung des Wasser-Land-Übergangsbereichs wurden entlang des Ufers mehrere Drohnenbefliegungen durchgeführt.

Um das Geländemodell nach außen hin exakt abgrenzen zu können, wurde außerdem die Uferlinie des Traunsees neu eingemessen. Die Uferlinie wurde nach dem mit dem Ministerium und dem Land Oberösterreich abgestimmten Verfahren zur Generierung einer See-Uferlinie „V2“ erstellt. Auf Basis



dieser Uferlinie wurde in weiterer Folge auch eine neue Uferkilometrierung, im Uhrzeigersinn verlaufend, beginnend beim Ausfluss der Traun, generiert.

Die Ergebnisse dieser Aufnahmen wurden zu einem Geländemodell zusammengefügt, womit nun für den Traunsee hochgenaue Daten zur Morphometrie des Gewässerbeckens zur Verfügung stehen.



2 METHODIK

Die Erhebung der Gewässermorphometrie mittels Fächerecholot erfolgte im Herbst/Winter 2022 sowie im Frühjahr 2023. Die Drohnenbefliegungen fanden im Sommer 2022 sowie im Frühjahr 2023 statt.

Zur Erfassung der Morphometrie des Gewässerbeckens wurde von 06. November bis zum 01. Dezember 2022 sowie von 05. April bis zum 12. Mai 2023 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 R2Sonic 2020) mit 200 bis 450 und 700 kHz Frequenzbereich. Die Temperatur des Wassers über die gesamte Wassersäule sowie weitere die Schallgeschwindigkeit beeinflussende Faktoren wurden während der Befahrung laufend automatisiert gemessen und in die Berechnung der Ergebnisse mit einbezogen (n=223; Beispiel vgl. Abb. 1). Alle erfassten Daten wurden automatisch mit hochgenauen Positionsdaten (RTK) verortet. Die Tiefenmessungen des Fächerecholots geben initial lediglich den Abstand zwischen der Empfangseinheit und dem Gewässergrund relativ wieder. Da während der Lotung durch Nutzung von RTK auch die exakte absolute Höhe der Empfangseinheit aufgezeichnet wird, ist eine Einbeziehung des Seepegels in die Datenauswertung nicht erforderlich. Die Tiefenangaben werden vorerst bezogen auf das WGS84-Ellipsoid („ellipsoide Höhen“) berechnet und in einem weiteren Berechnungsschritt mit Hilfe des offiziellen Höhen-Grid des BEV in Gebrauchshöhen (m ü.A.) umgerechnet.

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. Abstand der Fahrspuren zueinander, Fahrtgeschwindigkeit, Öffnungswinkel und Neigung des Empfangsgerätes kann die Punktdichte am Gewässergrund und damit die räumliche Auflösung festgelegt werden.

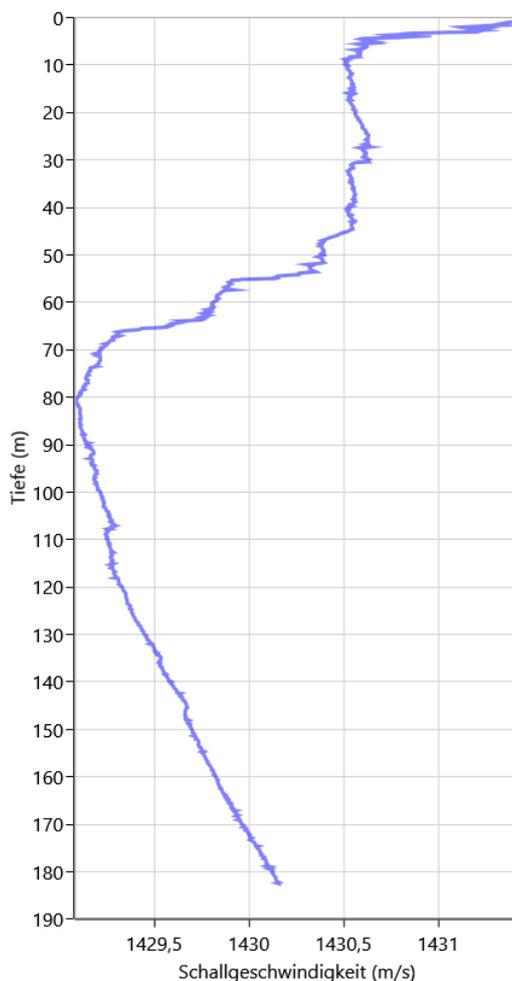


Abb. 1: Schallprofil, gemessen im Traunsee am 05.04.2023.

Für die Erfassung der Uferlinie wurde im Sommer 2022 das gesamte Ufer des Traunsees mehrfach mit einer Drohne (DJI Air 2S) abgeflogen. Dabei wurden knapp 5.700 Fotos in unterschiedlichen Höhen und aus verschiedenen Blickwinkeln (senkrecht und schräg) aufgenommen. Die Fotos wurden anschließend auf Basis von 526 Passpunkten, welche zusätzlich entlang des Ufers mittels RTK im Sommer 2022 eingemessen wurden, exakt georeferenziert und photogrammetrisch ausgewertet, resultierend in einer Punktwolke mit ca. 2,4 Mrd. Punkten und einem Orthomosaik mit einer Auflösung von ca. 2,25 cm/px. Anschließend wurde auf Höhe der Mittelwasserlinie (422,52 m ü.A.) die Wasseranschlagslinie ermittelt und davon die Uferlinie „V2“ abgeleitet (V2 = mit dem Ministerium und dem Bundesland Oberösterreich festgelegte Vorgangsweise zur Generierung einer Uferlinie). Basierend auf der neuen Uferlinie wurde auch die Uferkilometrierung neu erstellt.

Zur Erfassung der Morphometrie der Flachwasserbereiche am Westufer des Traunsees erfolgten im April 2023 weitere Drohnenbefliegungen. Zum Einsatz kam wieder eine DJI Air 2S, welche in Flughöhen zwischen 40 und 80 m eingesetzt wurde und sowohl Top-Down- als auch Schrägaufnahmen lieferte. Hierbei wurden über 1.400 Fotos aufgenommen. Die Bilder wurden anschließend mit Hilfe der bereits



bestehenden Passpunkte räumlich exakt eingepasst. Die Auswertung erfolgte photogrammetrisch, resultierend in einer Punktwolke mit insgesamt ca. 41 Mio. Punkten. Die unter der Wasseroberfläche befindlichen Punkte wurden refraktionskorrigiert und in die Auswertung des Geländemodells mit einbezogen.

Das digitale Geländemodell (DGM) des Gewässergrunds wurde auf Basis der Fächerlot- und Drohnen-Daten mithilfe spezieller, von der systema entwickelter, Softwarepakete erstellt. Es basiert auf über 5,3 Mrd. Geländepunkten der Fächerlotung und auf den ca. 41 Mio. Geländepunkten aus den Drohnenbefliegungen in den Flachbereichen 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 Traunsees 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 Traunsees sind im Überblick in Abb. 2 ersichtlich. Details sind den Isobathenkarten im Anhang zu entnehmen (Isobathenkarte Orthofoto, Isobathenkarte schwarz/weiß Schummerung und Isobathenkarte schwarz/weiß inkl. Uferkilometrierung). Weiters wurden das erstellte Geländemodell als GeoTIFF, die Pointclouds der Fächerlotung sowie das Orthomosaik des Uferbereichs dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

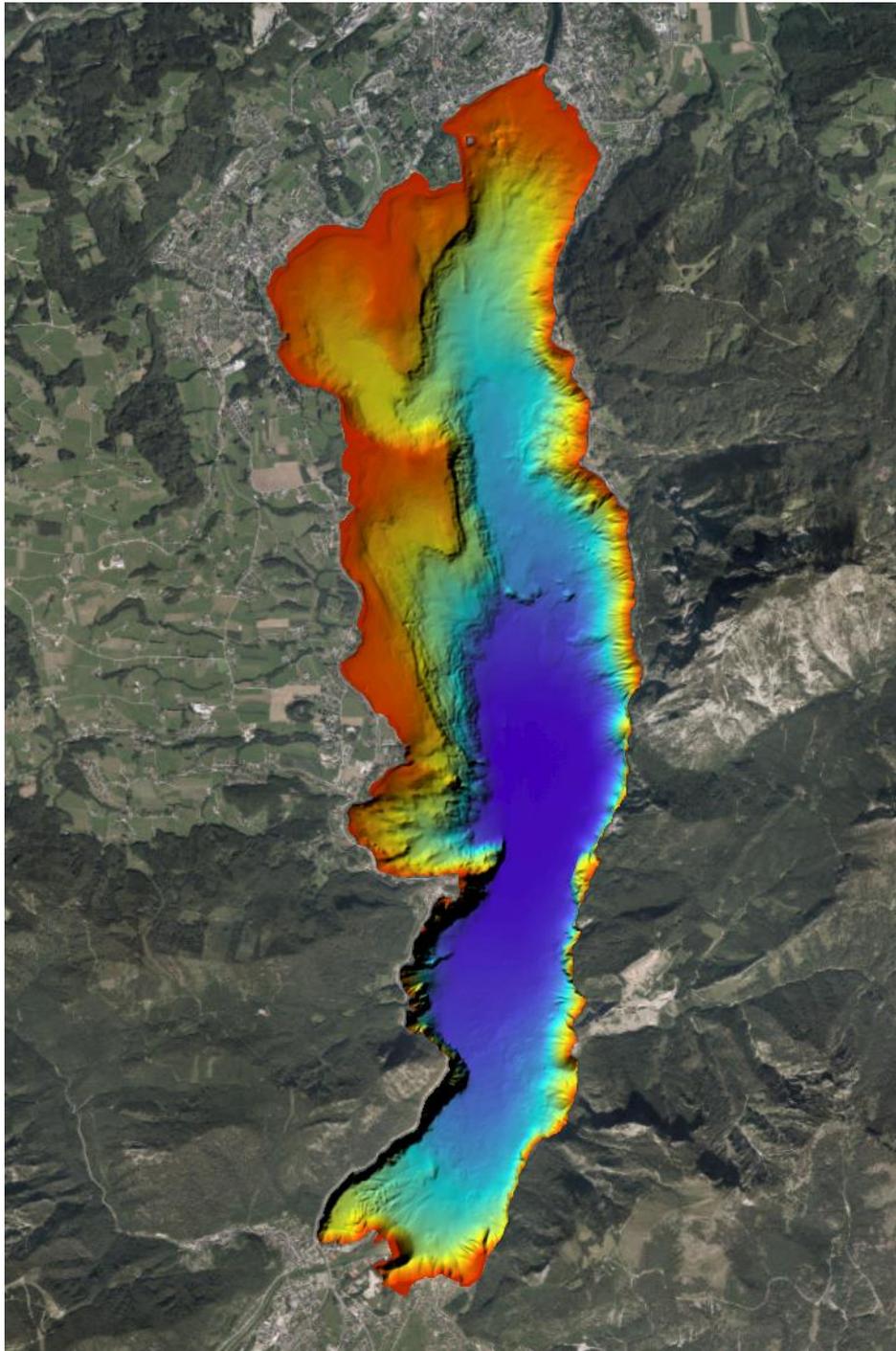


Abb. 2: Geländemodell des Traunsees, eingefärbt nach Gewässertiefe.



Das erstellte Orthomosaik ist der Abb. 3 zu entnehmen.

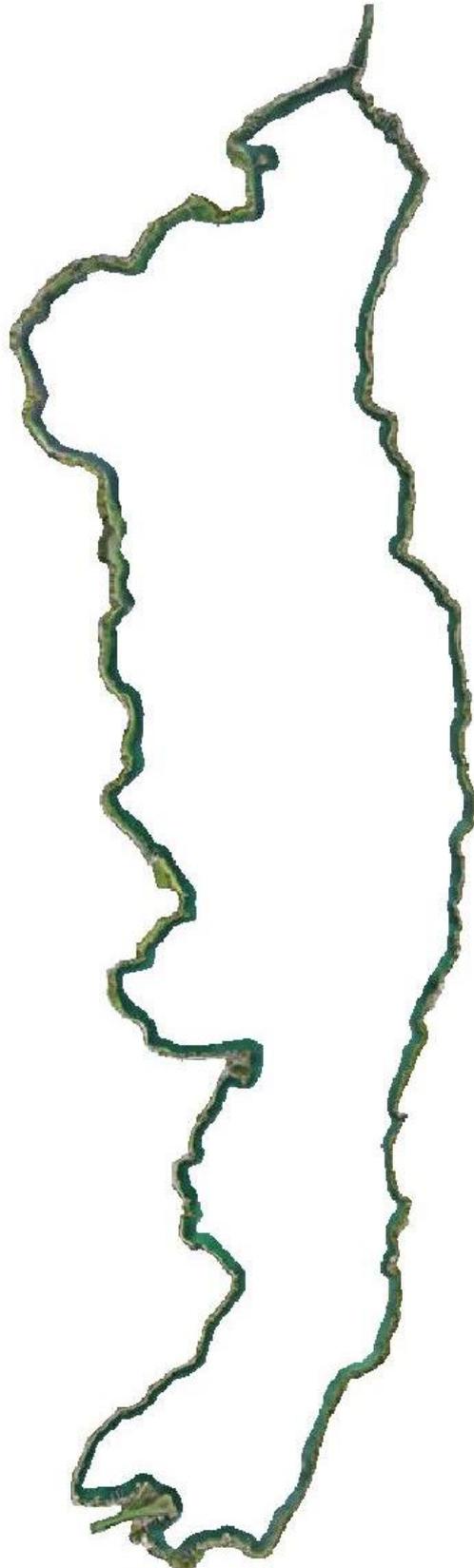


Abb. 3: Orthomosaik des Uferbereichs des Traunsees.



Tabelle 1 enthält eine Zusammenstellung der wichtigsten morphometrischen Kennzahlen. Das Mittelwasser des Traunsees liegt bei 422,52 m ü.A.. Die Wasserfläche des Sees wurde auf Basis der neu erstellten Uferlinie „V2“ mit 2.478,98 ha bzw. knapp 24,79 km² ermittelt. Das Volumen beträgt gemäß des neuen Geländemodells 2.299,20 Mio. m³. Daraus errechnet sich eine mittlere Wassertiefe von 92,75 m. Die maximale Gewässertiefe beträgt 188,77m, die maximale Länge des Sees misst 12.244,60 m, die maximale Breite liegt bei 3.032,35 m.

Tab. 1: Zusammenstellung der wichtigsten morphometrischen Parameter für den Traunsee bezogen auf das Mittelwasser von 422,52 m ü.A..

Parameter		Einheit	Abkürzung	Definition
Bezugshöhe	422,52	m ü.A.		Höhe, auf die sich die unten angegebenen Parameter beziehen
maximale Länge	12.244,60	m	l	Maximale effektive Windangriffslänge (Freiwasser)
maximale Breite	3.032,35	m	b	Maximale Breite 90° zur max. Länge
mittlere Breite	2.024,55	m	b'	Fläche durch max. Länge
Wasserfläche	2.478,98	ha	Ao	Wasserfläche (aus See-Polygon)
Fläche des Gewässergrundes	2.610,94	ha	AS	tatsächliche Fläche des Gewässergrundes
Volumen	2.299,20	10 ⁶ m ³	V	Gewässervolumen
maximale Tiefe	188,77	m	Z _m	
mittlere Tiefe	92,75	m	Z'	V/Ao
Uferlänge	37.920,06	m	L	Länge der Uferlinie „V2“ (ohne Insel)
Uferentwicklung	2,15		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 Abb. 4 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.

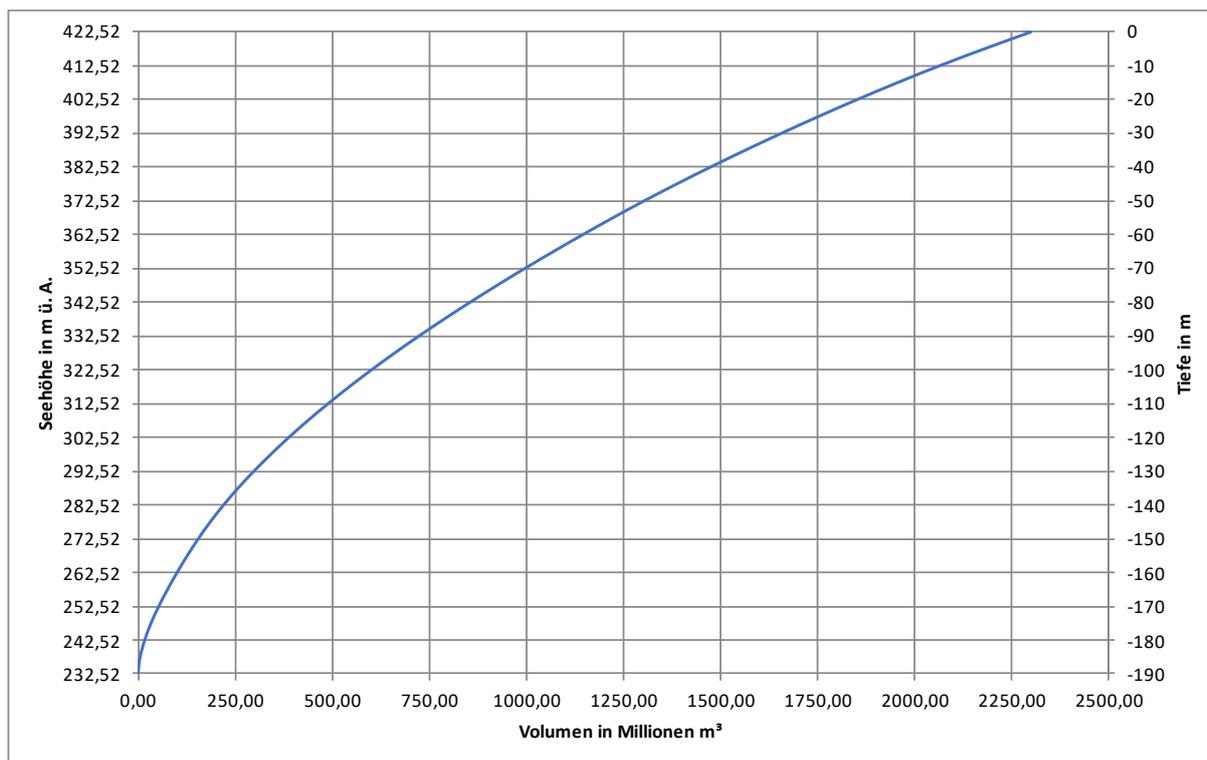


Abb. 4: Seeinhaltslinie: Seevolumen des Traunsees unterhalb der angegebenen Wassertiefe. Die Tiefenangaben beziehen sich auf das Mittelwasser von 422,52 m ü.A.



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

Tiefe [m]	Volumen bis zu anschließender Tiefe [Mio. m ³]	Volumen insgesamt [Mio. m ³]
0	120,13	2.299,20
5	115,01	2.179,07
10	108,51	2.064,06
15	103,61	1.955,55
20	99,49	1.851,94
25	96,04	1.752,45
30	92,96	1.656,41
35	89,86	1.563,45
40	86,86	1.473,59
45	83,76	1.386,73
50	80,57	1.302,97
55	77,73	1.222,40
60	75,65	1.144,67
65	73,64	1.069,02
70	71,52	995,38
75	69,29	923,86
80	67,07	854,57
85	64,78	787,50
90	62,32	722,72
95	59,77	660,40
100	57,17	600,63
105	54,61	543,46
110	52,01	488,85
115	49,22	436,84
120	46,31	387,62
125	43,57	341,31
130	40,73	297,74
135	37,37	257,01
140	34,21	219,64
145	30,93	185,43
150	28,36	154,50
155	26,33	126,14
160	24,50	99,81
165	22,55	75,31
170	20,03	52,76
175	16,13	32,73
180	11,89	16,60
185	4,71	4,71



Die **Oberfläche** des Sees wird durch die Seeoberflächenlinie in Abb. 5 dargestellt, sie zeigt die flächige Ausdehnung der Seeoberfläche jeweils bei einer bestimmten Wassertiefe. Eine Auflistung der Größe dieser Flächen der einzelnen Tiefenstufen ist Tabelle 3 zu entnehmen. Im Gegensatz zur Wasseroberfläche aus Tabelle 1 wurden die Oberflächenwerte in Abb. 5 sowie in Tabelle 3 allerdings mit einer anderen Berechnungsmethode errechnet. Während die Wasseroberfläche (Tab. 1) auf Basis des See-Polygons berechnet wurde, basieren die Werte in Abb. 5 sowie in Tabelle 3 auf der Akkumulation von quadratischen Zellen aus dem Rasterdatensatz. Hierdurch kommt es naturgemäß zu Unschärfen im Ufer- bzw. Randbereich der Rasterzellen.

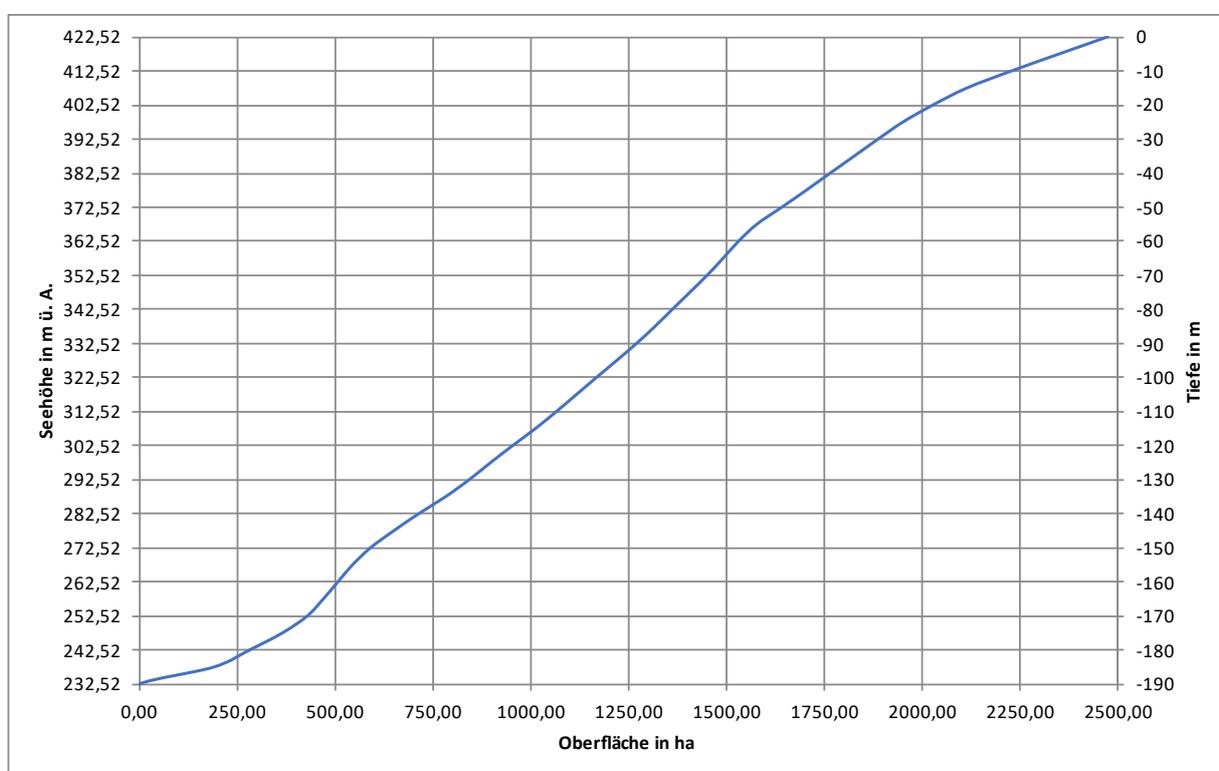


Abb. 5: Seeoberflächenlinie: Seeoberfläche des Traunsees bei der angegebenen Wassertiefe. Die Tiefenangaben beziehen sich auf das Mittelwasser von 422,52 m ü.A.



Tab. 3: Oberflächen in verschiedenen Tiefenstufen.

Berechnung basierend auf Rasterdatensatz, hieraus resultiert eine Abweichung der Oberfläche von Tiefe 0 m zur Wasseroberfläche aus Tabelle 1 (basierend auf dem See-Polygon).

Tiefe [m]	Oberfläche [ha]
0	2.476,79
5	2.353,24
10	2.230,98
15	2.116,94
20	2.029,95
25	1.953,20
30	1.889,76
35	1.828,71
40	1.767,04
45	1.706,15
50	1.643,51
55	1.579,52
60	1.532,70
65	1.493,21
70	1.452,27
75	1.408,11
80	1.363,29
85	1.319,04
90	1.271,71
95	1.221,03
100	1.169,17
105	1.117,92
110	1.066,71
115	1.013,04
120	954,84
125	898,29
130	843,79
135	783,32
140	714,43
145	650,76
150	591,28
155	545,44
160	508,04
165	470,79
170	429,89
175	365,87
180	281,85
185	190,40



4 QUELLENVERZEICHNIS

basemap.at (2024): Schummerung - Gelände.

<https://basemap.at>

basemap.at (2024): Orthofoto.

<https://basemap.at>

5 ANHANG (INKL. VORSCHAU)

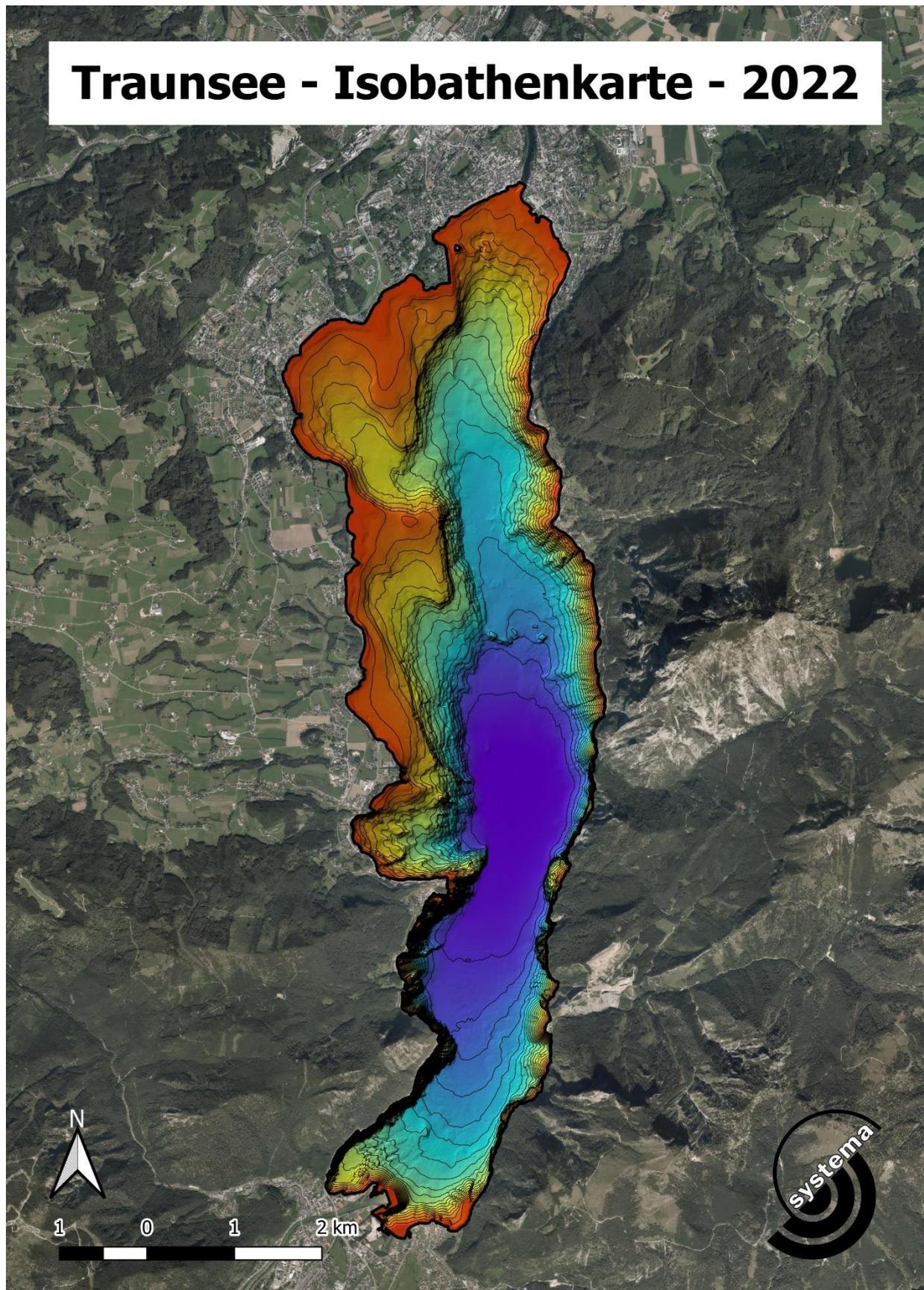
systema_Traunsee_Morphometrie-2022_Isobathenkarte_Orthophoto.pdf

systema_Traunsee_Morphometrie-2022_Isobathenkarte_sw.pdf

systema_Traunsee_Morphometrie-2022_Isobathenkarte_sw2.pdf

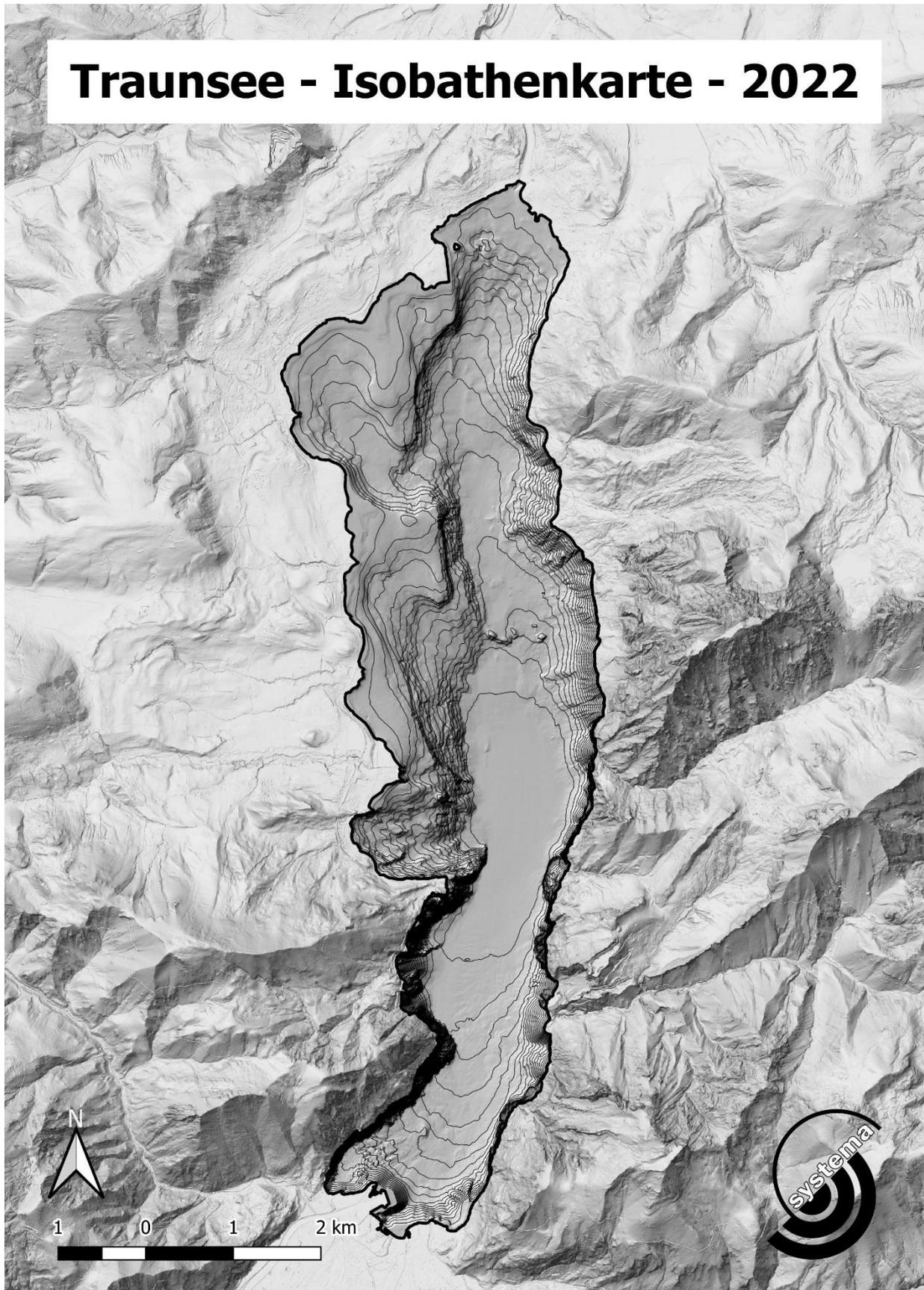


Traunsee - Isobathenkarte - 2022





Traunsee - Isobathenkarte - 2022





Traunsee - Isobathenkarte - 2022

