

M 528/3.52

Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik

ISSN 1016-6254

Heft 39

RADARMESSUNGEN DER EISDICKE ÖSTERREICHISCHER GLETSCHER

Band II: Messungen 1999 bis 2006



Andrea Fischer, Norbert Span, Michael Kuhn,
und Michael Butschek

Wien 2007

Österreichische Beiträge zu
Meteorologie und Geophysik

Heft 39

RADARMESSUNGEN DER EISDICKE ÖSTERREICHISCHER GLETSCHER

Band II: Messungen 1999 bis 2006



Wien 2007

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

Publ.Nr. 420

ISSN 1016-6254

IMPRESSUM

Herausgeber: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Wien

Leitende Redakteure: Sophie Debit, Fritz Neuwirth, ZAMG, Wien

für den Inhalt verantwortlich:

Andrea Fischer, Norbert Span, Michael Kuhn, und Michael Butschek
Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck; Kommission für
geophysikalische Forschungen der österreichischen Akademie der Wissenschaften

Druck: Grafisches Zentrum HTU GmbH
1040 Wien, Wiedener Hauptstraße 8-10
www.grafischeszentrum.at

Verlag: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Hohe Warte 38, A-1190 Wien
Austria (Österreich)

© ZAMG Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Die dadurch begründeten Rechte bleiben vorbehalten.
Auszugsweiser Abdruck des Textes mit Quellenangabe ist gestattet.

Andrea Fischer, Norbert Span, Michael Kuhn und Michael Butschek

Radarmessungen der Eisdicke österreichischer Gletscher

Band II: Messungen 1999 bis 2006

11. Januar 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Stubai er Alpen	7
	2.1 Alpeiner Ferner	8
	2.2 Bachfallener Ferner	13
	2.3 Lüsener Ferner	16
	2.4 Sulzenauer Ferner	20
	2.5 Windacher Ferner	23
	2.6 Sulztalferner	25
3	Rätikon und Silvretta	29
	3.1 Brandner Gletscher	30
	3.2 Jamtalferner	32
	3.3 Vermuntgletscher	37
	3.4 Ochsentaler Gletscher	40
4	Ötztal er Alpen	45
	4.1 Gaisbergferner	46
	4.2 Marzellferner	48
	4.3 Langtaler Ferner	51
	4.4 Niederjochferner	55
	4.5 Taschachferner	57
	4.6 Rotmoosferner	64
	4.7 Schalfferner	68
5	Zillertal er Alpen	75
	5.1 Hornkees	76
	5.2 Waxeggkees	78
	5.3 Schwarzensteinkees	80
6	Venedigergruppe	83
	6.1 Mullwitzkees	84
	6.2 Nillkees	90
	6.3 Untersulzbachkees	92
	6.4 Obersulzbachkees	95
	6.5 Schlattenkees	109
	6.6 Umbalkees	116
7	Hohe Tauern	125
	7.1 Schmiedingerkees	126
	7.2 Hochalmkees	129
8	Allgäu	137
	8.1 Schwarzmilzferner	138

Literatur 141

Zusammenfassung

Im Zuge der Erstellung des neuen österreichischen Gletscherinventars, das erstmals nicht nur die Eisflächen, sondern auch die Eisvolumina behandelt, wurde die Eisdicke von 50 Gletschern gemessen. Die Feldarbeiten wurden im Rahmen eines Programms der Österreichischen Akademie der Wissenschaften zwischen 1995 und 2006 vom Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck durchgeführt. Die zwischen 1995 und 1998 gemessenen Eisdicken von 21 Gletschern sind in Band I zusammengefasst, der vorliegende zweite Band beschreibt weitere 29 zwischen 1999 und 2006 vermessene Gletscher. Damit wurden zwar nur etwas über 5 % der Gletscher Österreichs, aber über 40% der Gletscherfläche erfasst. Von den 31 größten Gletschern wurden 26 vermessen. Es wurde aber auch darauf geachtet, dass der Datensatz repräsentativ für die Gletscher Österreichs ist, d.h. dass Gletscher aller Größen und Expositionen enthalten sind um in Folge eine möglichst gute Extrapolation der Daten auf alle im Inventar erfassten Gletscher zu ermöglichen.

Radar sounding of the ice thickness of Austrian glaciers. Volume 2: measurements from 1999 to 2006.

Summary

In the course of establishing a new inventory of the areas and volumes of Austrian glaciers, the ice thickness of 50 glaciers was determined by ground penetrating radar, the so called radio-echo-sounding. The field work was carried out by members of the Institute of Meteorology and Geophysics of the University of Innsbruck in the frame of a project of the Commission for Geophysical Investigations of the Austrian Academy of Sciences. Results of measurements in the years 1995 to 98 were published in a first volume. The present publication reports the ice thickness of 29 glaciers surveyed between 1999 and 2006. Altogether, only 5 % of the number of glaciers were investigated, but more than 40 % of the glacierized area including 26 of the 31 largest Austrian glaciers. The data includes glaciers of different aspects and sizes in order to enable us to develop a most reliable method to extrapolate the data to the full Austrian glacier inventory of 1998.

Einleitung

Seit dem Jahr 1995 werden am Institut für Meteorologie der Universität Innsbruck durchgeführten Arbeit wurden Messungen zur Erstellung eines Inventars der Volumina der österreichischen Gletscher durchgeführt. Dieser Datensatz ist weltweit einmalig und wird zusammen mit dem neuen österreichischen Gletscherinventar 1998 [15] das erste Inventar des Gletschervolumens darstellen. 2005 ist der erste Band der 'Radarmessungen der Eisdicke österreichische Gletscher. Band I: Messungen 1995 bis 1998' mit einer Zusammenfassung der an 21 österreichischen Gletschern gemessenen Eisdicken erschienen [34]. Im vorliegenden zweiten Band sind die an weiteren 29 österreichischen Gletschern gemessenen Eisdicken beschrieben.

Die Erfassung der weltweit vorhandenen Eisvolumina und deren Änderungen sowie der Zusammenhang mit dem lokalen Klima ist eines der Kernthemen der Internationalen Klima- und Kryosphärenforschung. Bereits im Rahmen der Internationalen Hydrologischen Dekade wurden im Projekt Gletscherseismik der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Zusammenarbeit mit dem Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien von 1966 bis 1980 seismische Eisdickenmessungen durchgeführt. Innerhalb dieses Projektes wurde auf 15 österreichischen Gletschern die Eisdicke bestimmt [2]. Der hohe Aufwand, der für die Messung der Gletscherdicke mit der damaligen Methode notwendig war, limitierte allerdings sowohl die Zahl der vermessenen Gletscher als auch die Zahl der Messpunkte auf jedem Gletscher. Wie schon im ersten Band werden auch hier die seismischen Messungen dargestellt, die seit 1929 veröffentlicht wurden.

Im ersten österreichischen Gletscherinventar 1969 wurden 925 Gletscher mit einer Gesamtfläche von 540 km² aufgenommen [23]. Das Gletscherinventar 1998 enthält 896 Gletscher mit einer Fläche von 470 km² [15]. An 50 dieser Gletscher sind im Rahmen der vorliegenden Arbeit Eisdickenmessungen durchgeführt worden. Das sind nur etwas über 5% der im Inventar 1969 erfassten Gletscher. In diesem Datensatz sind aber nicht nur 26 der 31 größten Gletscher enthalten, sondern auch über 40 % der Gletscherfläche erfasst. Zusätzlich wurde darauf geachtet, dass die gemessenen Gletscher repräsentativ für die Gesamtheit der österreichischen Gletscher sind, d.h. dass auch z.B. kleine Kargletscher und Gletscher aller Neigungen und Expositionen enthalten sind [9].

Fläche und Oberflächentopographie sämtlicher Gletscher Österreich ist im Gletscherinventar 1969 erfasst. Zur Zeit wird am Gletscherinventar 1998 gearbeitet, das erstmals weltweit auch das Eisvolumen enthält. In den Jahren 1995 bis 1998 wurde die Eisdicke von 21 österreichischen und einem italienischen Gletscher gemessen (Tabelle 1). Die Gesamtfläche der vermessenen Gletscher Österreichs beträgt 97,3 km², das entspricht etwa 20 % der Gletscherfläche Österreichs. Von den zehn größten Gletschern Österreichs sind sechs in dieser Studie erfasst.

Im Rahmen des Projekts 'Österreichische Gletscher: Flächen und Volumina' wurden nacheinander Dr. Norbert Span, Mag. Michael Butschek, Dr. Andrea Fischer angestellt, Mag. Susanne Lentner und Mag. Marius Massimo bearbeiteten Teile der Messungen in ihren Diplomarbeiten, die Messgeräte wurden von Ing. Franz Weitlahner und Rainer Diewald gebaut. Alle Arbeiten wurden mit Unterstützung der Kommission für Geophysikalische Forschungen der Österreichischen Akademie der Wissenschaften am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck ausgeführt. Mag. Josef Lang führte die Messungen an der Zunge des Schlatenkees und am Nillkees durch, Mag. Stefan Erath die Messungen am Brandner Gletscher.

Die Methode der Radarecholotung und das verwendete Meßgerät ist detailliert in Band I beschrieben [34]. In der vorliegenden Arbeit wurde für Gletschereis eine Ausbreitungsgeschwin-

Gletschername	ID	Fluss	Gebirgsgruppe	Geografische Breite N	Geografische Länge O	Hmax	Hmin	Fläche [km ²]	Jahr	Messpunkte
Alpeiner Ferner	4	SI	ZA	47° 1,9'	11° 38,5'	2875	2365	0,4	2000	44
Bachfallferner	12	OE	SA	47° 4,6'	11° 4,7'	3163	2646	2,1	2000	29
Brandner Gletscher	29	IL	RA	47° 3,6'	9° 41,9'	2800	2483	1,6	2005	12
Gaisbergferner	60	OE	OA	46° 49,8'	11° 3,9'	3385	2448	1,2	1999	33
Hochalmkees	11	LI	AH	47° 1,2'	13° 20,1'	3053	2591	2,9	2001	130
Hornkees	75	ZI	ZA	47° 0,0'	11° 49,4'	3209	2097	2,7	1999	85
Jamtalferner	19	SN	SG	46° 51,7'	10° 9,7'	3155	2407	3,8	2005	61
Langtaler Ferner	72	OE	OA	46° 47,6'	11° 1,0'	3411	2473	2,8	1999,2005	50+19
Lüsener Ferner	2	ME	SA	47° 5,2'	11° 7,7'	3254	2615	3,1	2000	40
Marzellferner	110	OE	OA	46° 46,7'	10° 53,1'	3609	2387	4,8	2002	40
Mullwitzkees	554,553	IS	VE	47° 5,2'	12° 22,8'	3412	2605	3,2+3,5	2003	83
Niederjochferner	111	OE	OA	46° 46,7'	10° 51,6'	3524	2770	2,1	2002	38
Nillkees	58	IS	VE	47° 3,1'	12° 24,7'	3263	2957	0,2	2006	25
Obersulzbachkees	129	SA	VE	47° 6,8'	12° 18,1'	3550	2205	11,0	2001,200	87 + 42
Ochsentaler Gletscher	8	IL	SG	46° 51,3'	10° 6,3'	3154	2375	2,5	2000	38
Rotmoosferner	63	OE	OA	46° 49,0'	11° 2,9'	3410	2413	2,8	2006	43
Schallferner	107	OE	OA	46° 47,1'	10° 56,1'	3503	2520	7,6	2002	85
Schlattenkees	77	IS	VE	47° 6,7'	12° 23,1'	3629	2125	9,3	2001	58
Schmiedingerkees	81	SA	GG	47° 11,9'	12° 41,1'	3000	2422	1,4	2003	56
Schwarzensteinkees	73	ZI	ZA	47° 0,8'	11° 51,3'	3360	2315	4,2	1999,2005	24+ 43
Schwarzmilferner	9	LE	AA	47° 17,9'	10° 17,8'	2504	2407	0,1	2003	25
Sulzenaufner	32	SI	SA	46° 58,8'	11° 9,3'	3502	2468	4,5	2003	25+5
Sulztalferner	22	OE	SA	47° 0,1'	11° 4,8'	3343	2441	4,0	2001	52
Taschachferner	14	PI	OA	46° 54,0'	10° 51,5'	3755	2208	6,3	2003	80
Umbalkees	40	IS	VE	47° 3,4'	12° 14,5'	3431	2398	4,7	2003	116
Untersulzbachkees	123	SA	VE	47° 8,1'	12° 21,0'	3660	2146	3,7	2001	36
Vermuntgletscher	7	IL	SG	46° 51,2'	10° 7,5'	3128	2491	1,9	2000	34
Waxegkees	76	ZI	ZA	47° 0,0'	11° 47,5'	3329	2329	3,4	2001	30
Windbacher Ferner	37	OE	SA	46° 58,6'	11° 6,0'	3157	2782	0,4	2005	25

Tabelle 1.1. Tabelle der wichtigsten Kennzahlen der in diesem Band der Studie behandelten Gletscher. ID...Identifikationsnummer des Gletschers im Gletscherkataster 1969, F... Fläche des Gletschers aus der zum Zeitpunkt der Messung verwendeten Kartengrundlage (im Text des entsprechenden Kapitels angegeben), Hmax...maximale Höhe des Gletschers 1969, Hmin...minimale Höhe des Gletschers 1969, Jahr...Jahr der Radarmessungen. Flüsse: FA... Fagge, IL...Ill, IS...Isel, LE...Lech, LI ... Lieser, ME...Melach, MO...Möll, OE...Öztalener Ache, PI...Pitze, SA...Salzach, SI...Sill, ZI...Ziller. Gebirgsgruppen: AA...Allgäuer Alpen, AH...Ankogel-Hochalmspitz Gruppe GG...Glocknergruppe, GR... Granatspitzgruppe, LA... Lechtaler Alpen, OA...Öztalener Alpen, SA...Stubai Alpen, SG...Silvretta Gruppe, VE...Venedigergruppe, ZA...Zillertaler Alpen. Am Sulzenaufner wurden an der Zunge die Eisdicke an 5 Punkten gemessen, die zur Fernerstube gehören. Da das Firngebiet der Fernerstube nicht vermessen wurde, wird sie nicht extra in der Tabelle angeführt.

Gletschername	ID	Fluss	Gebirgsgruppe	Geografische Breite N	Geografische Länge O	Fläche [km ²]	Hmax	Hmin	Jahr	Messpunkte
Daunkogelferner	716	SI	SA	46° 59,5'	11° 06,3'	1,5	3260	2640	1995	48
Fernaufner	714	SI	SA	46° 58,8'	11° 08,2'	1,9	3290	2590	1995 1999	98
Gaibkarferner	337	OE	SA	46° 58,4'	11° 07,0'	0,5	3190	2890	1995	28
Gepatschferner	30	FA	OA	46° 51,3'	10° 45,5'	17,7	3518	2063	1996	371
Grinner Ferner	804	SA	LA	47° 10,3'	10° 28,8'	0,1	2840	2740	1996	22
Großes Riepenkees	97	ZI	ZI	47° 03,2'	11° 40,5'	1,0	3170	2770	1998	34
Gurgelferner	372	OE	OA	46° 47,3'	10° 59,1'	10,3	3420	2270	1998	100
Hangender Ferner	344	OE	OA	46° 55,5'	10° 55,0'	0,2	3020	2710	2001	23
Hinterseisferner	423	OE	OA	46° 47,8'	10° 46,2'	8,5	3710	2390	1997 2001	145
Hochjochferner	419	OE	OA	46° 47,4'	10° 49,4'	6,7	3500	2580	1997	105
Karlesferner	476	OE	OA	46° 55,9'	10° 55,0'	1,6	3350	2620	2001	23
Kesselwandferner	427	OE	OA	46° 50,3'	10° 47,9'	4,2	3490	2720	1995	213
Langtauferejochferner ¹	423	OE	OA	46° 48,7'	10° 45,6'	1,5	3500	2770	1997	20
Mittelbergferner	477	PI	OA	46° 54,7'	10° 54,0'	11,0	3530	2250	1998 2000	123
Odenwinkelkees	613	SA	GR	47° 06,5'	12° 39,1'	2,3	3180	2130	1998	99
Pasterze	273	MO	GG	47° 06,1'	12° 41,7'	18,3	3700	2070	1997 1998	178
Schaufelferner	714	SI	SA	46° 59,1'	11° 07,1'	1,5	3200	2700	1995 1997 2000 2002	115
Sonnblückees	616	SA	GR	47° 07,9'	12° 36,0'	1,6	3030	2500	1998	82
Tisenjochferner ²	409	OE	OA	46° 46,9'	10° 50,9'	0,4	3240	3000	1997	29
Tuxer Ferner ³	925	ZI	ZI	47° 04,4'	11° 41,1'	4,4	3300	2480	1998	89
Weißbrunnferner ⁴				46° 29,0'	10° 46,3'	0,7	3430	2890	1996	21
Weißseeferner	31	FA	OA	46° 51,4'	10° 42,8'	2,9	3518	2560	1996	22

Tabelle 1.2. Tabelle der wichtigsten Kennzahlen der in Band I dieser Studie behandelten Gletscher. ¹ im Gletscherkataster 1969 wird der Langtauferejochferner als Seitengletscher des Hinterseisferners geführt. Seit dem Jahr 2000 endet die Zunge des Langtauferejochferners oberhalb der Zunge des Hinterseisferners. ² im Gletscherkataster 1969 ist der Tisenjochferner als Seitengletscher der Niederjochferners geführt. ³ auch Gefrorene Wand Kees. ⁴ liegt auf italienischem Staatsgebiet. Höhen und Lage aus Orthofotokarte 1987 (Georges, persönliche Mitteilung). ID...Identifikationsnummer des Gletschers im Gletscherkataster 1969, F... Fläche des Gletschers aus der zum Zeitpunkt der Messung verwendeten Kartengrundlage (im Text des entsprechenden Kapitels angegeben), Hmax...maximale Höhe des Gletschers 1969, Hmin...minimale Höhe des Gletschers 1969, Jahr...Jahr der Radarmessungen. Flüsse: FA... Fagge, MO...Möll, OE...Ötz, PI...Pitze, SA...Salzach, SA Sanna, SI...Sill, ZI...Zillertal. Gebirgsgruppen: GG...Glocknergruppe, GR... Granatspitzgruppe, LA... Lechtaler Alpen, OA... Ötztaler Alpen, SA...Stubai Alpen, SA...Zillertaler Alpen.

digkeit von $168 \text{ m}/\mu\text{s}$ verwendet [3] [21] und das Medium Gletscher als homogen angenommen und somit Firnschicht und Winterschneesichten vernachlässigt. Im verwendeten Wellenlängenbereich konnte die Dicke der Firnschicht nicht aus dem reflektierten Signal abgeleitet werden. Die in dieser Arbeit angegebenen Eisdicken sind nicht migriert, also in den abgebildeten Profilen vertikal nach unten und nicht unbedingt lagerichtig aufgetragen.

Für die Messungen wurde ein Hochleistungs-Impuls Sender von Narod [21] mit am Institut für Meteorologie und Geophysik hergestellten widerstandsbelasteten Dipol-Antennen [36] [29]. Deren halbe Länge beträgt 15 bzw. 25 m, woraus sich nach Narod (pers. Mitteilung) zentrale Frequenzen von 6,5 MHz bzw. 4 MHz ergeben. Das Signal auf der Empfängerseite wurde mit einem Digitalen Scopemeter des Typs Fluke 105B, das Abtastgeschwindigkeiten von bis zu 5 GS/s ermöglicht, aufgezeichnet. Mit dem Fluke 105 B können Störimpulse bis 40 ns aufgezeichnet werden, die Ablesegenauigkeit kann je nach gewählter Auflösung bis 5 ns pro Skaleneinheit betragen.

Ab 2003 wurde die Verortung der Messpunkte mit einem Garmin GPS durchgeführt. Die Höhe wurde barometrisch gemessen. Wo möglich wurde bei der Darstellung der Ergebnisse darauf geachtet, die zur Auswertung verwendete Kartengrundlage heranzuziehen und abzubilden, um Unsicherheiten bei der verwendeten Oberflächenhöhe zu vermeiden. Da zum Zeitpunkt der Auswertung die Höhenmodelle des österreichischen Gletscherinventars noch nicht fertiggestellt waren, wurden die Eisdickenmessungen auf Grundlage der Karten des BEV ausgewertet. Nach Erscheinen der digitalen Version der ÖK, der Austrian Map, wurde diese als Grundlage herangezogen. Die Ergebnisse der in Band I und Band II angeführten Messungen werden in das neue österreichische Gletscherinventar übernommen und in die Datenbank des Inventars eingefügt.

Bei der Darstellung der Ergebnisse wurde auf Anschaulichkeit Wert gelegt. Der obere Teil der Abbildungen zeigt Profile von Eisoberfläche und Untergrund, der untere Teil die Eisdicke, zu der auch das Jahr der aktuellen Messung angegeben wird. Die Gletscheroberflächen dieses Jahres waren allerdings meist nicht bekannt, sodass ältere Oberflächenprofile mit dem Jahr der Kartenaufnahme dargestellt werden und die absolute Höhe des Gletscheruntergrunds nicht exakt ist. In Trogtälern wurde die Untergrundsform migriert [37].

Bei einzelnen Gletschern konnten nicht alle der in der Tabelle angegebenen Messpunkte ausgewertet werden, sodass weniger Datenpunkte in den Eisdickendiagrammen zu finden sind als hier angegeben. Beispiele für verschieden gut auswertbare Radarsignale sind in Band I angeführt.

2.1 Alpeiner Ferner

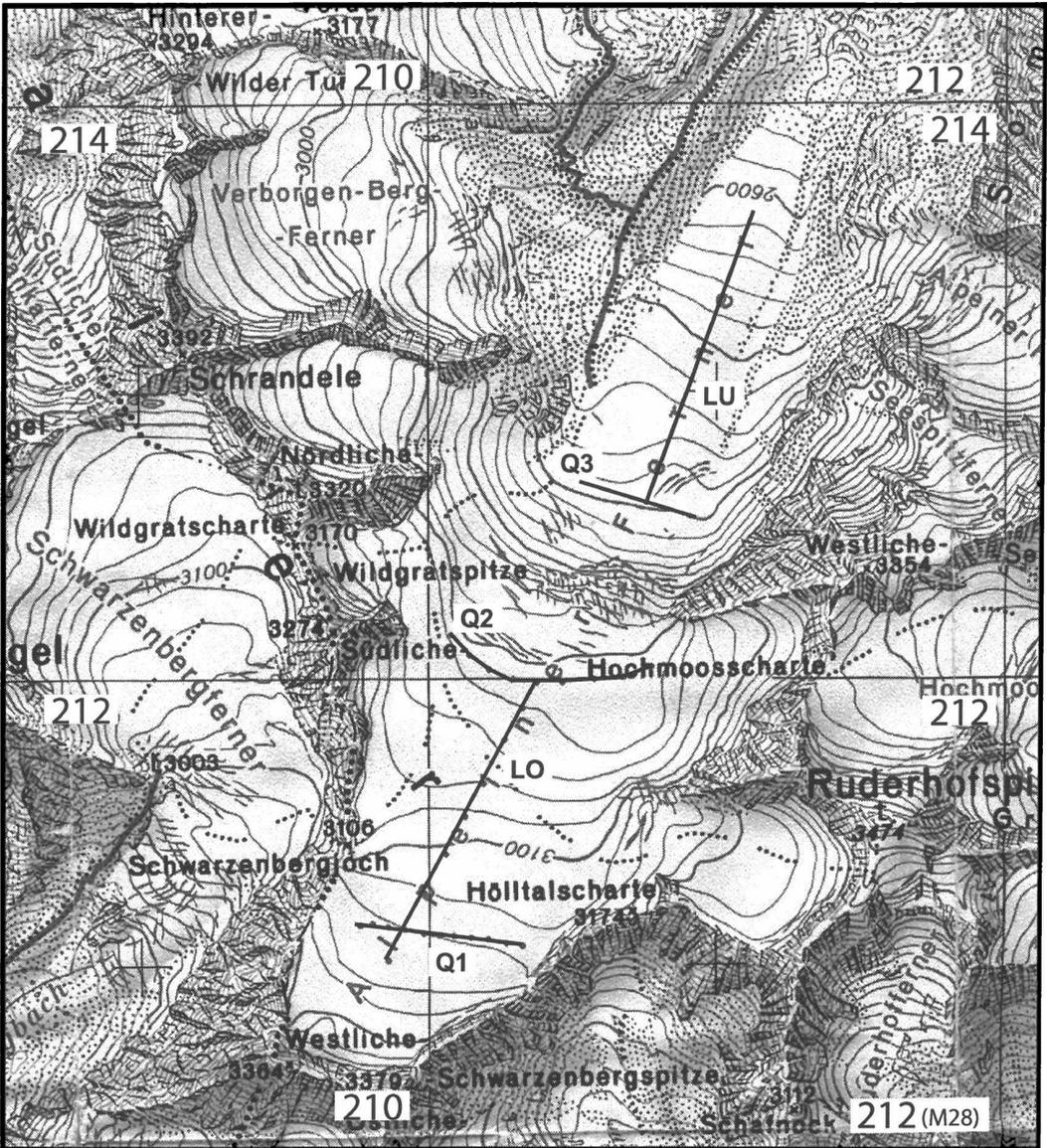


Abbildung 2.1. Karte des Alpeiner Ferners (Stubai Alpen) mit Lage der Radarprofile. Quelle: ÖK 1:50 000, BEV.

Die Eisdicke des Alpeiner Ferners ($0,4 \text{ km}^2$ im Jahr 1998, $47 \text{ } 1,9^\circ \text{ N}$, $11^\circ \text{ } 38,5 \text{ O}$) wurde am 22. 3. 2000 an 44 Punkten gemessen. Die drei Quer- und das durch den Gletscherbruch unterbrochene Längsprofil sind in Abbildung 2.1 eingezeichnet. Das obere Längsprofil wurde orografisch links der Gletschermittle gemessen, da hier das Querprofil Q1 hier die größte Tiefe zeigte. Die seitliche Felsumrahmung des Firnbeckens dürfte sehr steil sein da im Profil Q1 bis weit zum Gletscherrand sehr große Tiefen gemessen wurden. Die Eistiefen im Profil LO liegen meist deutlich über 100 m. Auf einer Höhe von 3100 m liegt eine Felsrippe im Untergrund, über der das Eis nur 86 m dick ist. Knapp oberhalb des Gletscherbruchs wurde auf etwa 3010 m das Querprofil Q2 mit der größten Eisdicke von 130 m gemessen. Auf 2800 m wurde unterhalb des Bruches das Querprofil Q3 gemessen, an dessen tiefster Stelle das Längsprofil LU bis auf einen Höhe von 2610 m fortgesetzt wurde. Die Eisdicke der Zunge liegt zwischen 40 und 60 m.

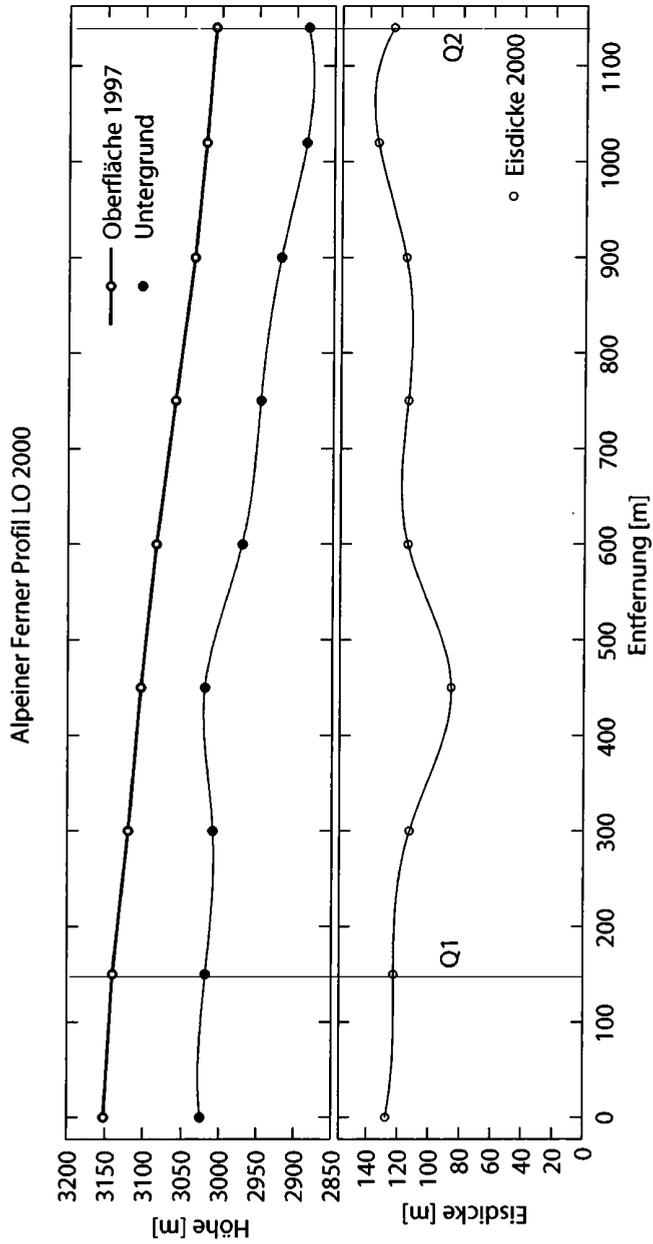


Abbildung 2.2. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Längsprofils LO am Alpeiner Ferner.

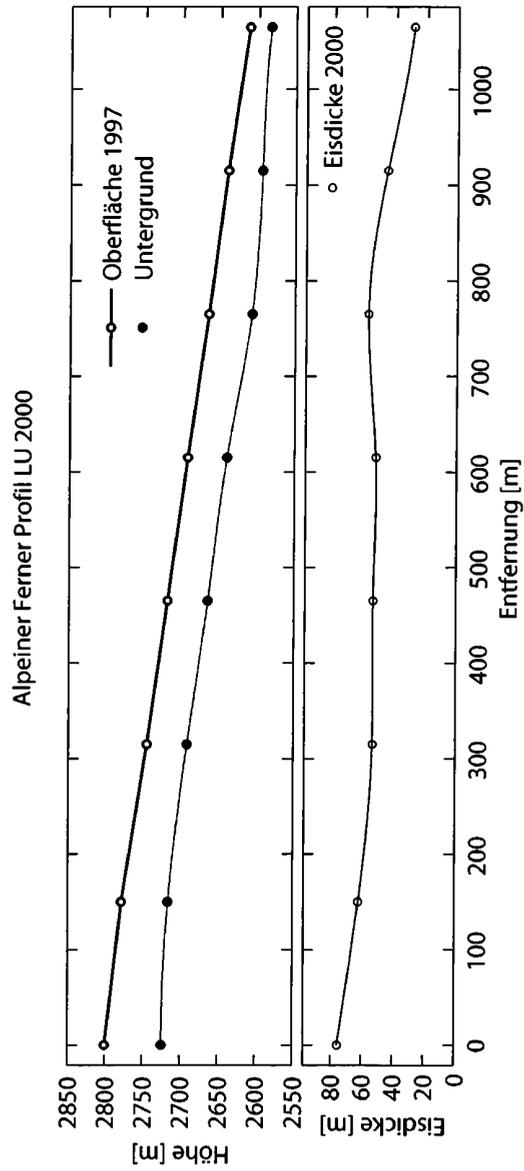


Abbildung 2.3. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Längsprofils LU am Alpeiner Ferner.

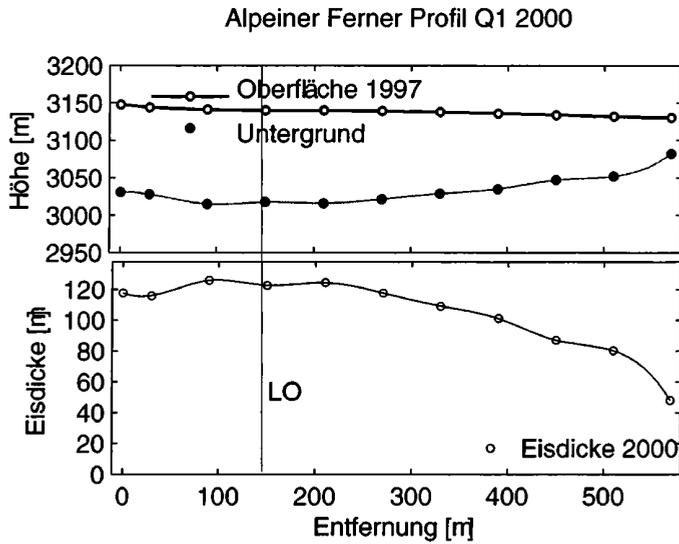


Abbildung 2.4. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils Q1 am Alpeiner Ferner.

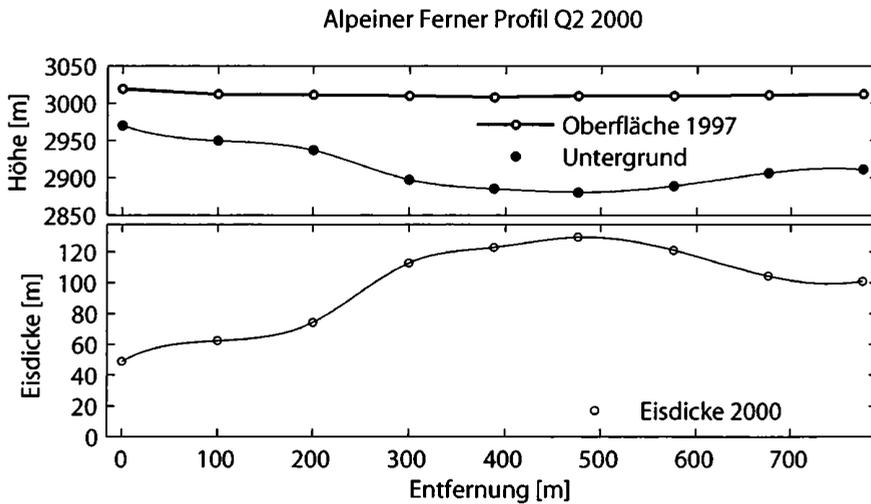


Abbildung 2.5. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils Q2 am Alpeiner Ferner.

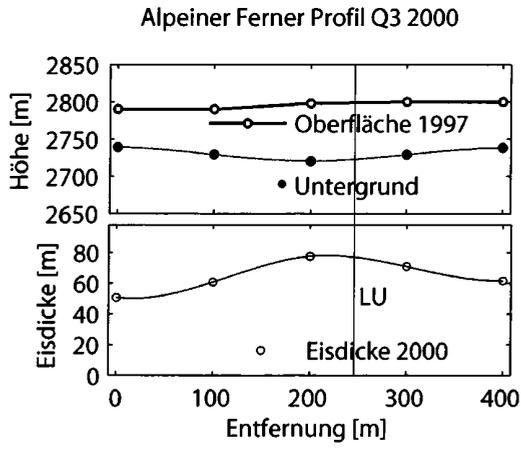


Abbildung 2.6. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils Q3 am Alpeiner Ferner.

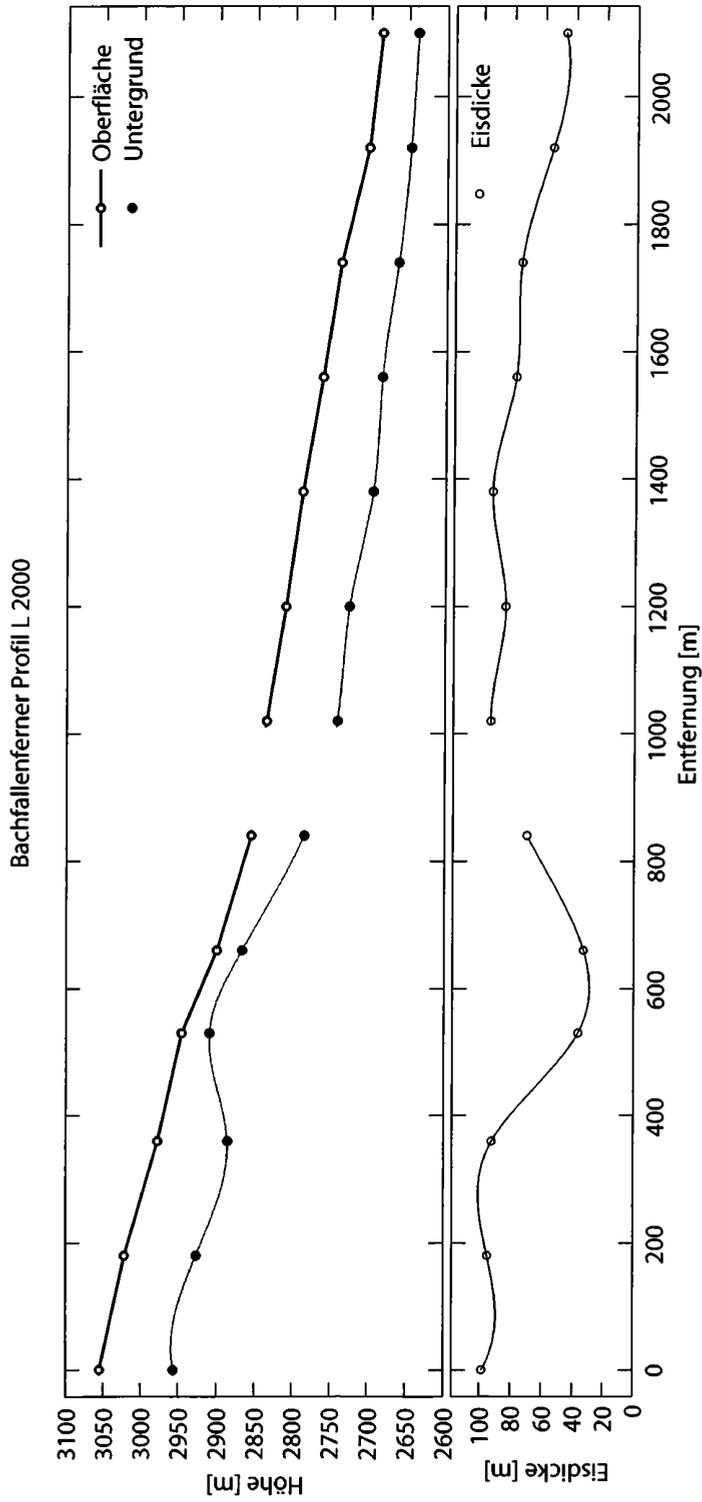


Abbildung 2.8. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Längsprofils L am Bachfallenerner.

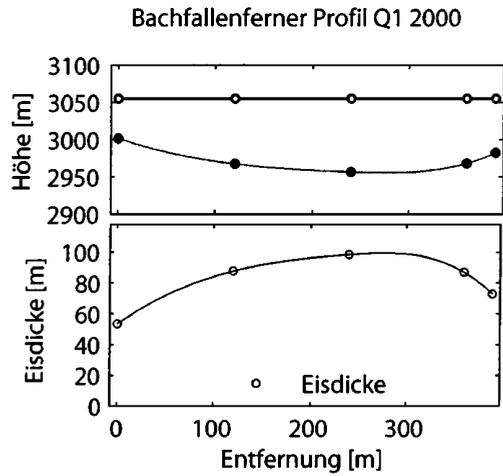


Abbildung 2.9. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils Q1 am Bachfallenferner.

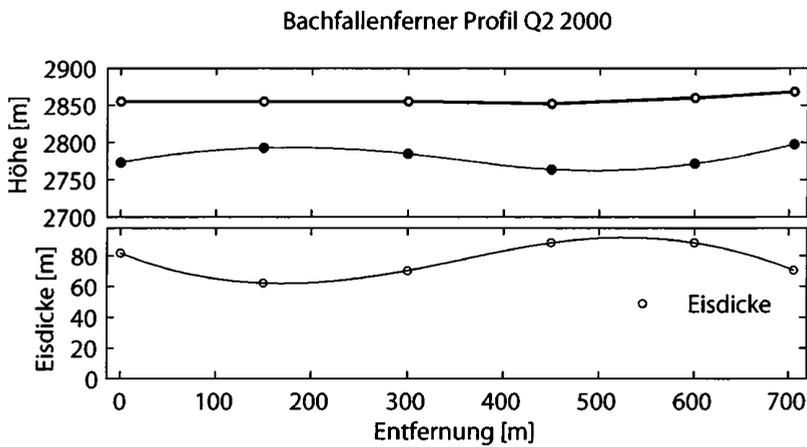


Abbildung 2.10. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils Q2 am Bachfallenferner.

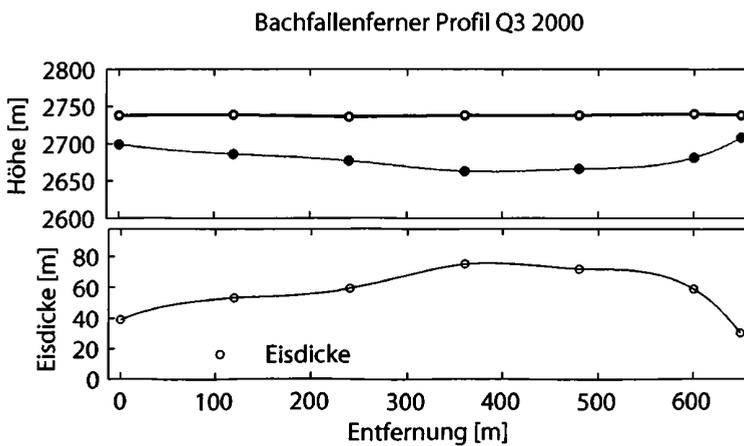


Abbildung 2.11. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils Q3 am Bachfallenferner.

2.3 Lüsener Ferner

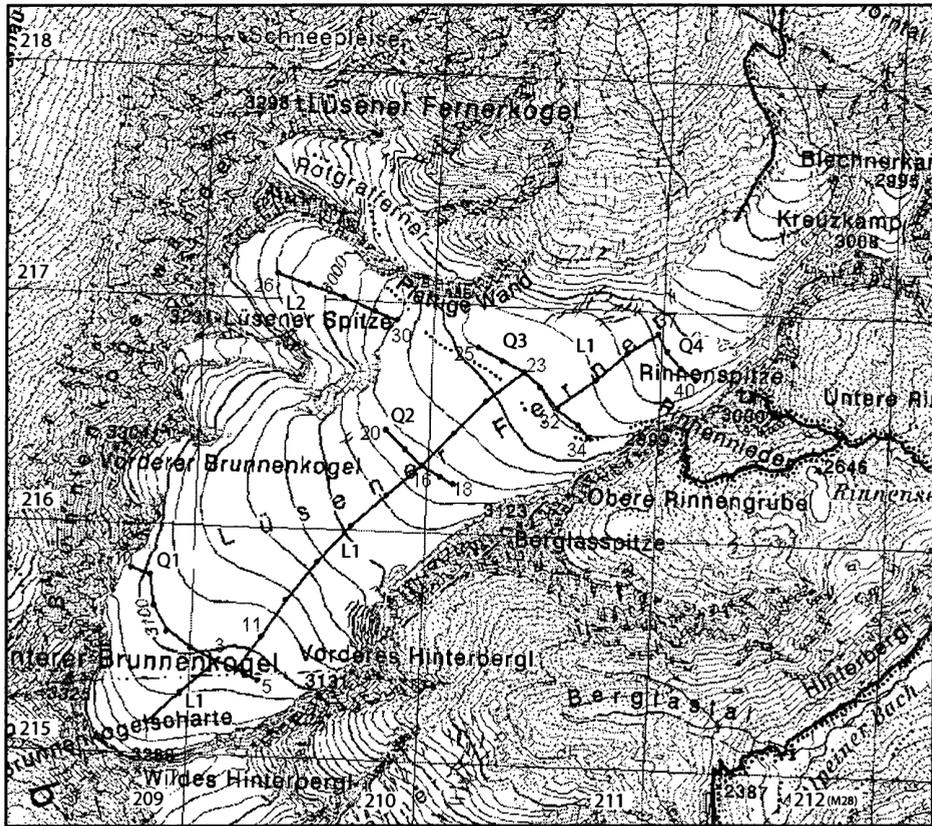


Abbildung 2.12. Karte des Lüsener Ferners (Stubaiier Alpen) mit Radarprofilen. Quelle: ÖK 1:50 000, BEV.

Der Lüsener (auch: Lisenser) Ferner in den Stubaiier Alpen ($47^{\circ} 5,2' N$, $11^{\circ} 7,7' O$) hat eine Fläche von $3,1 \text{ km}^2$ (1998). Die Eisdicke des Lüsener Ferners wurde am 7.4. 2000 an 40 Punkten bestimmt. Die Gesamtlänge der Profile beträgt über $5,3 \text{ km}$.

Unterhalb des südlichsten Punktes des Lisenser Ferners am oberen Rand des großen Firnbeckens der Brunnenkogelscharte beginnt das Längsprofil L. Auf ca. 3100 m (alle Höhenangaben laut ÖK) wird das erste Querprofil angelegt (8 Punkte). An seiner tiefsten Stelle setzt das Längsprofil fort, das etwas orographisch rechts der Gletschermite auf einem leichten Rücken angelegt wird und auf ca. 2950 m in das zweite Querprofil mündet (5 Punkte). Nach weiteren 3 Punkten wurde bei der Einmündung des kleinen Seitengletschers am Fuß der Plattigen Wand ein drittes Querprofil gemessen (7 Punkte). Es folgen 4 Punkte eines Längsprofils auf diesem Seitengletscher, bevor das Querprofil 3 fertig gemessen wird. Das Längsprofil wird bis auf ca. 2820 m fortgesetzt. An dieser Stelle werden noch 4 Punkte eines vierten Querprofils gemessen, um die Mächtigkeit des unteren Abschnittes der Zunge abschätzen zu können. Die Eisdicke erreicht hier noch beachtliche 93 m . Die größten Eistiefen wurden im Längsprofil bei Punkt Nummer 22 mit 130 m gemessen. Im Mittelteil dieses Profils liegen sie über 120 m . Generell sind die Eismächtigkeiten größer als 100 m , lediglich bei Punkt 12 werden nur rund 65 m erreicht; hier ist eine Felsrippe im Untergrund zu erkennen. Es wurde auch ein Längsprofil auf dem kleineren Seitengletscher zwischen Lüsener Spitze und Plattiger Wand gemessen. Die Eisdicken liegen hier zwischen 70 und 95 m . Die Eisverbindung dieses Seitengletschers zum Lüsener Ferner dürfte nur mehr - so sie überhaupt noch besteht - sehr dünn sein, da sowohl der unterste Abschnitt des Längsprofils 2 als auch der orogr. linke Teil des Querprofils 3 eine sehr rasche Abnahme der Eisdicke zum jeweiligen Rand hin zeigen. Das Querprofil 1, das im obersten Teil des Firnbeckens aufgenommen wurde, zeigt, daß der Lüsener Ferner dort zwei kleine Täler im Untergrund ausfüllt, die durch eine Felsrippe voneinander getrennt sind. An der Oberfläche wird dies vor allem durch eine Mulde im

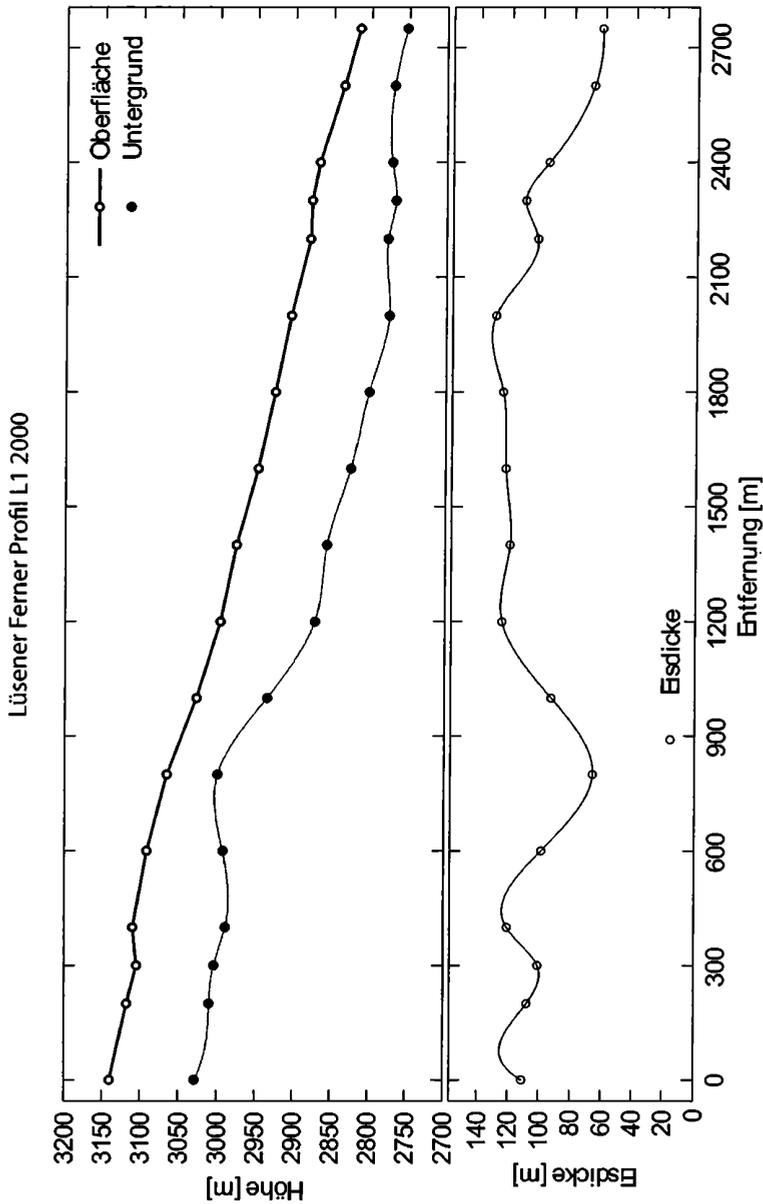


Abbildung 2.13. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profil L1 am Lüsener Ferner in in den Stubaiäer Alpen.

orographisch linken Teil des Firnbeckens sichtbar. Die weiteren Querprofile zeigen die Trogform des vom Gletscher ausgefüllten Tales, wobei die seitlich begrenzenden Wände sehr steil abfallen dürften, da die Eisdicken bis zum Rand sehr groß bleiben. Vor allem die Punkte 34 und 40 zeigen dies; sie wurden an Stellen aufgenommen, wo die Oberfläche bereits zum Gletscherrand ansteigt und die Felswände schon sehr nahe sind - dennoch wurden hier sehr große Tiefen gemessen.

Lüsener Ferner Profil L2 2000

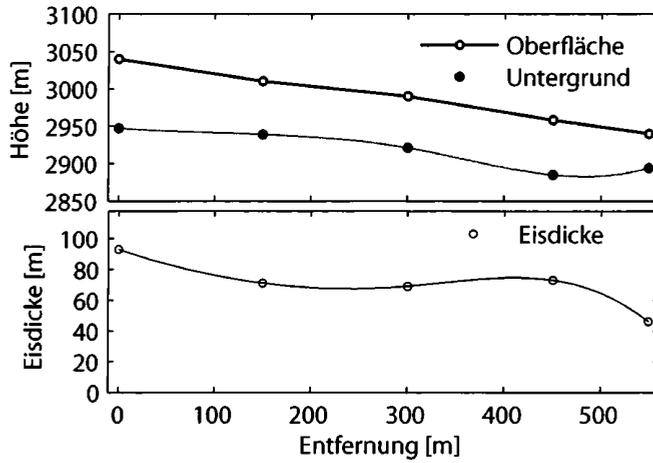


Abbildung 2.14. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profil L2 am Lüsener Ferner in den Stubaier Alpen.

Lüsener Ferner Profil Q1 2000

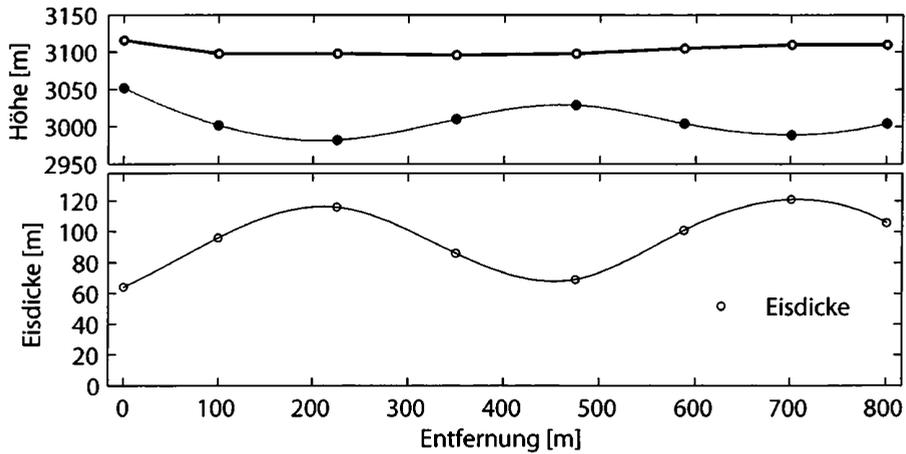


Abbildung 2.15. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profil Q1 am Lüsener Ferner in den Stubaier Alpen.

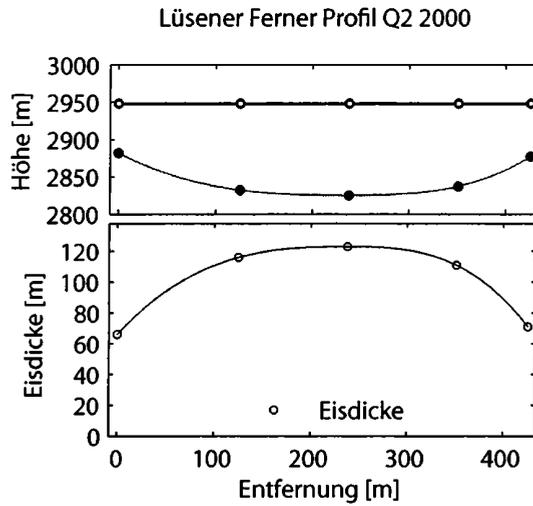


Abbildung 2.16. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profil Q2 am Lüsener Ferner in den Stubaier Alpen.

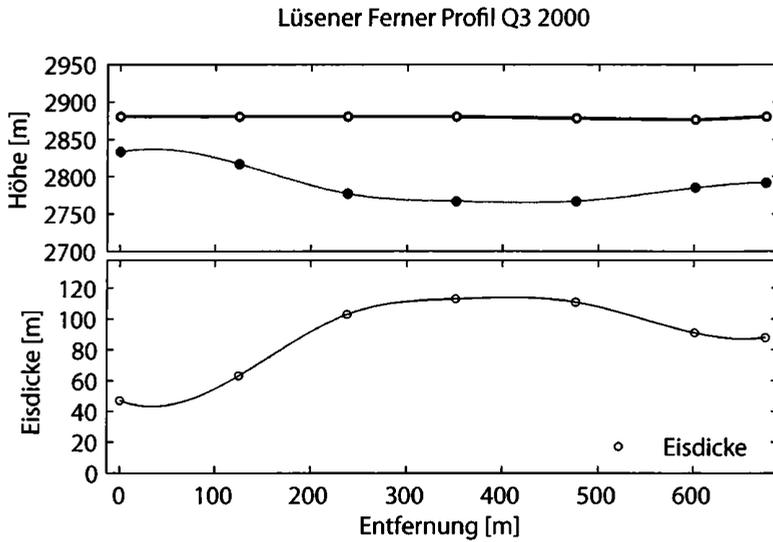


Abbildung 2.17. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profil Q3 am Lüsener Ferner in den Stubaier Alpen.

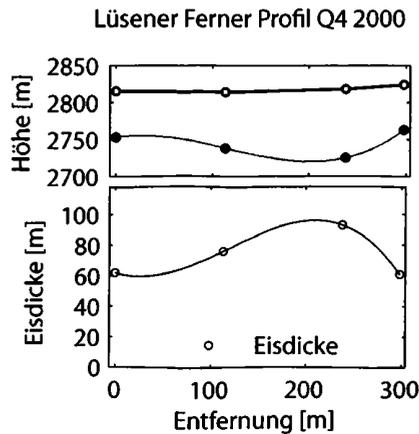


Abbildung 2.18. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profil Q4 am Lüsener Ferner in den Stubaier Alpen.

2.4 Sulzenauferner

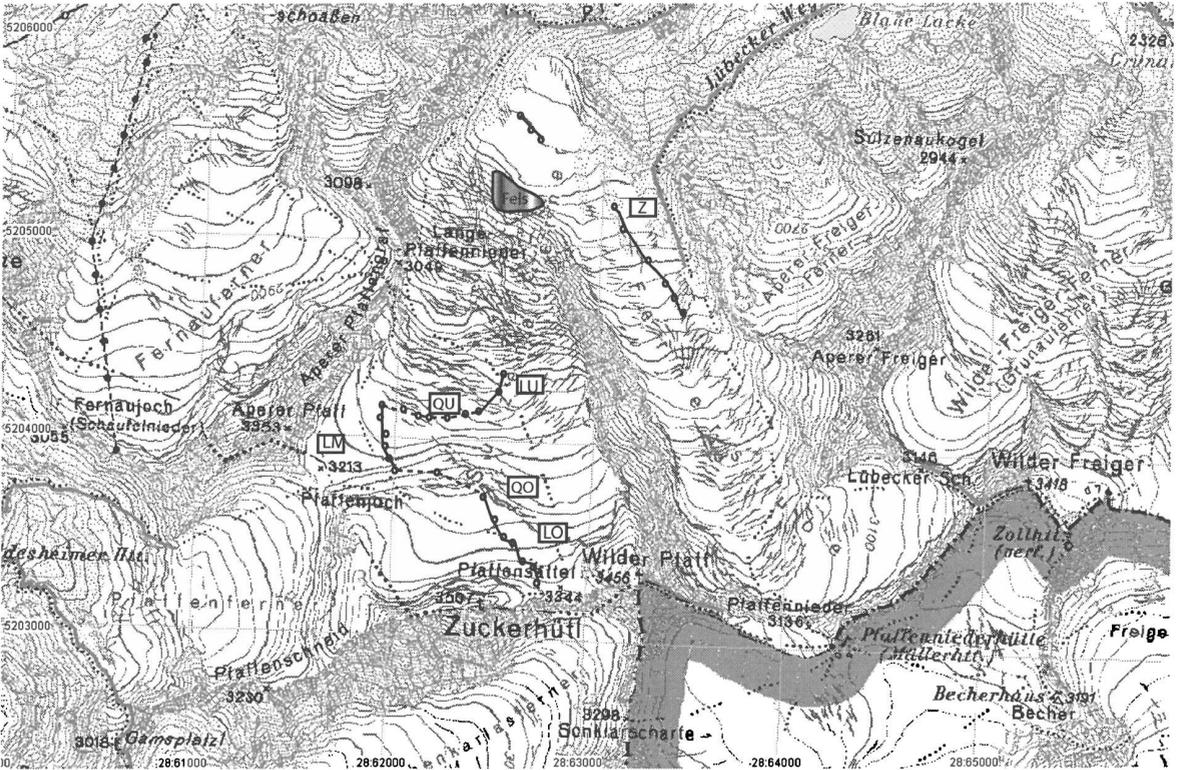


Abbildung 2.19. Karte des Sulzenauferner (Stubai Alpen) mit Lage der Radarprofile. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.



Abbildung 2.20. Sulzenauferner vom Peiljoch am 19. März 2003 mit Zuckerhütl und Wildem Pfaff.

Der Sulzenauferner ist mit einer Fläche von etwa 4,67 km unter den zwanzig größten Gletschern Österreichs. Er grenzt im Westen an das Schigebiet Stubai Gletscher und erstreckt sich zwischen 3505 m (Zuckerhütl) und ca. 2500 m Höhe (Abbildung 2.19). Der obere Teil des Sulzenauferner gliedert sich in ein oberes Firnbecken, das in zwei durch eine Felsstufe im Untergrund

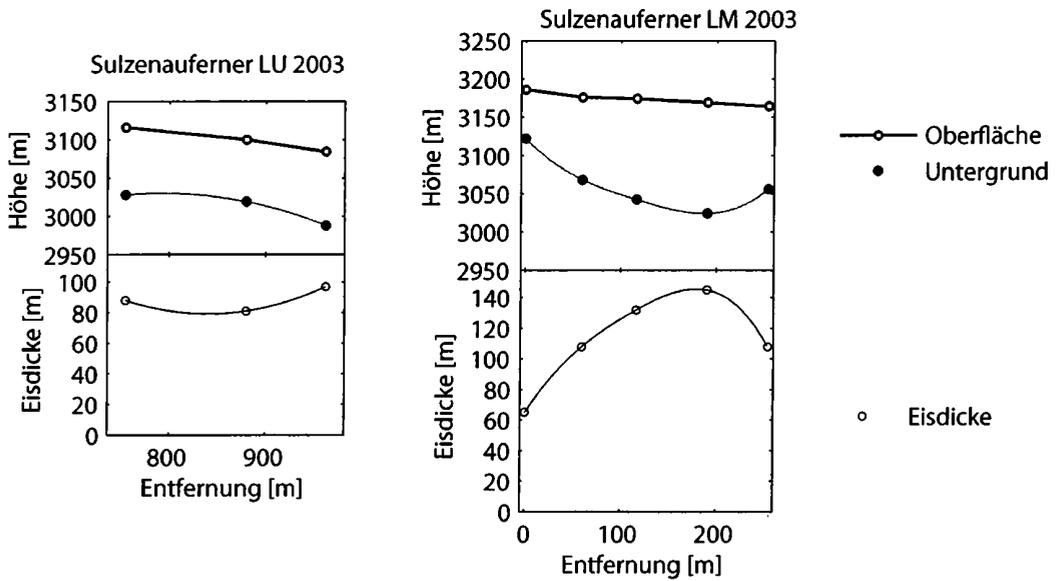


Abbildung 2.21. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profile LU und LM am Sulzenauferner.

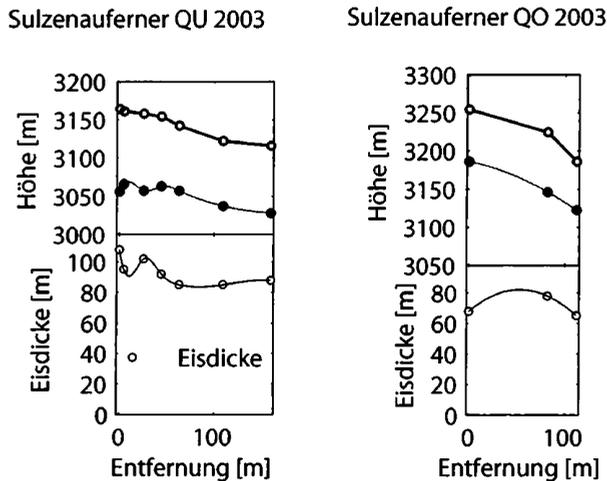


Abbildung 2.22. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang der Profile QU und QO am Sulzenauferner.

getrennte Mulden übergeht. Zwischen diesen Mulden befinden sich große Spaltenzonen (Abbildung 2.20). Zwischen 2700 und 2800 m Höhe fließt der Gletscher über eine Felsrippe, die am Wilden Pfaff beginnt. In diesem Bereich befindet sich ein großer Eisbruch. Innerhalb des Bruches ist eine Felsinsel ausgeapert, die in der Karte (Abbildung 2.19) in violett eingezeichnet ist. Das Eis an der Kante oberhalb dieser Felsinsel war nur 5 bis 10 m dick. Vom orographisch linken Rand wurde wiederholt Eisschlag beobachtet. Während der Messungen beobachtete, bis zu einem Meter breite, frische Risse in der Schneedecke deuten auf hohe Bewegungsraten im oberhalb der Felsinsel gelegenen Bereich. Unterhalb des Eisbruches befindet sich eine flache Zunge.

An 25 Punkten des Sulzenauferner und 5 Punkten der Fernerstube wurden am 18. und 19. März 2003 Radarmessungen durchgeführt. Am Sulzenauferner wurde durch die Spaltenzonen die Route erzwungen und führt durch verschiedene Becken. Am Ende des unteren Längsprofils waren die deutlich sichtbaren Spalten nur mehr etwa 20 m voneinander entfernt. Dort wurde die Vermessung aufgegeben, da das Signal nicht eindeutig zu interpretieren gewesen wäre. Bis zum Beginn des flachen Bereiches der Zunge ist wegen der Eisbrüche keine Vermessung möglich. Für den Sulzenauferner wurden Eisdicken bis zu 145 m ermittelt. Die Signale an der Zunge konnten leider nicht interpretiert werden. In direkter Linie zwischen Pfaffenjoch und Zuckerhütli wurde

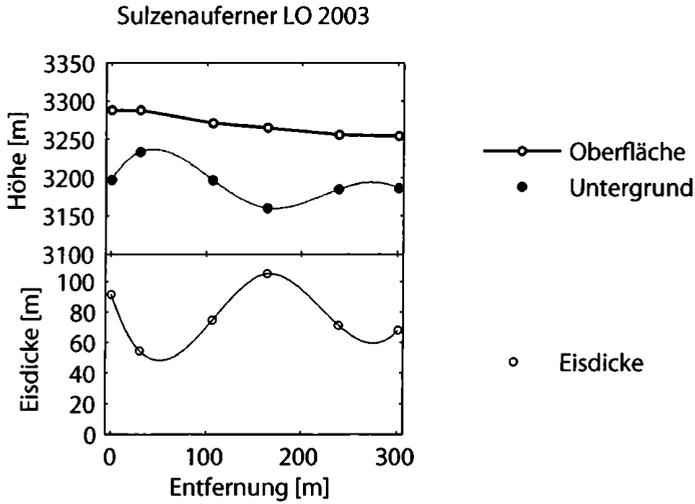


Abbildung 2.23. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils LO am Sulzenauferner.

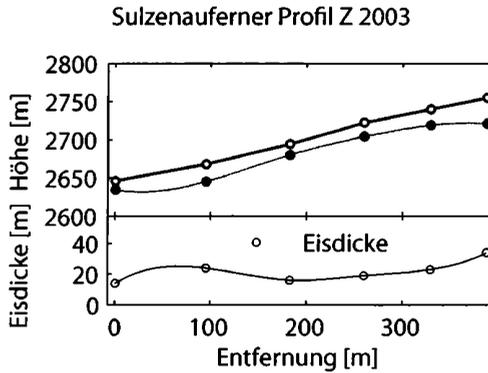


Abbildung 2.24. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils Z in der Fernerstube.

das Signal von den umliegenden Felsen dominiert und nicht aufgezeichnet. Die Fernerstube (3180 bis 2500 m) ist im unteren Teil relativ schmal. Im zentralen Teil der Zunge befinden sich einige Spaltenzonen. Diese beiden Faktoren machen eine Interpretation des Signals sehr schwierig. Der Gletscher wurde bis auf eine Höhe von ca. 2950 m begangen. Das Profil endet an der Stelle, wo eine Spaltenzone orographisch rechts umgangen werden mußte.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß der Sulzenauferner und die Fernerstube soweit Topographie und Erscheinungsbild der Gletscher zulassen vermessen wurden.

Die größte Eisdicke wurde am Sulzenauferner mit 145 m auf 3170 m Seehöhe gemessen. Dies ist der tiefste Punkt des mittleren Längsprofils. Im oberen Becken erreicht die Eisdicke ebenfalls um die 100 m. Zwischen den Becken sind die Eismächtigkeiten kleiner. Die Messungen an der Zunge der Fernerstube ergaben sehr geringe Eisdicken.

2.5 Windacher Ferner

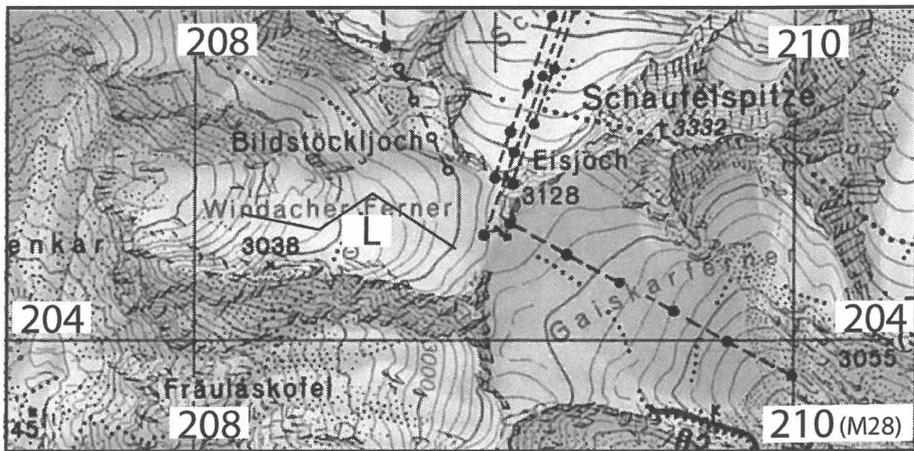


Abbildung 2.25. Karte des Windacher Ferners (Stubai Alpen) mit Radarprofilen. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

Der Windacher Ferner in den Stubai Alpen ($46^{\circ} 58,6' N$, $11^{\circ} 6' O$) ist Teil des Schigebietes 'Stubai Gletscher' und hat eine Fläche von $0,4 \text{ km}^2$ (1998). Am 12. 05. 2005 wurde die Eisdicke entlang eines Längsprofils an 25 Stellen gemessen. Die Lage des Profils ist aus Abbildung 2.25 ersichtlich. Aus den 2005 gemessenen Eisdicken und Oberflächenhöhen wurde die Höhe des Untergrundes berechnet (Abbildung 2.26). Die mit 66 m dickste Stelle des Gletschers liegt auf 3065 m Seehöhe.

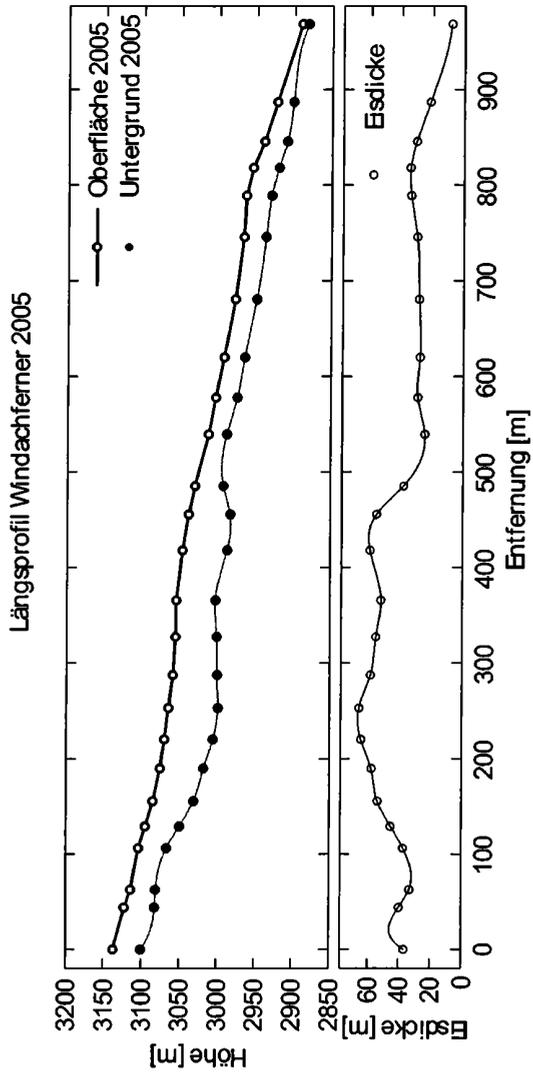


Abbildung 2.26. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils L am Windacher Ferner in den Stubaier Alpen mit Radarprofilen.

2.6 Sulztalferner

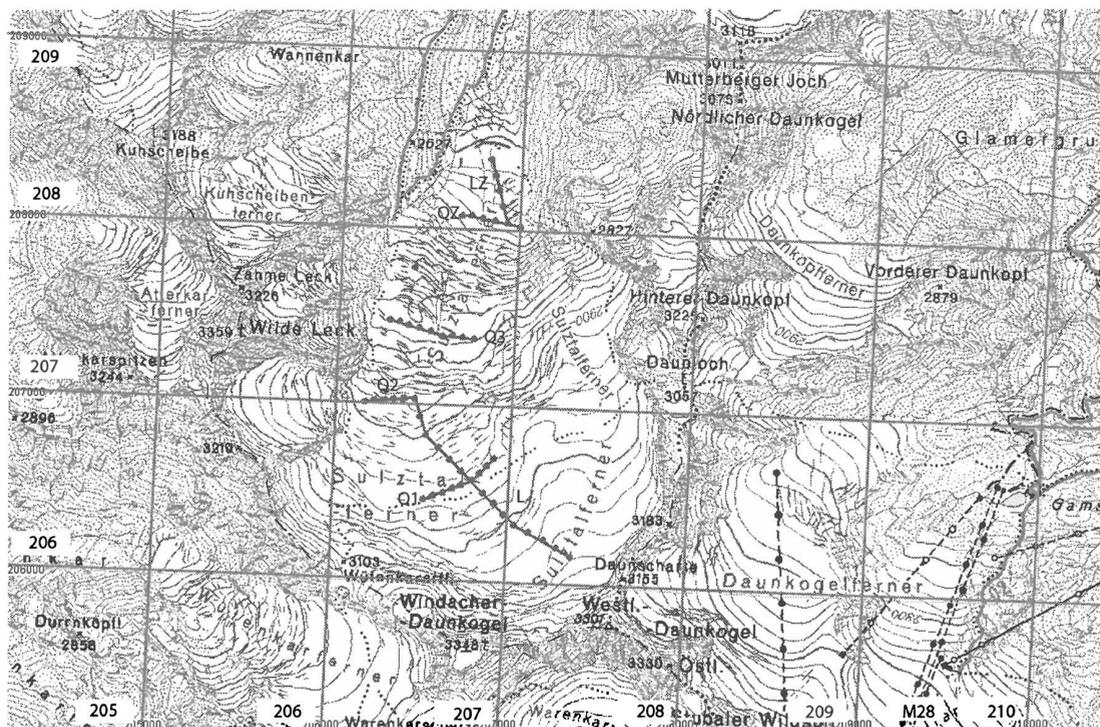


Abbildung 2.27. Karte des Sulztalferners (Stubai Alpen) mit Lage der Radarprofile. Quelle: ÖK 1:50 000, BEV.

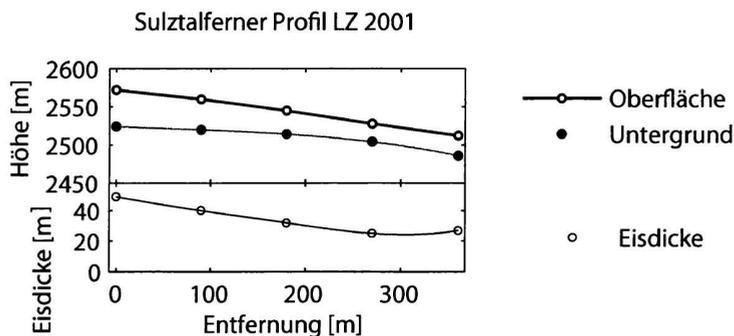


Abbildung 2.28. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils LZ am Sulztalferner.

Der Sulztalferner in den Stubai Alpen ($47^{\circ} 0,1' N$, $11^{\circ} 5' S$) hatte 1998 eine Fläche von $4,0 \text{ km}^2$. Der Gletscher erstreckt sich über einen Höhenbereich von 3343 bis 2441 m.

Am 29. und 30. Mai 2001 wurde die Eisdicke an 52 Stellen in Längs- und Querprofilen gemessen. Im Firnbecken ist das Eis bis zu 127 m dick, im Zungenbereich ist der Gletscher deutlich dünner. Während im oberen Teil der Zunge noch Eisdicken zwischen 90 und 60 m vorherrschen, ist das Eis in den untersten Profilen nur mehr zwischen 50 und 20 m dick.

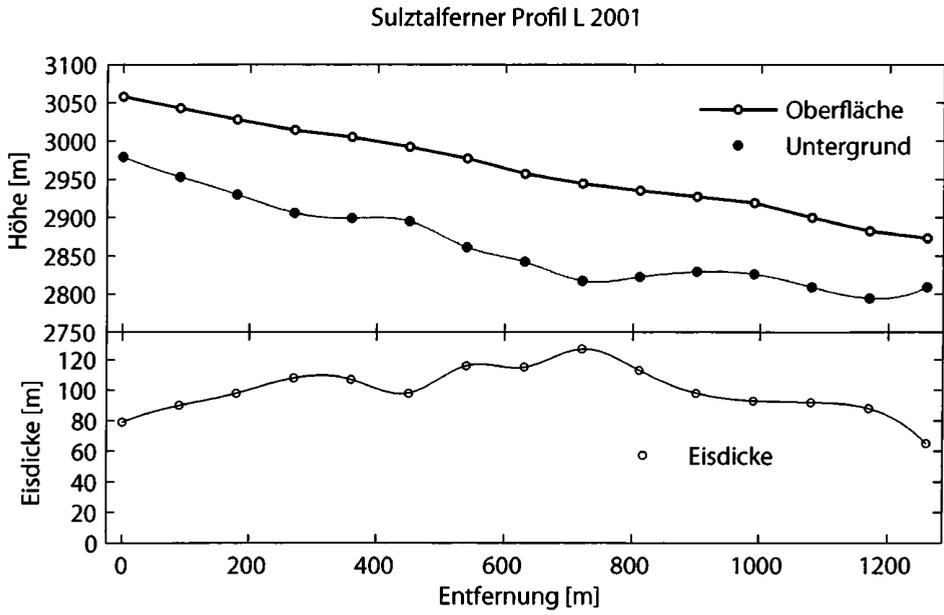


Abbildung 2.29. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils L am Sulztalferner.

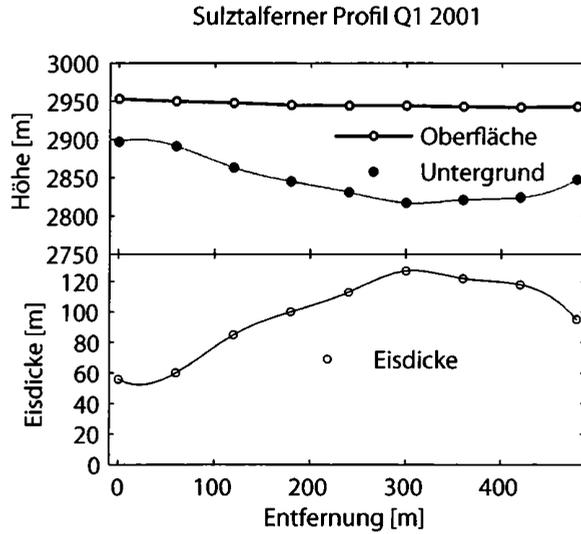


Abbildung 2.30. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils Q1 am Sulztalferner.

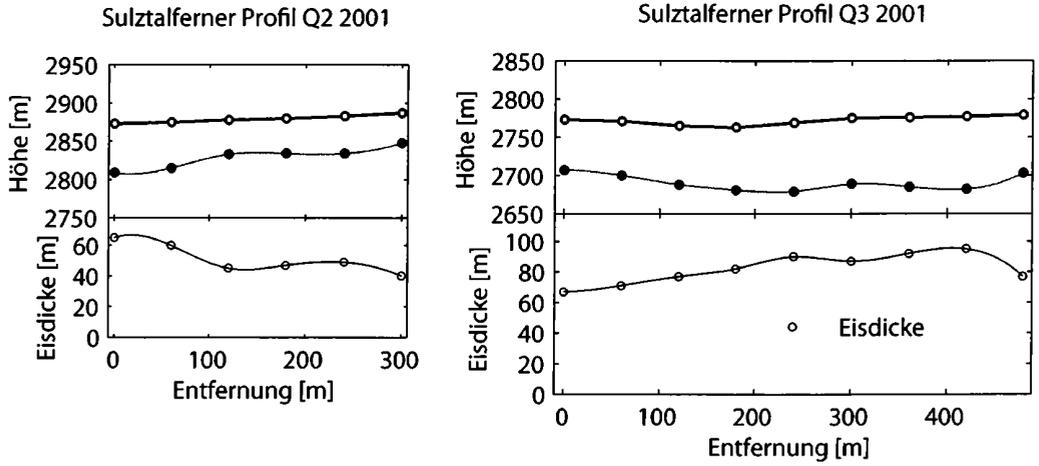


Abbildung 2.31. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang der Profile Q2 und Q3 am Sulztalferner.

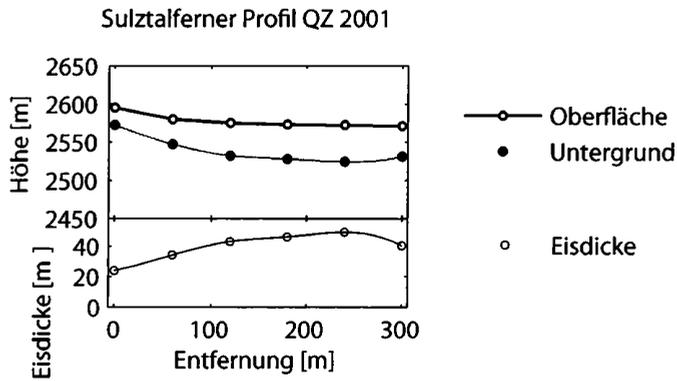
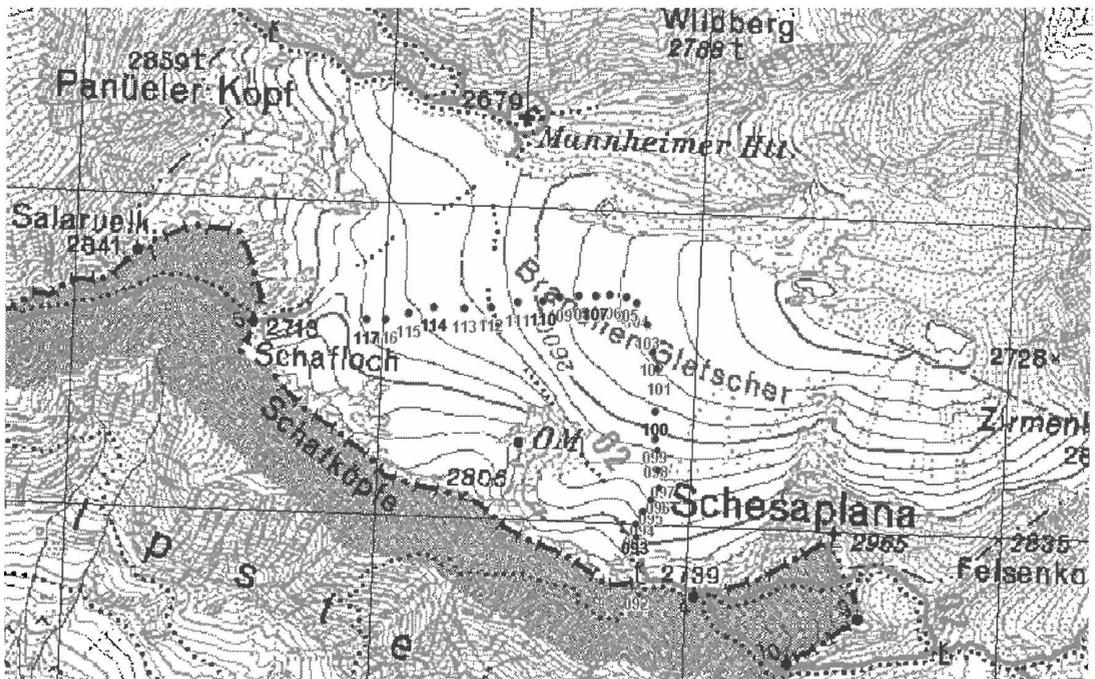


Abbildung 2.32. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils QZ am Sulztalferner.

Rätikon und Silvretta

3.1 Brandner Gletscher



Wegpunkt	Eisdicke	Oberfläche	Untergrund
95	11	2664	2656
96	14	2650	2638
97	19	2633	2616
98	17	2619	2604
99	28	2584	2557
100	26	2566	2541
101		2550	
103		2536	
104		2535	
105		2539	
106	39	2545	2501
107		2552	
108	53	2563	2500
109	59	2570	2504
110	61	2585	2510
111	69	2605	2517
112		2621	
113	70	2637	2551
114		2650	
115		2655	
116		2663	
117		2673	

Tabelle 3.1. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 2005 und berechneter Untergrund am Brandner Gletscher.

3.2 Jamtalferner



Abbildung 3.2. Zunge des Jamtalferners (Silvretta) 2005 (Foto: G. Markl).

Der Jamtalferner ($46^{\circ} 51,7' N$, $10^{\circ} 9,7' O$) in der Silvretta hat eine Fläche von $3,8 \text{ km}^2$ (1998). Seit 1988/89 werden am Jamtalferner vom Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck Massenbilanzmessungen durchgeführt [12] [13] [14]. Seit 1892 werden die Längenänderungen der Gletscherzunge vom Gletschermessdienst des Österreichischen Alpenvereins aufgezeichnet.

Die Eisdicke wurde von 26. bis 28. April 2000 an 61 Stellen in sechs Quer- und zwei Längsprofilen gemessen (Abbildung 3.3). In der westlichen Mulde des Firngebietes wurden die zwei Querprofile QW1 und QW2 ober- und unterhalb des Bruchs gemessen. Das Eis ist in diesen Profilen über 100 m dick. Im Querprofil QW 2 wird mit 105 m die größte Eismächtigkeit am Jamtalferner gemessen. Vom Sattel zwischen hinterer Jamspitze und Piz Urezzas wurde ein Längsprofil (LM) bis auf ca. 2740 m (alle Höhenangaben laut ÖK, 1:50.000) angelegt, das im oberen Teil dem Rücken folgt, im unteren Teil etwas nach rechts, vorbei an der Steilstufe, zieht. Die Eisdicken liegen hier zwischen 40 und 80 m. Der letzte Punkt dieses Längsprofils ist Teil des Querprofils QM, das vom orografisch linken Rand der mittleren Mulde bis zum äußerst rechten Rand des Jamtalferners reicht. Die Eisdicke erreicht hier 60-70 m. In der östlichen Mulde wurde auf ca. 2910m ein weiteres Querprofil (QE) gemessen, das Eistiefen zwischen 45 und 60 m zeigt, wobei die tiefste Stelle interessanterweise nicht in der Mitte der Mulde, sondern am orografisch linken Rand liegt. Auf der östlichen Zunge wurde ausgehend vom Querprofil QM noch ein kurzes Längsprofil (LE) gemessen, das Tiefen um 60 m zeigt. Dieses Längsprofil setzt sich als Querprofil QZ 2 (2580 m) über die Zunge des Jamtalferners fort. Im Mittelteil des Profils (der Zunge) ist das Eis über 90 m tief. Das Querprofil QZ 1 verläuft entlang einer Eisrampe, die von der mittleren Mulde bis zum äußerst linken Rand des Jamtalferners reicht. Die Eistiefen liegen zwischen 60 und 75 m in der mittleren Mulde und zwischen 40 und 50 m im Bereich der westlichen Zunge. Das Längsprofil LZ verläuft entlang eines Rückens von ca. 2690 m bis fast zum Ende der Zunge auf ca. 2480 m. Die Eistiefen erreichen knapp 100 m nahe dem Schnittpunkt mit dem Profil QZ 2.

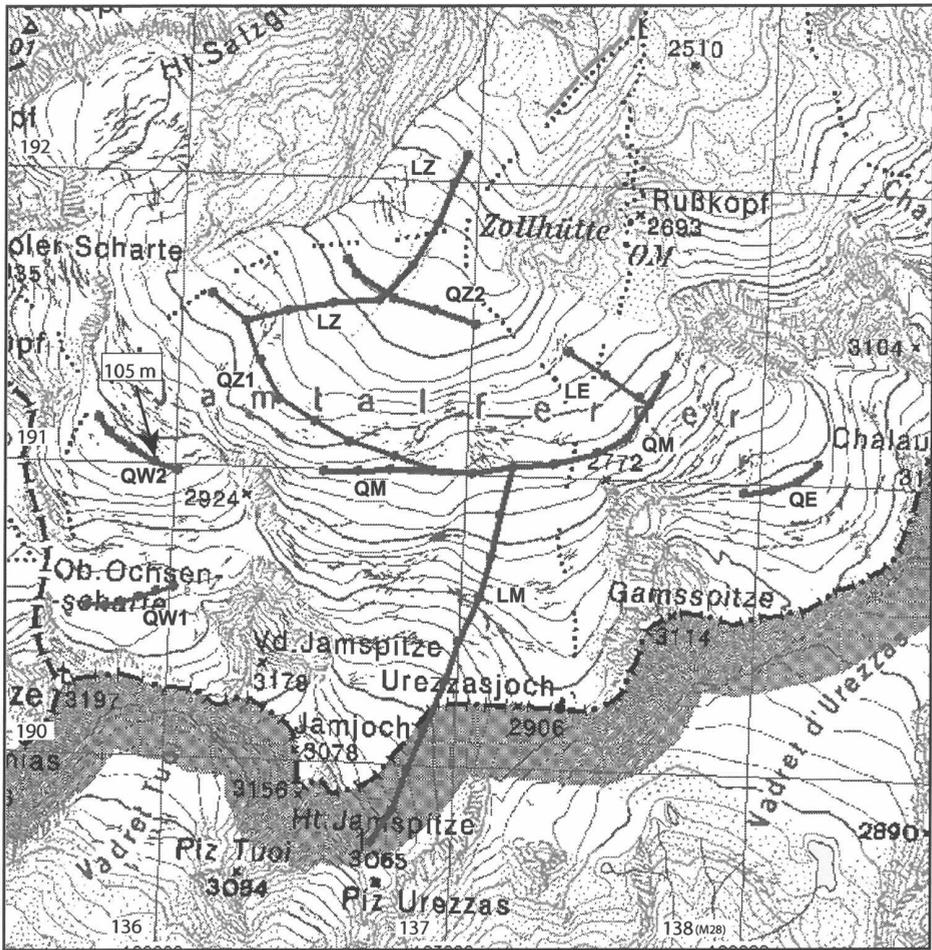


Abbildung 3.3. Karte des Jamtal Ferners (Silvretta) mit Radarprofilen. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

Jamtalferner Profil LM 2000

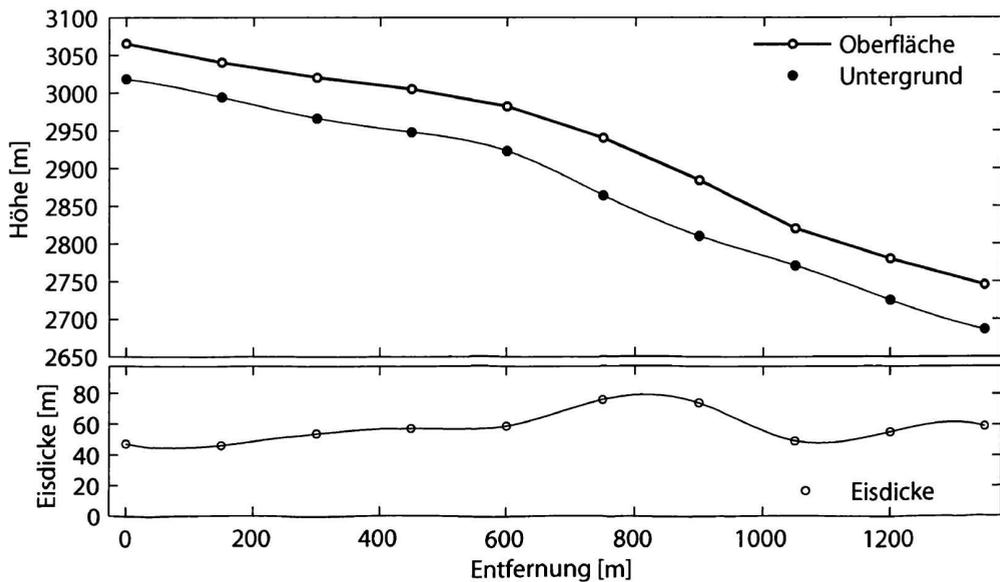


Abbildung 3.4. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profil LM am Jamtalferner in der Silvretta.

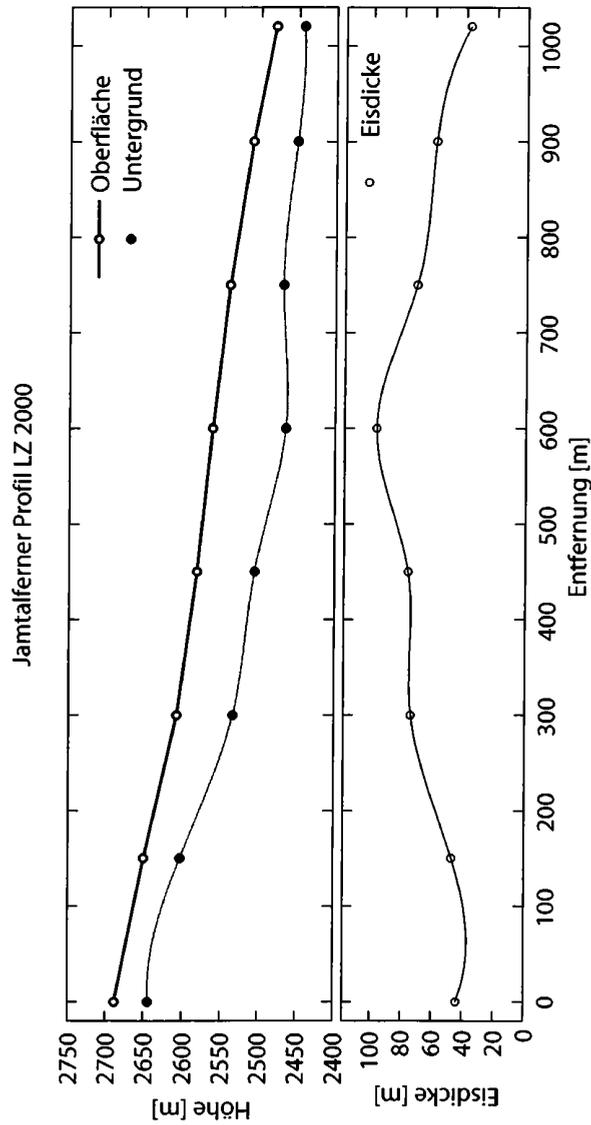


Abbildung 3.5. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profil LZ am Jamtalferner in der Silvretta.

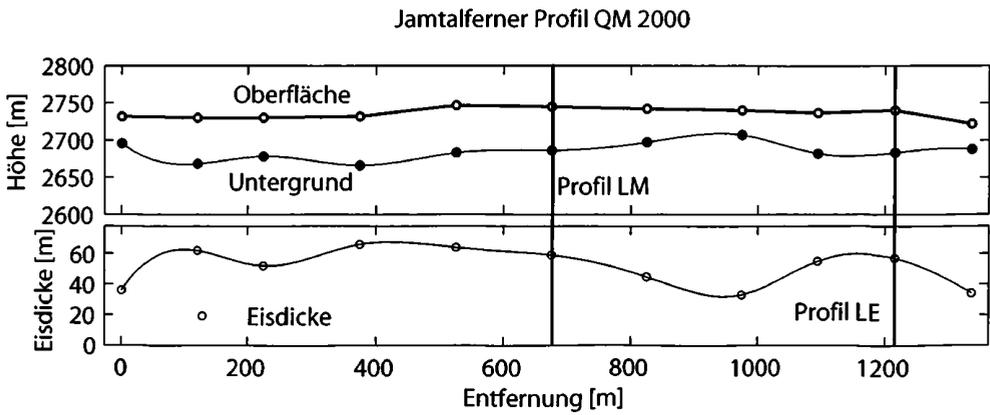


Abbildung 3.6. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profil QM am Jamtalferner in der Silvretta.

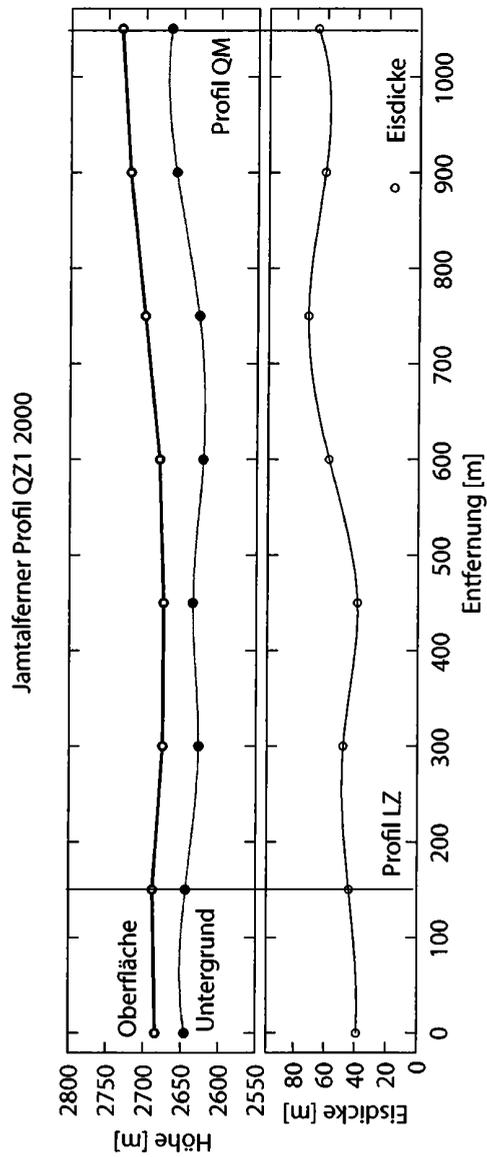


Abbildung 3.7. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profil QZ1 am Jamtalferner in der Silvretta.

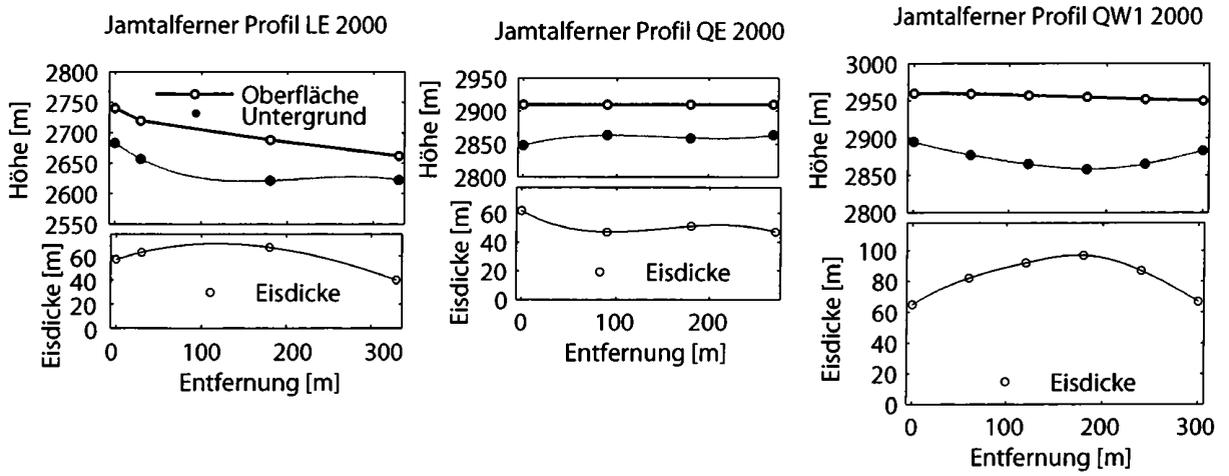


Abbildung 3.8. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang der Profile QE, LE und QW1 am Jamtalferner in der Silvretta.

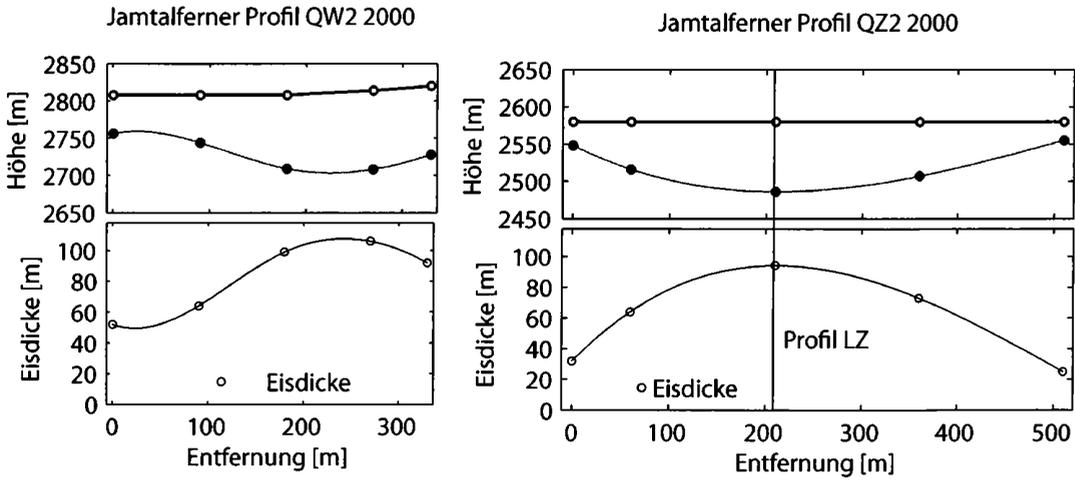


Abbildung 3.9. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang der Profile QW2 und QZ2 am Jamtalferner in der Silvretta.

3.3 Vermuntgletscher

Der Vermunt Gletscher in der Silvretta (46° 51,2' N, 10° 7,5' O) hat eine Fläche von 2,25 km² (1969). Die Eisdicke des Vermuntgletschers wurde am 30. 08. 2000 an 34 Stellen gemessen. Der Mittelwert aus allen gemessenen Eisdicken beträgt 34 m. Die mit 61 m tiefste Stelle des Gletschers liegt am Beginn des Profils L1 auf einer Höhe von 2941 m. Am Vermuntgletscher wurden 1978 Eisdickenmessungen mittels Seismik [1] ausgeführt, bei der eine mittlere Eismächtigkeit von 10 m ermittelt wurde. Das Eisvolumen wurde bei der damaligen Messung unterschätzt, wie auch der Verlauf der Ausaperung zeigt. Die Lage der damaligen Seismikprofile und die daraus erstellte Karte des Gletscheruntergrundes ist in Abbildung 3.14 gezeigt.



Abbildung 3.10. Karte des Vermuntgletschers (Silvretta) mit Radarprofilen. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

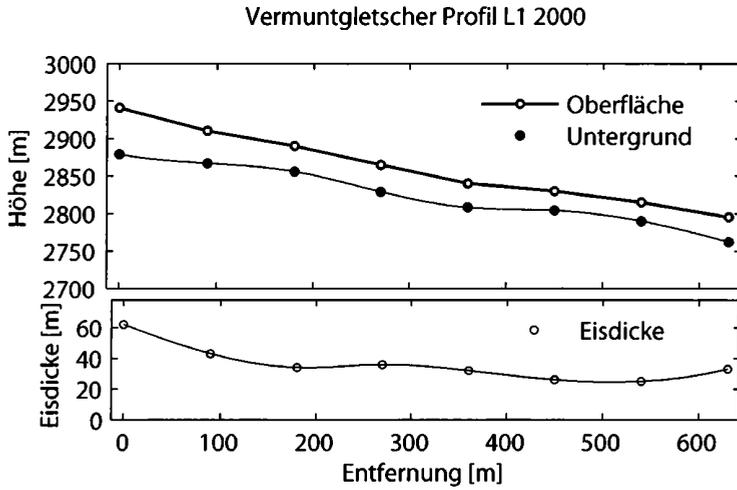


Abbildung 3.11. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils L1 am Vermuntgletscher in der Silvretta.

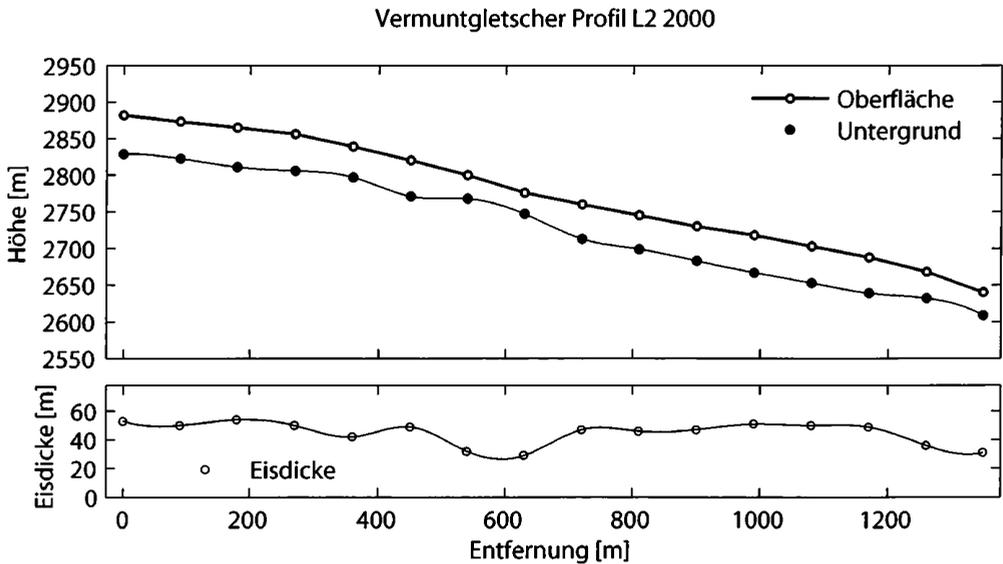


Abbildung 3.12. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils L2 am Vermuntgletscher in der Silvretta.

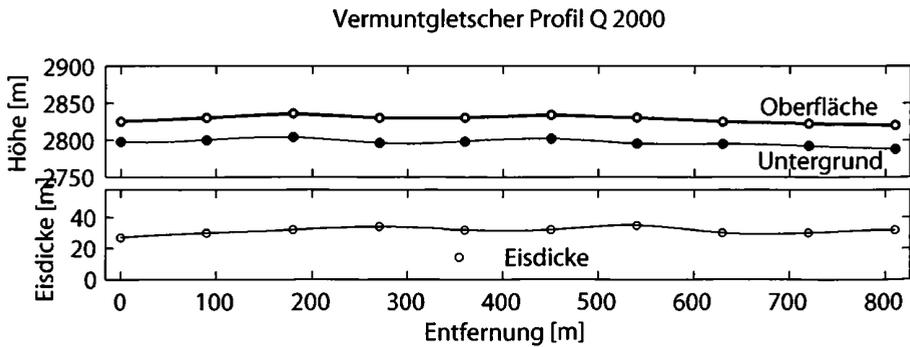


Abbildung 3.13. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils Q am Vermuntgletscher in der Silvretta.

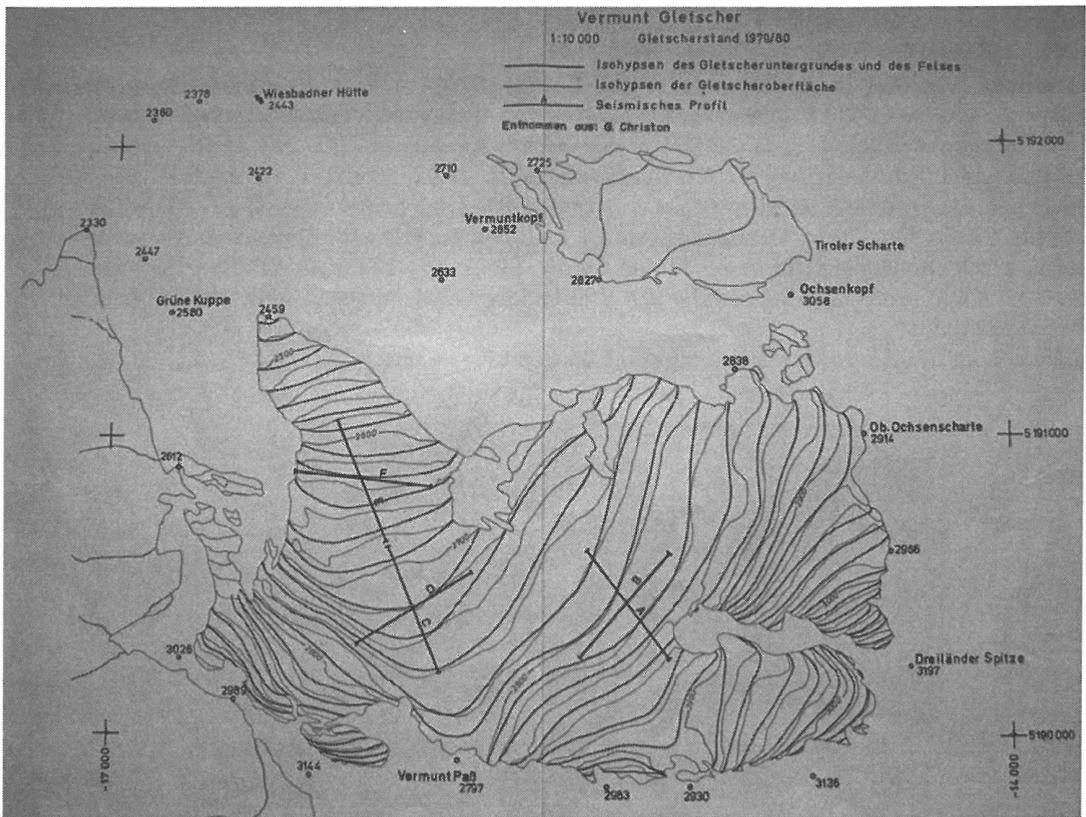


Abbildung 3.14. Karte der Lage der Seismikprofile mit aus den Seismikdaten erstellten Isohypsen des Gletscheruntergrundes aus [1].

3.4 Ochsentaler Gletscher

Der Ochsentaler Gletscher in der Silvretta (46 ° 51,3' N, 10° 6,3' O) hat eine Fläche von 2,5 km² (1998). Am 26. April 2000 wurde die Eisdicke in zwei Längs- und einem Querprofil an 22 Stellen des Firngebietes gemessen. Diese Werte wurden am 29. August 2000 mit 16 Messungen einem Längs- und einem Querprofil auf der Zunge ergänzt.

Im obersten Querprofil Q1 im Firngebiet auf etwa 3010 m Höhe betragen die Eistiefen in der Mitte des Profils 130-140 m. Das Längsprofil L1 wird entlang eines Rückens bis in die weite Mulde auf ca. 2880 m angelegt. In dieser Mulde werden mit knapp 200 m die größten Eistiefen gemessen. Das Längsprofil L2 wird entlang des Wiesbadner Grätles angelegt und schneidet das Profil L1 in der Mulde.

Die Eisdicke der Zunge ist mit 60 bis 60 m im Längsprofil wesentlich geringer.

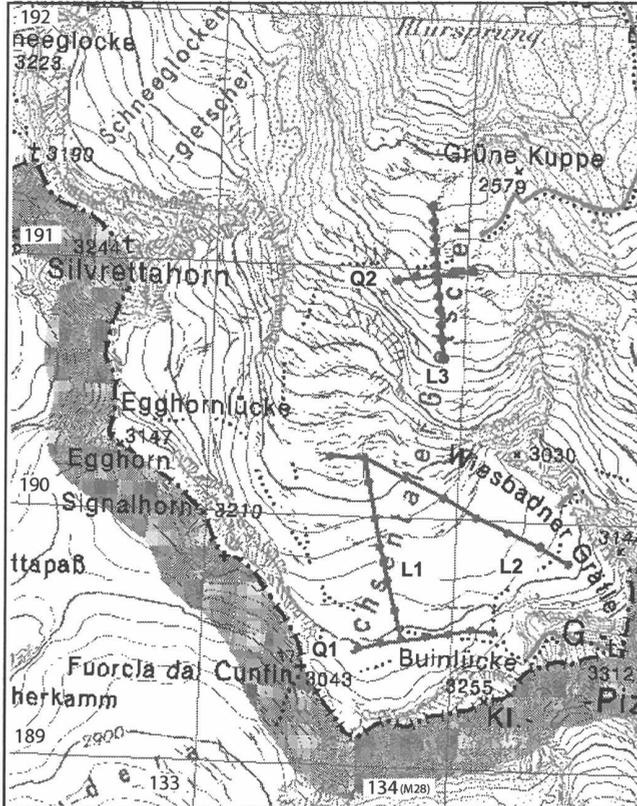


Abbildung 3.15. Karte des Ochsentaler Gletschers (Silvretta) mit Radarprofilen. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

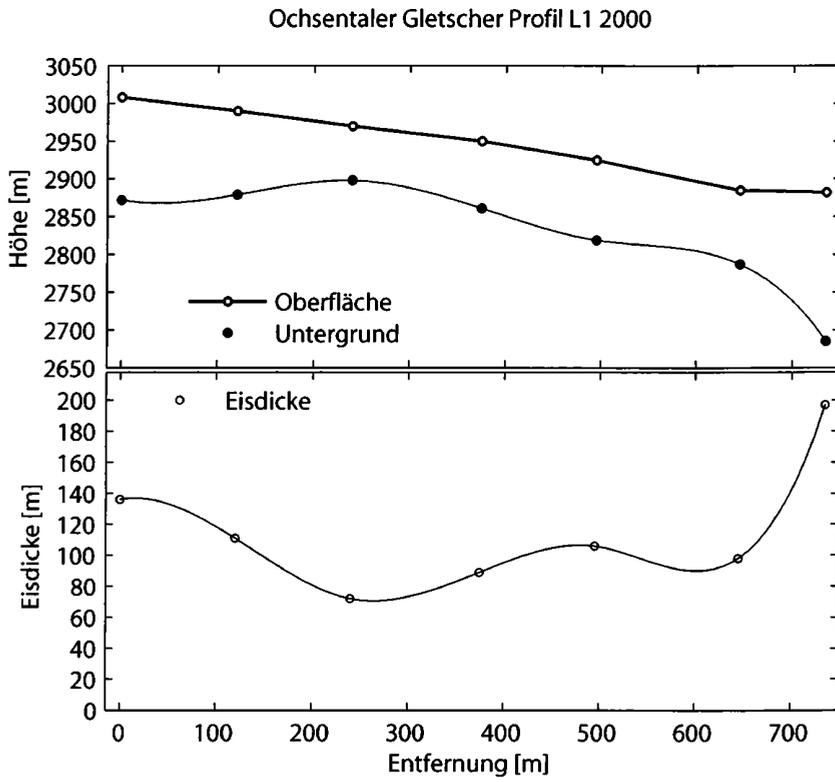


Abbildung 3.16. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils L1 am Ochsentaler Gletscher in der Silvretta.

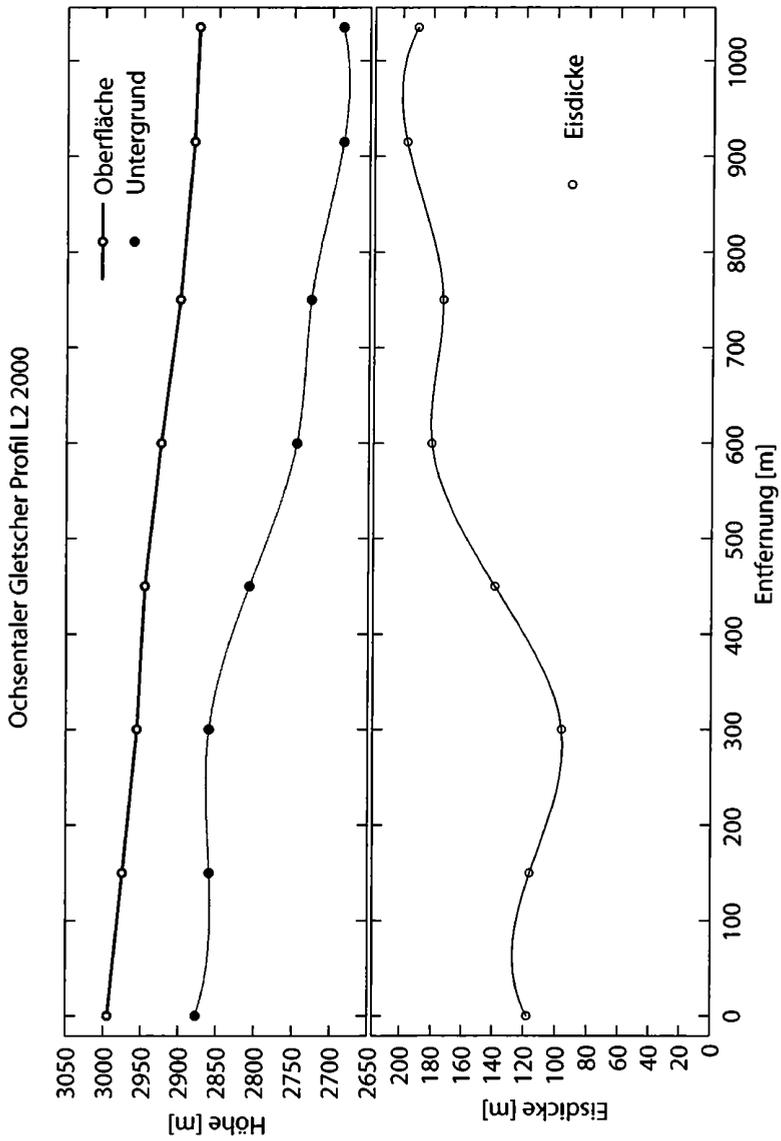


Abbildung 3.17. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils L2 am Ochsentaler Gletscher in der Silvretta.

Ochsentaler Gletscher Profil Q1 2000

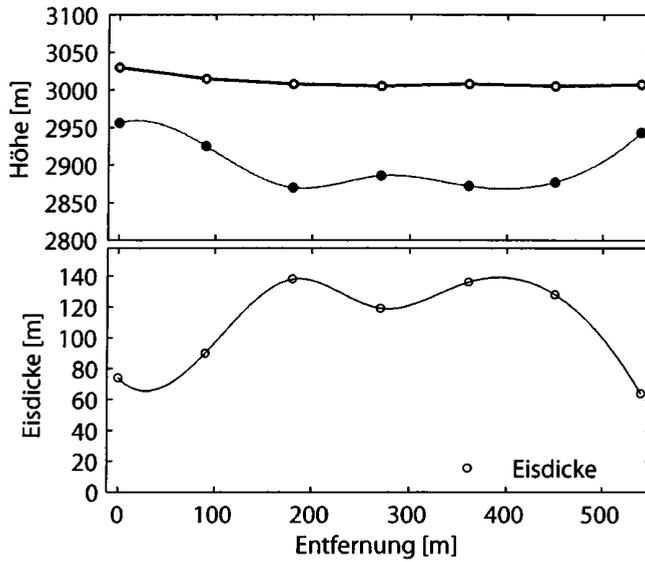
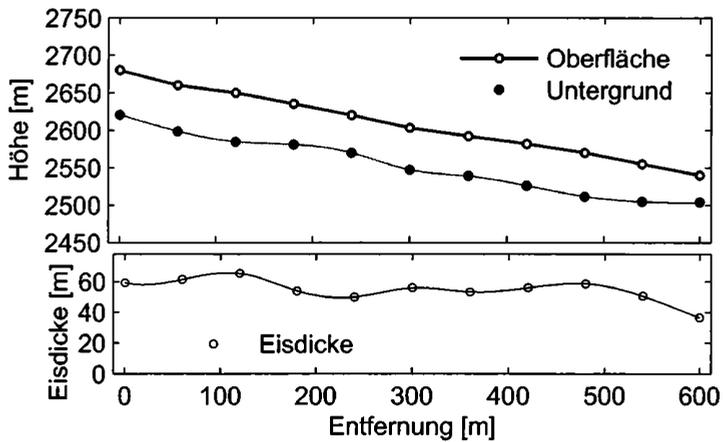


Abbildung 3.18. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils Q1 am Ochsentaler Gletscher in der Silvretta.

Ochsentaler Gletscher Profil L3 2000



Ochsentaler Gletscher Profil Q2 2000

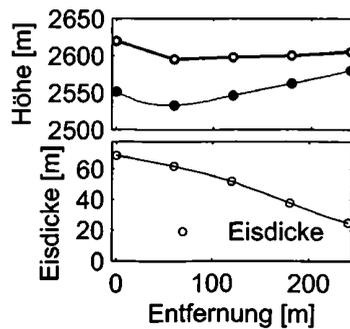


Abbildung 3.19. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang der Profile L3 und Q2 am Ochsentaler Gletscher in der Silvretta.

Öztaler Alpen

4.1 Gaisbergferner

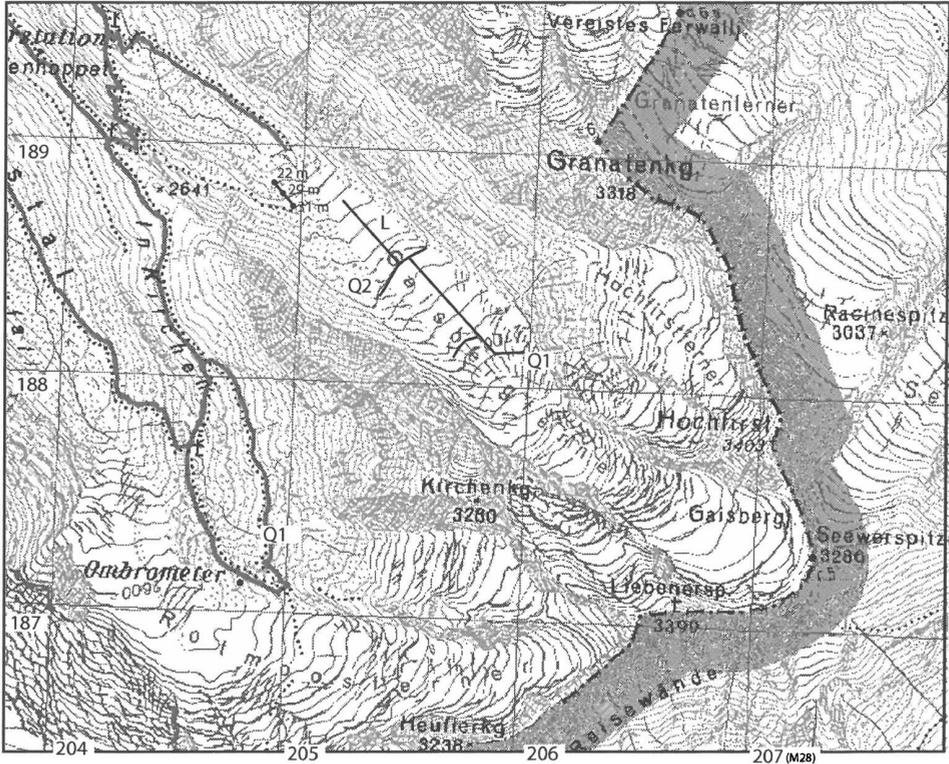


Abbildung 4.1. Karte des Gaisbergferners (Stubai Alpen) mit Lage der Radarprofile. Quelle: Amap 3D 1:50 000 BEV.

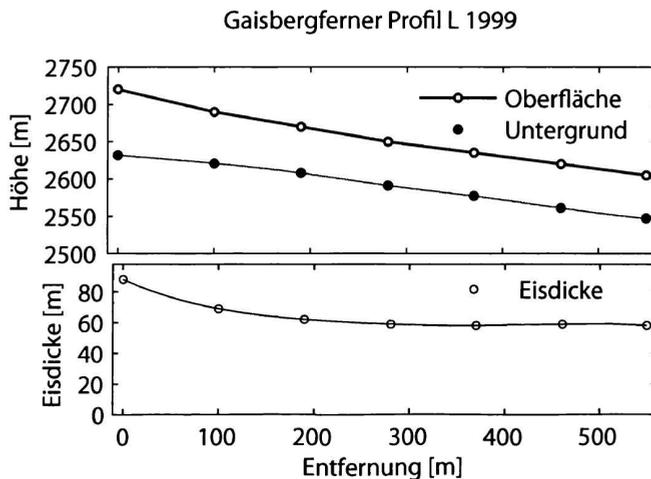


Abbildung 4.2. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils L am Gaisbergferner.

Die Eisdickenmessungen am Gaisbergferner ($46^{\circ} 49,8' N$, $11^{\circ} 3,9' O$) in den Ötztaler Alpen wurden am 25. 8. 1999 durchgeführt. Der Gletscher hat eine Fläche von $1,2 \text{ km}^2$ (1998). Die

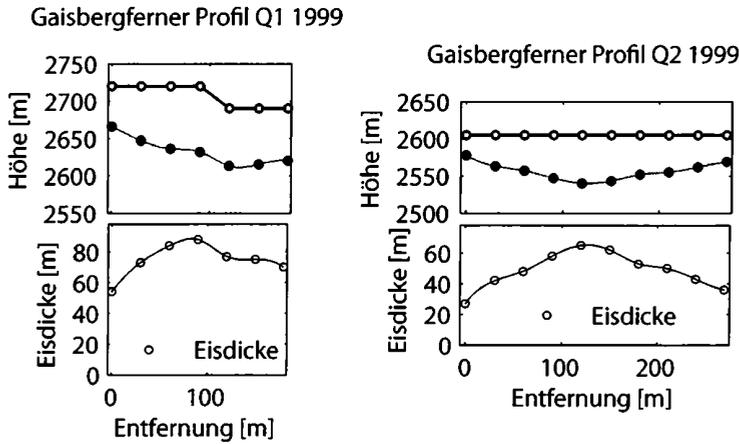


Abbildung 4.3. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang der Profile Q1 und Q2 am Gaisbergferner.

Eisdicke wurde an 33 Stellen in einem Längs- und zwei Querprofilen gemessen. Die Messungen wurden durch die Längsspalten im oberen Teil der Zunge erschwert, die das Auslegen der Antennen behinderten. Die Signale waren aber gut interpretierbar, hier hatten die Spalten keinen negativen Einfluß. Das erste Querprofil wurde auf 2720 m begonnen, mußte aber aufgrund der vielen Spalten unterbrochen und 100 m gletscherabwärts wieder fortgesetzt werden. Das Längsprofil wurde beginnend vom Querprofil Q1 bis auf 2550 m fortgesetzt. Auf 2600 m Höhe konnte ein vollständiges Querprofil angelegt werden. An drei Stellen wurde die Eisdicke im orografisch linken Toteis neben dem Zungenende bestimmt, die Dicken lagen dort zwischen 22 und 41 m (Abbildung 4.1).

Die höchsten gemessenen Eisdicken liegen knapp unter 90 m in Profil Q1. Die tiefsten Stellen entlang der Zunge liegen zwischen 60 und 70 m.

4.2 Marzellferner

Der Marzellferner in den Öztaler Alpen ($46^{\circ} 46,7' N$, $10^{\circ} 53,1' O$) hat eine Fläche von $4,8 \text{ km}^2$ (1998). Die Gletscherzunge wird aus zwei Firnbecken unterhalb des Similaun und unterhalb der Hinteren Schwärze gespeist. Das orografisch linke dieser Firnbecken ist steil und spaltig und konnte nicht vermessen werden. Auch das Längsprofil vom Hinteren Schwärzenjoch zum Zungenende musste in der Mitte wegen eines steilen, spaltigen Bereiches unterbrochen werden. Ein Querprofil wurde am oberen Ende der Unterbrechung angelegt, eins am unteren Ende.

Die Eisdicke wurde von 12. bis 14. März 2002 an 40 Stellen in gemessen. Die größte Tiefe betrug 163 m im Querprofil Q1 auf 3140 m. Auf 3300 m wurde noch eine Eisdicke von 132 m erreicht.



Abbildung 4.4. Karte des Marzellferners (Ötztaler Alpen) mit Radarprofilen. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

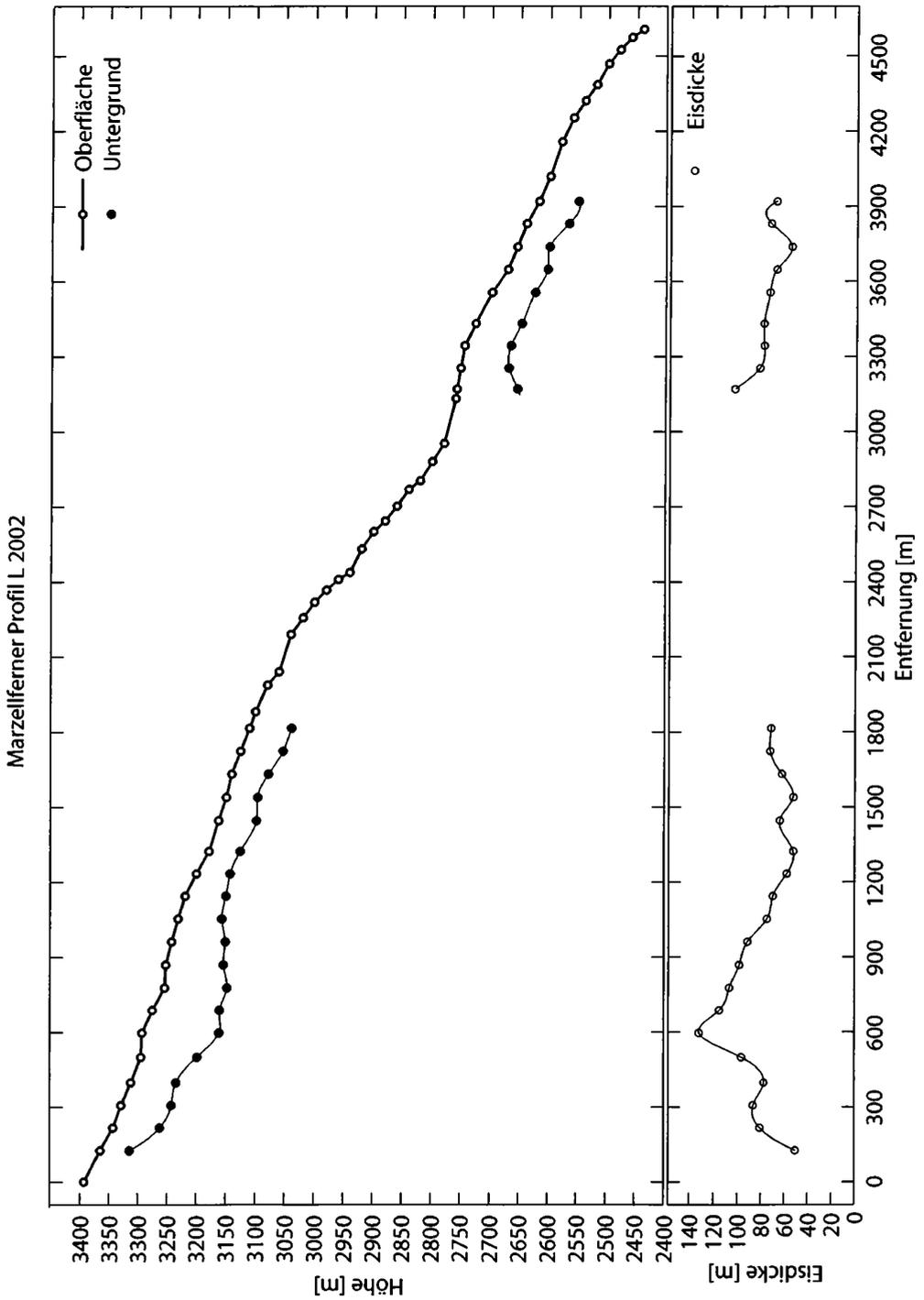
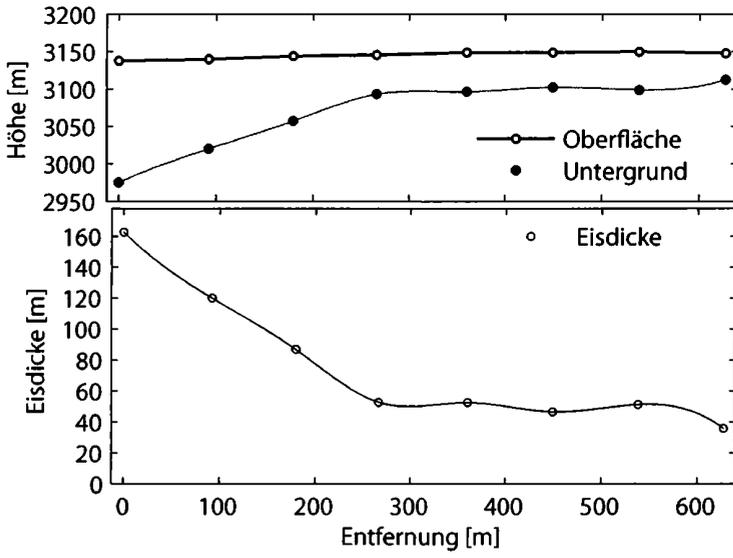


Abbildung 4.5. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils L am Marzellferner in den Ötztaler Alpen.

Marzellferner Profil Q1 2002



Marzellferner Profil Q2 2002

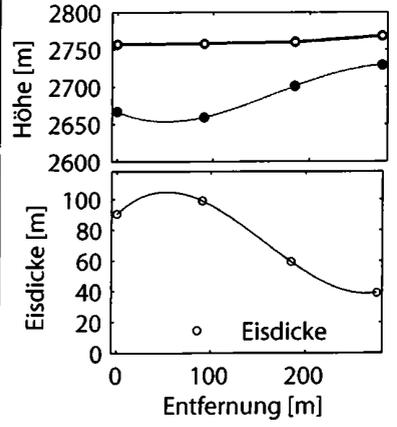


Abbildung 4.6. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang der Profile Q1 und Q2 am Marzellferner in den Öztaler Alpen.

4.3 Langtaler Ferner

Der Langtaler Ferner in den Öztaler Alpen ($46^{\circ} 47,6' N$, $11^{\circ} 1' O$) hatte 1998 eine Fläche von $2,8 \text{ km}^2$.

Die Eisdickenmessungen wurden am 19.8.1999 (Zunge, Profile L, Q1, Q2 und Q3) und am 2.6.2005 durchgeführt (Firnggebiet, Profil L1). Die größten Eisdicken wurden am Langtaler Ferner auf einer Höhe von ca. 2600 m gemessen. An dieser Stelle sind zu Zeiten höherer Gletscherstände die Seitengletscher vom Seelenkogel in den Langtaler Ferner eingemündet, sodaß sich an dieser Stelle eine Übertiefung des Bettes ausbilden konnte, die heute zu einer Eistiefe von über 150 m führt. Die Reflexionen im Firnggebiet waren an einigen Stellen durch Vielfachreflexionen schwer interpretierbar. Die Reflexionen scheinen im aufgezeichneten Signal deutlich zu sein und wurden in der Grafik als Untergrund abgebildet. Die Eisdicken des grau schraffierten Bereichs in Abbildung 4.11 scheinen aber sowohl von der Geländeform als auch von der Signalstärke her nicht ganz plausibel. Diese Vielfachreflexionen traten auch bei einer Eisdickenmessung im Jahr 2000 auf, die aus Witterungsgründen abgebrochen werden musste. Die Positionen der Messpunkte im Firnggebiet sind durch eine große Spaltenzone vorgegeben.

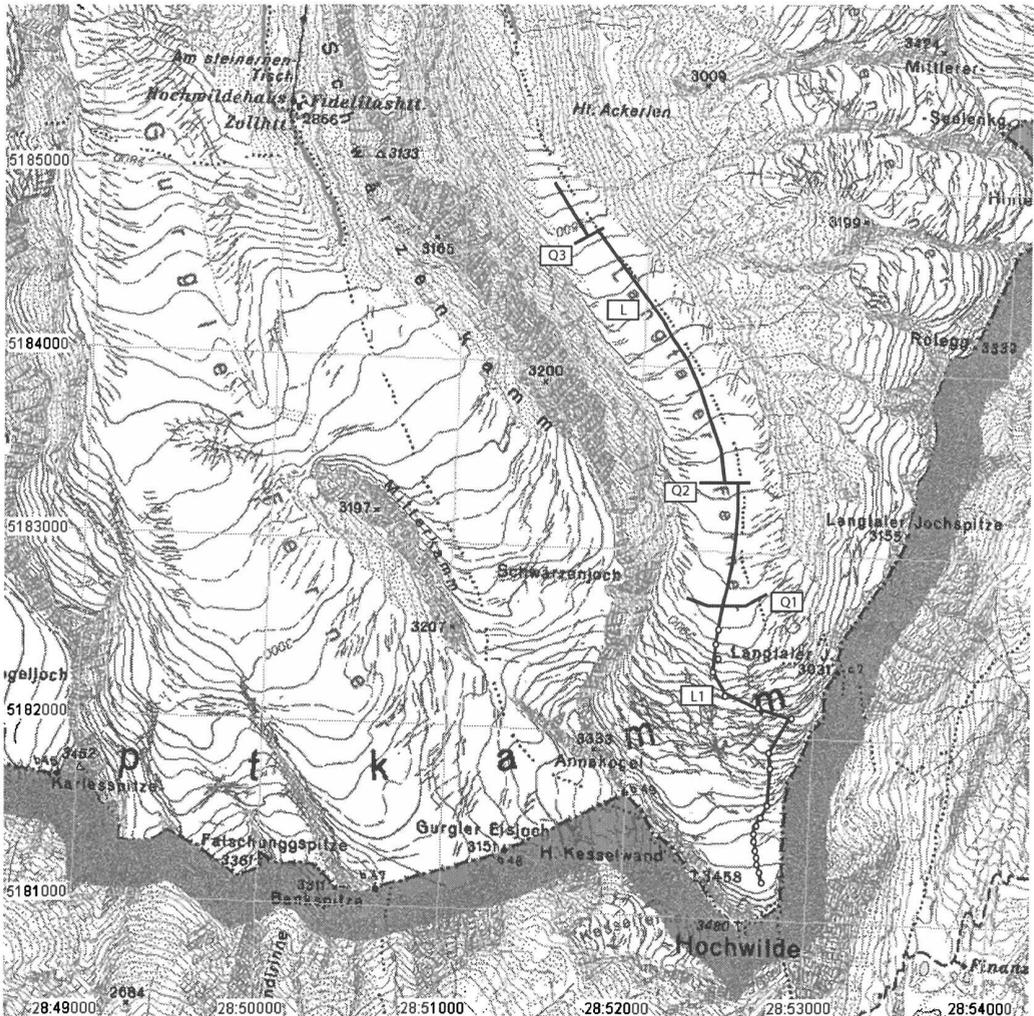


Abbildung 4.7. Karte des Langtaler Ferners (Ötztaler Alpen) mit Radarprofilen. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

Langtaler Ferner Profil L 2000

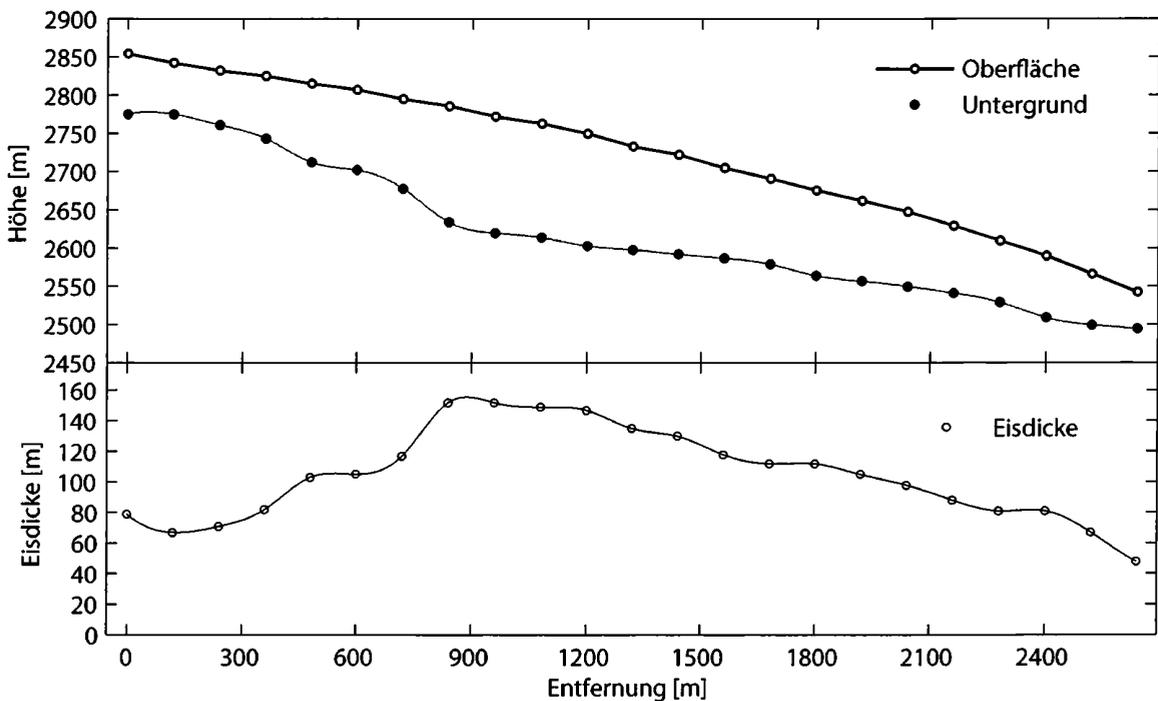


Abbildung 4.8. Eisdicke und Oberflächenhöhen 1999 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils L am Langtaler Ferner in den Öztaler Alpen.

Langtaler Ferner Profil Q1 2000

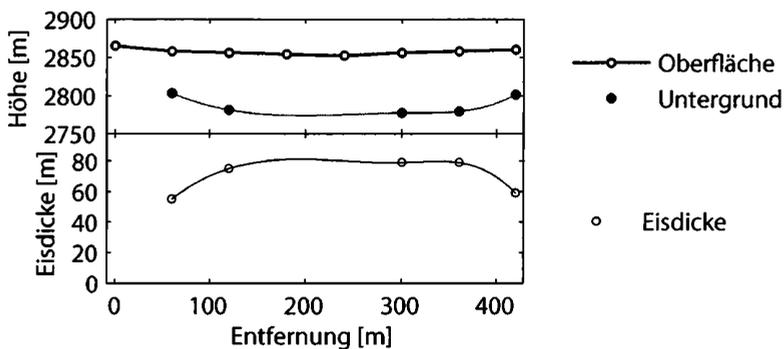


Abbildung 4.9. Eisdicke und Oberflächenhöhen 1999 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils Q1 am Langtaler Ferner in den Öztaler Alpen.

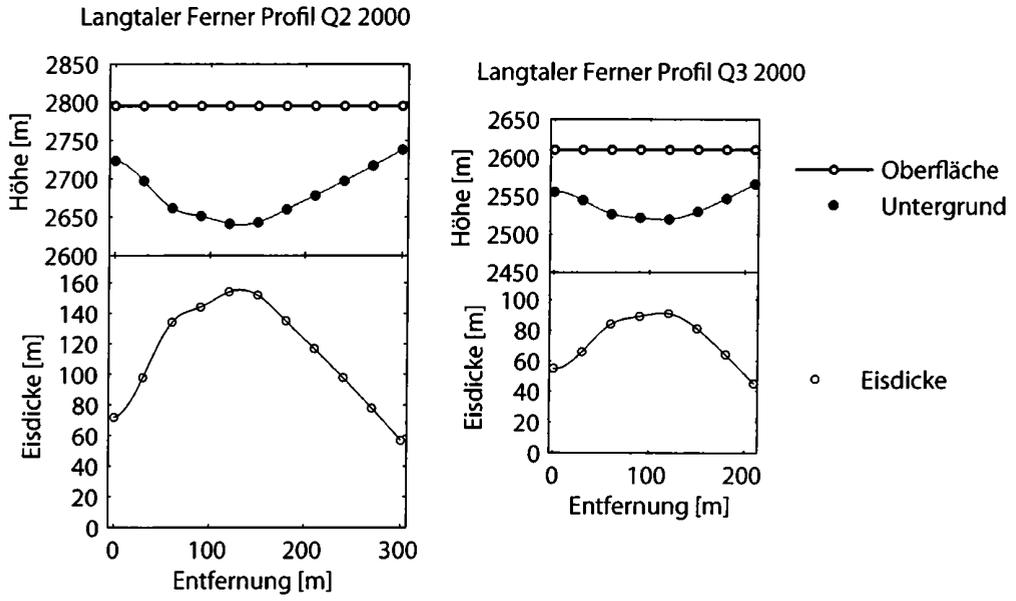


Abbildung 4.10. Eisdicke und Oberflächenhöhen 1999 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang der Profile Q2 und Q3 am Langtaler Ferner in den Ötztaler Alpen.

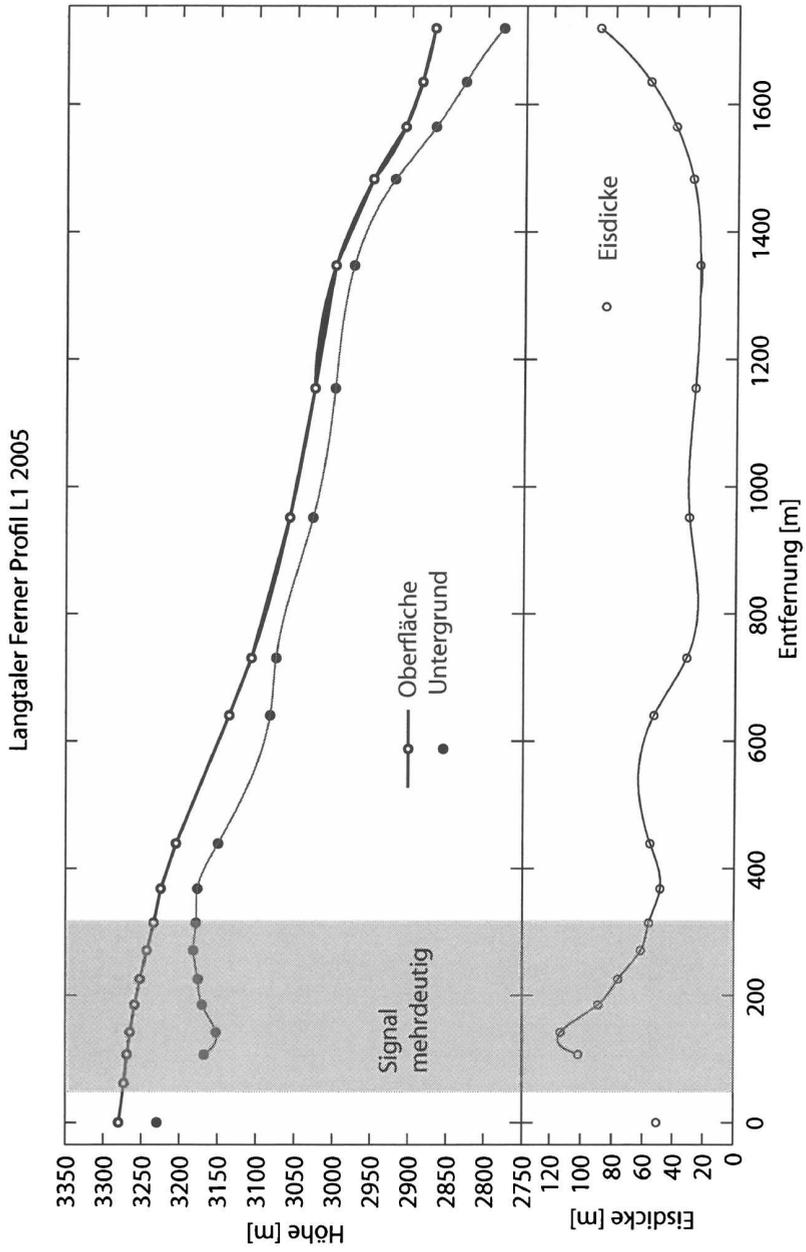


Abbildung 4.11. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils L1 am Langtaler Ferner in den Öztaler Alpen.

4.4 Niederjochferner

Der Niederjochferner in den Öztaler Alpen ($46^{\circ} 46,7' N$, $10^{\circ} 51,6' O$) hat eine Fläche von $2,1 \text{ km}^2$ (1998). Der Niederjochferner war einer der wichtigsten Übergänge über den Alpenhauptkamm. Heute wird er zum Übertrieb der Schafe von Südtiroler Bauern, die Weiderechte im Öztal haben, genutzt. Vor dem Anlegen des Steiges über das Hochjoch war das Niederjoch der meistbenutzte Übergang. Im Bereich des Niederjochferners wurde im Jahr 1991 der 'Ötzi' gefunden [20] [17]. Die Eisdicken am Tisenjoch sind in Band I beschrieben [34].

Die Eisdicke wurde vom 12. bis 14. März 2002 an 14 Stellen in einem Längsprofil gemessen. Die mit 95 m dickste Stele liegt auf einer Höhe von 3170 m.

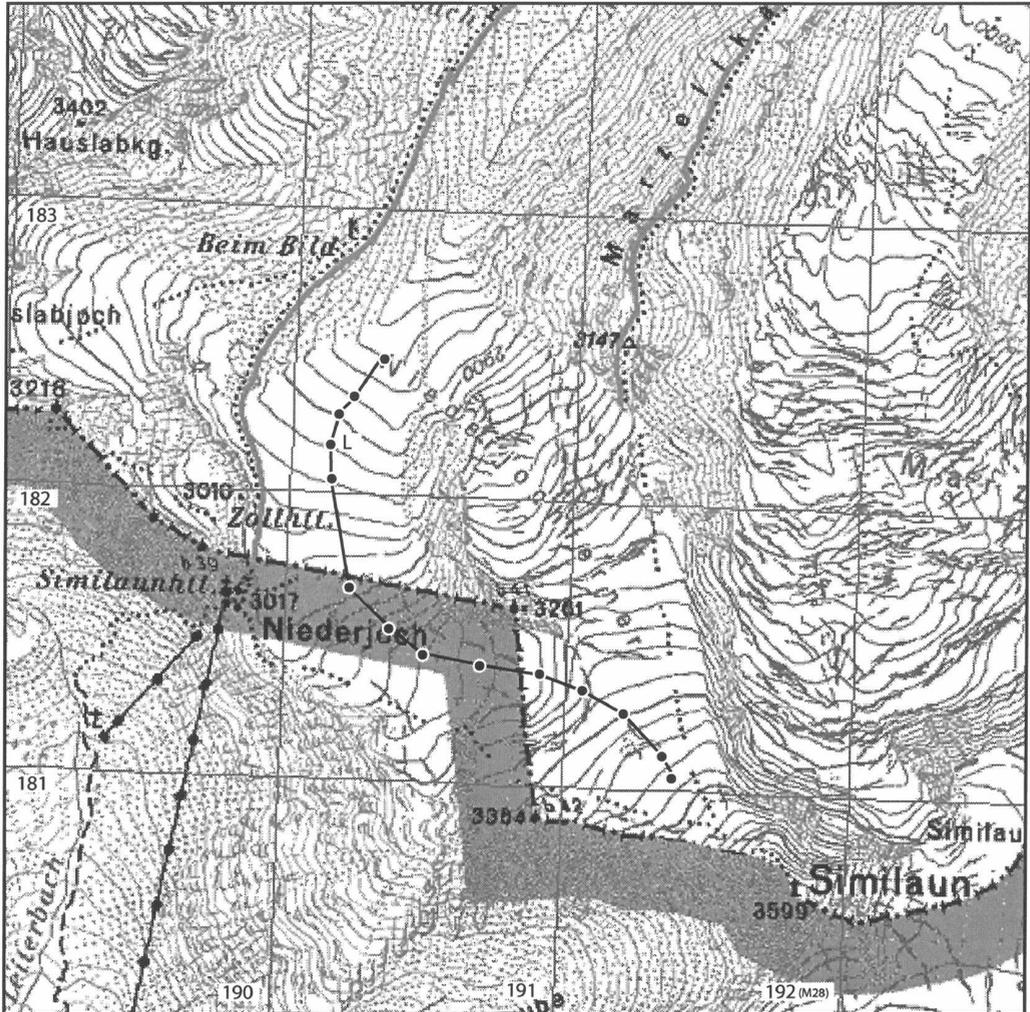
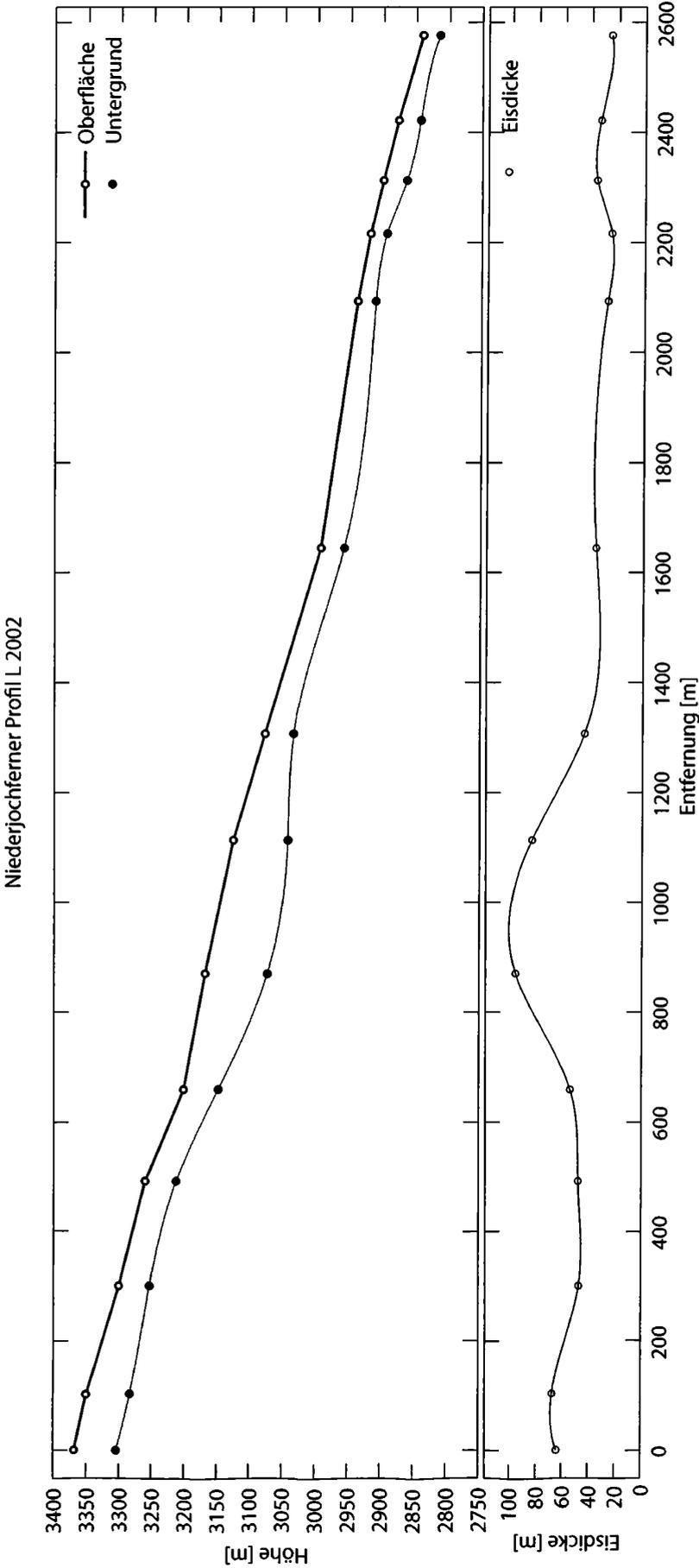


Abbildung 4.12. Karte des Niederjochferner Ferners (Öztaler Alpen) mit Radarprofilen. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

Abbildung 4.13. Eisdicke und Oberflächenhöhen 2005 mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils L am Niederjochferner in den Öztaler Alpen.



4.5 Taschachferner

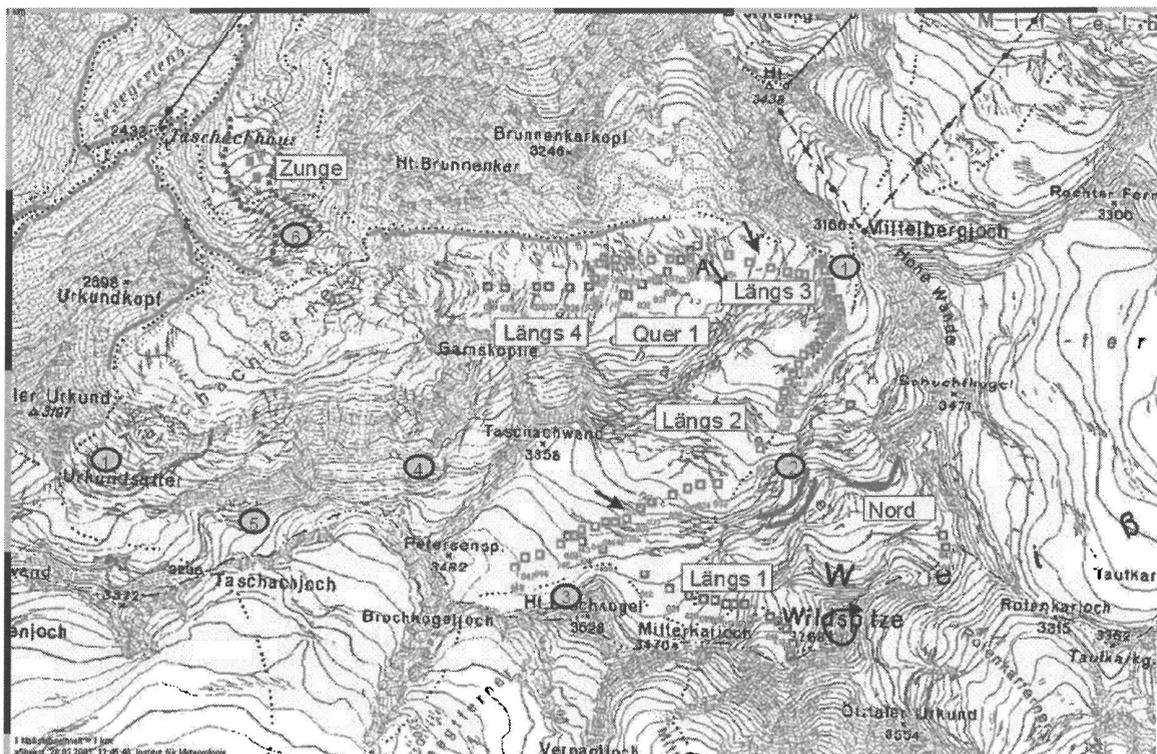


Abbildung 4.14. Übersichtskarte des Taschachferners mit Messprofilen. Die Vierecke bezeichnen die Messpunkte (grün erste, rot zweite Messphase), die violette durchgezogene Linie die Messpunkte und die violett gepunktete Linie die Gletschergrenzen an der Zunge. Auf mit gelben Zahlenfeldern bezeichnete Orte wird im Text Bezug genommen, Pfeile bezeichnen die Blickrichtung der Fotos. Kartengrundlage: Amap 3D 1:50 000 BEV.

Der Taschachferner ($46^{\circ} 54' N$, $10^{\circ} 51' O$) in den Ötztaler Alpen ist mit $6,3 \text{ km}^2$ Fläche (1998) der elftgrößte Gletscher Österreichs. Er besteht aus einigen Firnbecken, die durch Eisbrüche voneinander getrennt sind und einer im unteren Teil ebenfalls sehr spaltigen Zunge (siehe Karte in Abbildung 4.14). Dies weist auf eine komplizierte, kleinräumig variable Struktur des Gletscherbettes hin. Die Route für die Messungen war durch das Gelände klar vorgegeben; an nur wenigen Stellen konnten Querprofile erstellt werden. Um den Untergrund möglichst gut zu erfassen und Fehler durch Reflexionen an Spalten zu minimieren, wurde in engen Abständen gemessen.

Der Gletscher hat im Vergleich mit der AV Karte mit Gletscherstand 1969 stark an Ausdehnung und Mächtigkeit verloren. Der untere Teil der Zunge (6 in Abbildung 4.14) ist nur mehr durch ein dünnes Eisband mit dem Hauptgletscher verbunden. An der schmalsten Stelle, wo der Gletscher eine Felsstufe überfließt, ist die Zunge nur mehr ca. 10 Meter breit und 5 Metern dick (Abbildung 4.15). Die Seitengletscher westlich der Petersenspitze (5 in Abbildung 4.14) weisen an der Eiskante Mächtigkeiten von ca. 15 Metern auf. In diesem Bereich konnte starke Eisschlagfähigkeit beobachtet werden (Abbildung 4.16 a). Die Verbindung zum unteren Teil des Taschachferners ist abgerissen (4 in Abbildung 4.14).

Der Gletscher nördlich vom Urkundsatte ist steil, stark zerklüftet und flächenmäßig relativ klein (siehe 1 in Abbildung 4.14). Daher wurde auf seine Vermessung verzichtet. Im Gebiet unterhalb des Nordgipfels und der Nordwand der Wildspitze konnten nur wenige Punkte gemessen werden, da die Reflexion des Signals von umliegendem Fels und Spaltenzonen dominiert war (mit 'Nord' bezeichnetes Gebiet in Abbildung 4.14).

An 21. und 22. Februar 2003 wurde die Eisdicke an ca. 80 Punkten gemessen: Am ersten Tag wurde das Profil 2 zwischen Mittelbergjoch und Petersenspitze gemessen (Abbildung 4.14). Nach der Abfahrt zum Taschach- Winterraum, in dem übernachtet wurde, wurden einige Punkte an der



Abbildung 4.15. Zunge des Taschachferners.



Abbildung 4.16. a) Eissturz unterhalb der Petersenspitze. Die Eisdicke an der Kante ist gering. b) Blick zum Urkundensattel

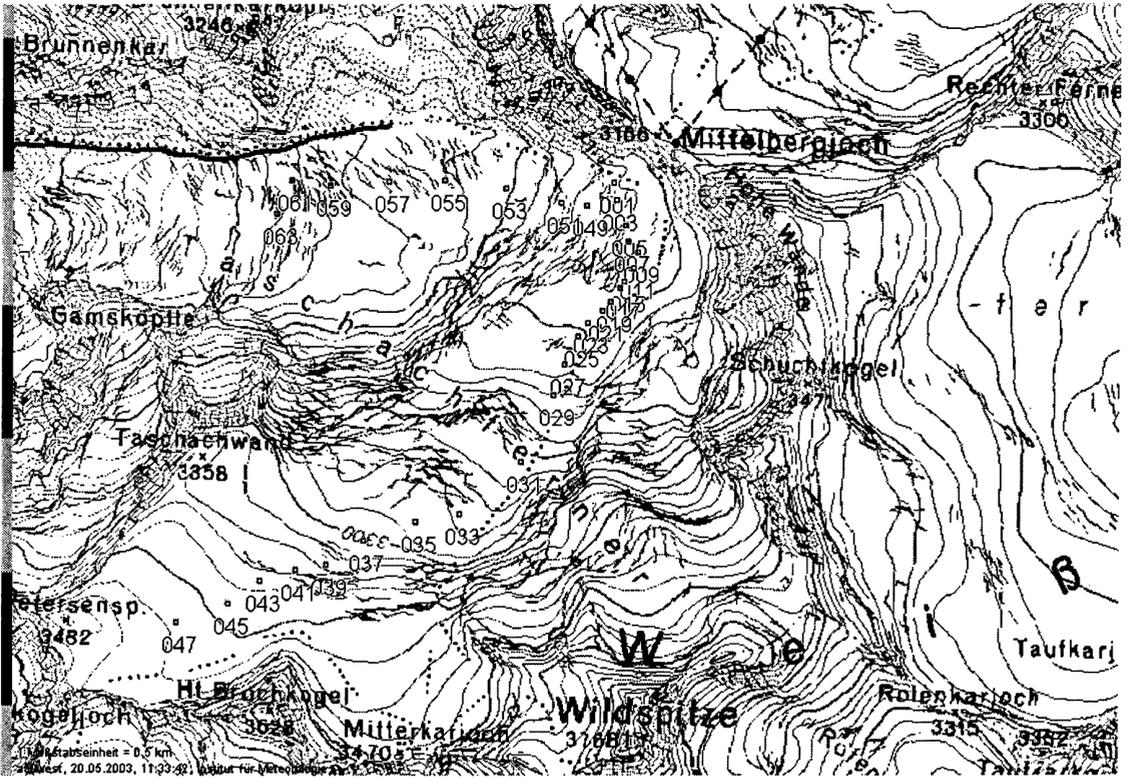


Abbildung 4.19. Übersicht über die Profile 2 und 3 mit den Nummern der GPS Punkte. (Quelle ÖK Karte Austrian Map, in Gauß Krüger M28).

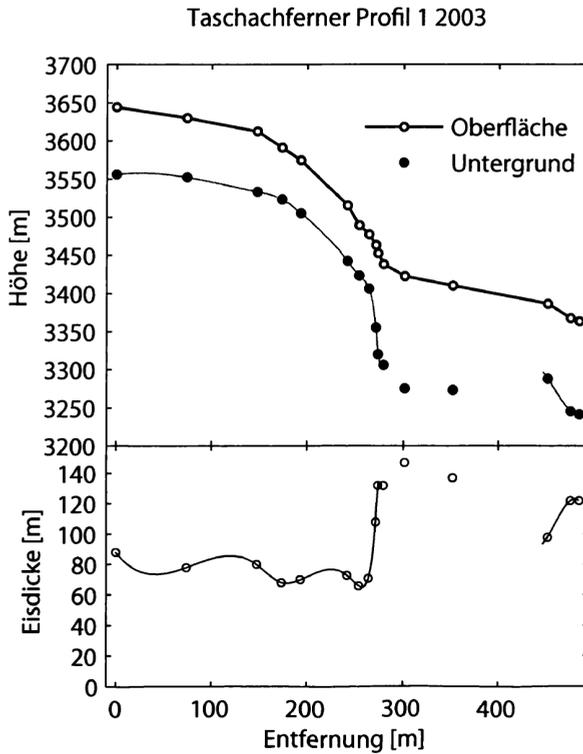


Abbildung 4.20. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 1 am Taschachferner.

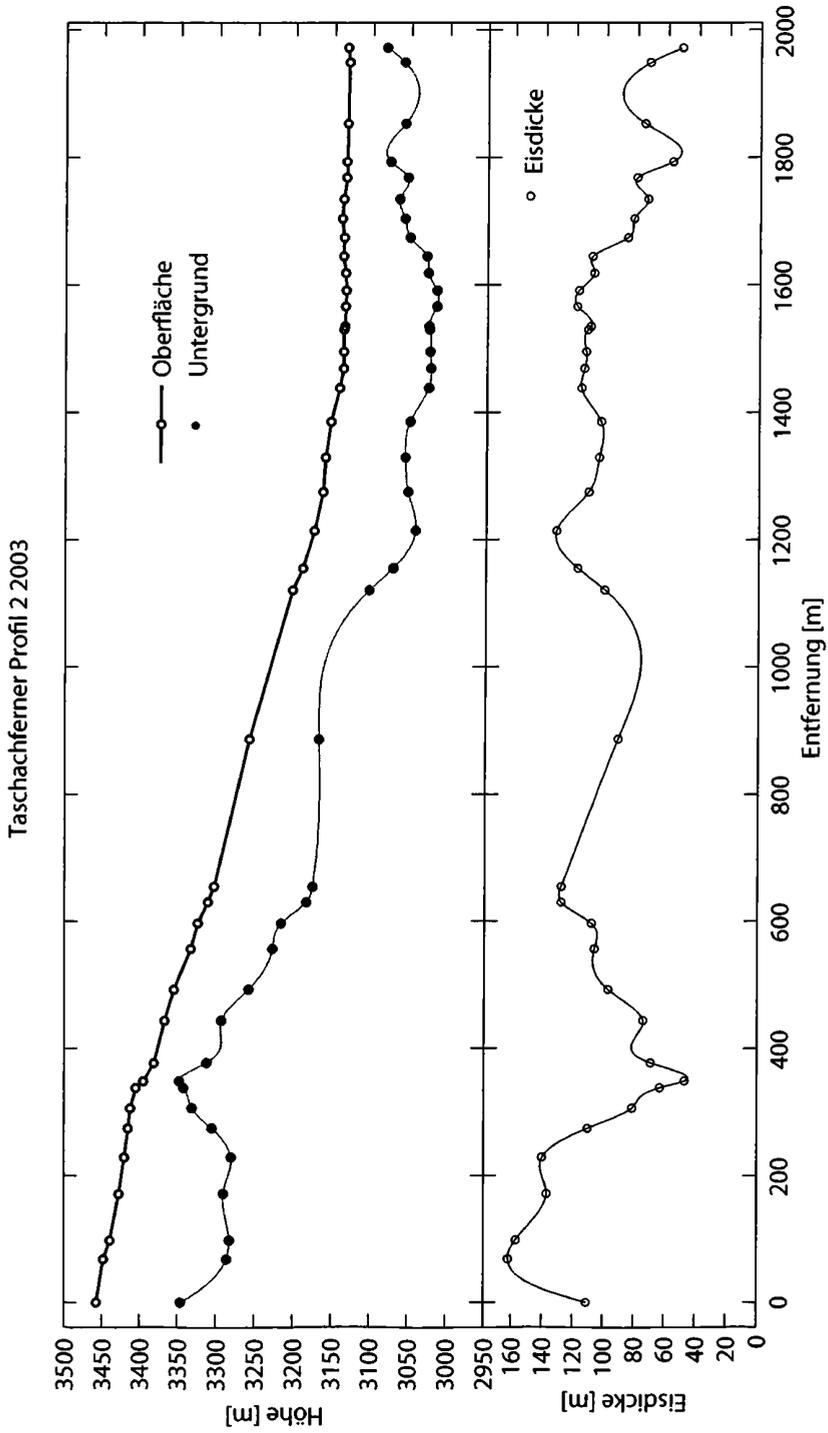


Abbildung 4.21. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 2 am Taschachferner.

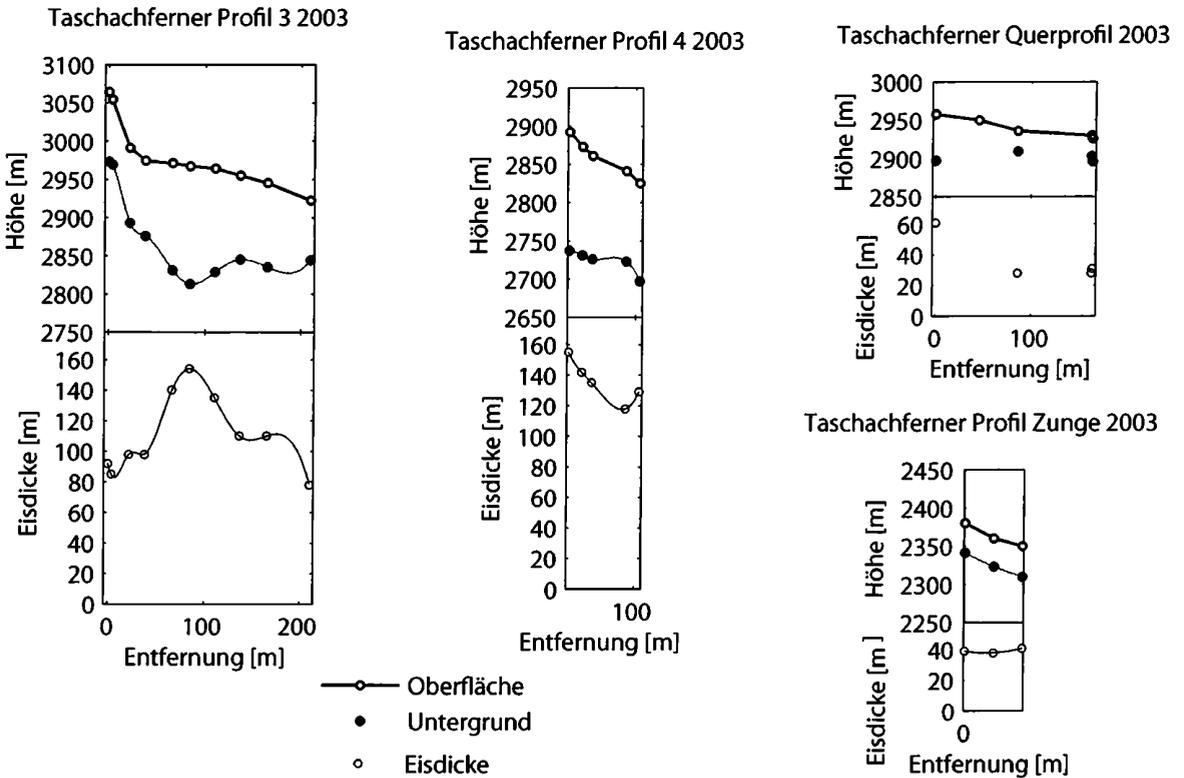


Abbildung 4.22. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang der Profile 3, 4, Z und Q am Taschachferner.

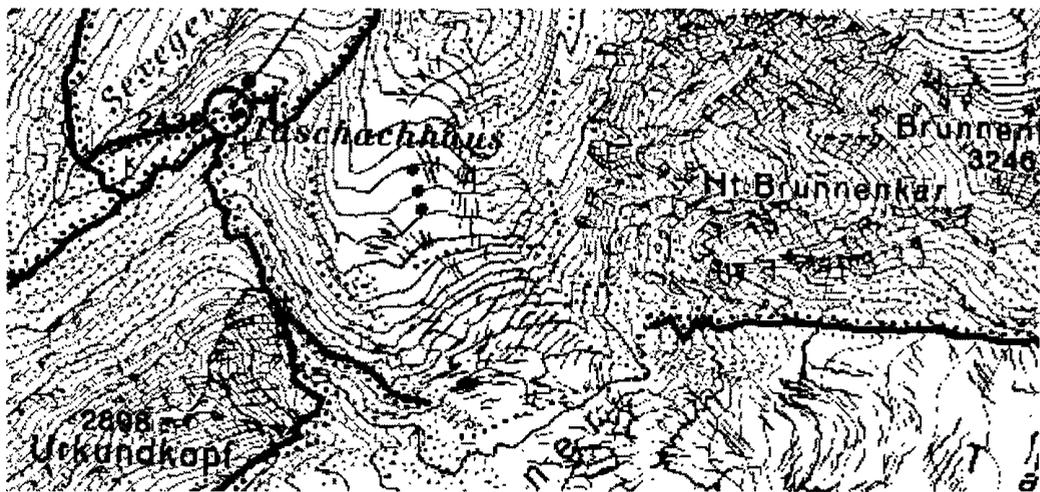


Abbildung 4.23. Messpunkte am Zungenende des Taschachferners.

Gletscherzunge vermessen. Die Höhe wurde barometrisch gemessen. Die Vermessung des oberen Gletscherbeckens unter dem Südgipfel der Wildspitze und der Zunge konnte am 26. Februar abgeschlossen werden, der Bereich um den Nordgipfel wurde am 27. Februar vermessen. Leider war das Gelände in diesem Bereich stark mit Spalten durchsetzt, sodass nur wenige Punkte eingemessen werden konnten.

Die Eisdicken entlang des Profils 1, das vom Gipfel zum Kamm der Taschachwand reicht, betragen zwischen 80 und 125 m. Aus dem Profil ist die für diesen Gletscher typische Gliederung des Untergrundes in verschiedenen Becken, die von Felsrippen unterbrochen sind, ersichtlich. Die größte Eisdicke wurde mit 162 m im oberen Teil des Profils 2 am GPS Punkt 48 auf 3448 m Höhe gemessen. Dieses Becken zwischen Petersenspitze, hinterem Brochkogel und Taschachwand wird

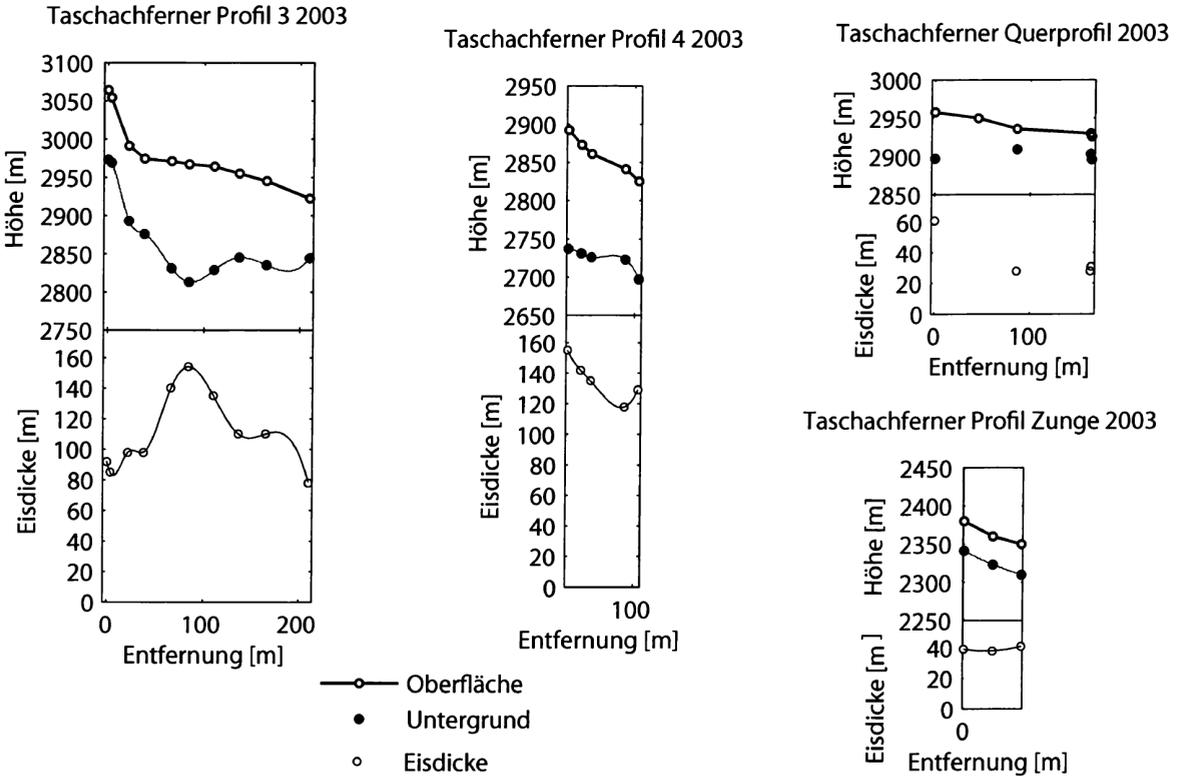


Abbildung 4.22. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang der Profile 3, 4, Z und Q am Taschachferner.

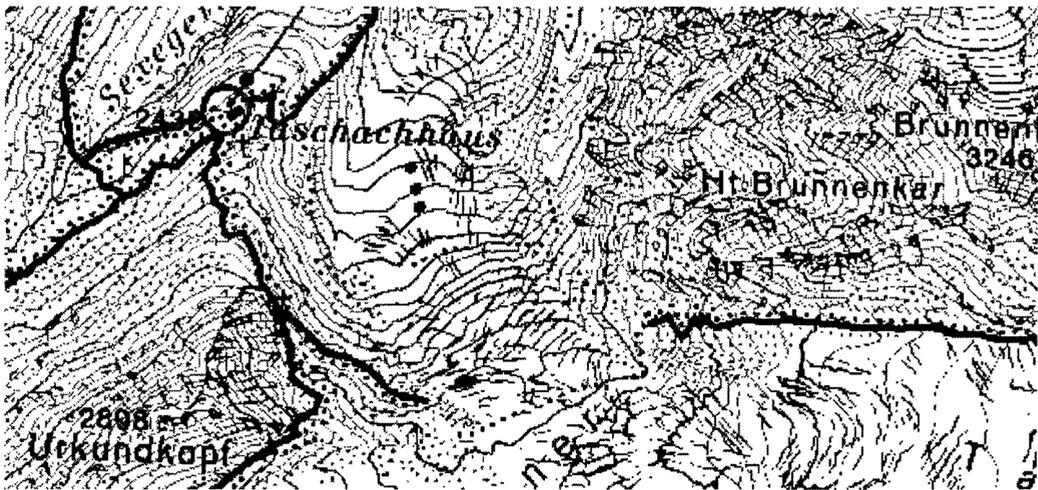


Abbildung 4.23. Messpunkte am Zungenende des Taschachferners.

Gletscherzunge vermessen. Die Höhe wurde barometrisch gemessen. Die Vermessung des oberen Gletscherbeckens unter dem Südgipfel der Wildspitze und der Zunge konnte am 26. Februar abgeschlossen werden, der Bereich um den Nordgipfel wurde am 27. Februar vermessen. Leider war das Gelände in diesem Bereich stark mit Spalten durchsetzt, sodass nur wenige Punkte eingemessen werden konnten.

Die Eisdicken entlang des Profils 1, das vom Gipfel zum Kamm der Taschachwand reicht, betragen zwischen 80 und 125 m. Aus dem Profil ist die für diesen Gletscher typische Gliederung des Untergrundes in verschiedenen Becken, die von Felsrippen unterbrochen sind, ersichtlich. Die größte Eisdicke wurde mit 162 m im oberen Teil des Profils 2 am GPS Punkt 48 auf 3448 m Höhe gemessen. Dieses Becken zwischen Petersensspitze, hinterem Brochkogel und Taschachwand wird

von einem Eisbruch begrenzt, der seine Ursache in einer Felsrippe hat, die von der Wildspitze Richtung Taschachwand verläuft. Unterhalb dieser Rippe, die von nur ca. 50 m Eis überlagert ist, nehmen die Eisdicken wieder zu und betragen um die 100 m. In diesen Bereich des Profils fließt auch schon das Eis aus dem Bereich des Südgipfels der Wildspitze, dessen Mächtigkeit in Profil 1 zu sehen ist.

Orographisch rechts und links des Profils 2 befinden sich jeweils große Spaltenzonen. Der Punkt 31 wurde unterhalb der Felsinsel gemessen; auch diese Felsstruktur dürfte sich im Untergrund fortsetzen. Weiter in Richtung Mittelbergjoch ist die Oberfläche flacher als der obere Teil des Profils. Hier fließt der Gletscher vom Nordgipfel Richtung Zunge.

Im Bereich des Nordgipfels konnte das Signal bei GPS Punkt 43, das auf einem flachen, etwas erhöhten Plateau gelegen ist, ausgewertet werden. An diesem Punkt auf 3100 m betrug die Eisdicke 100 Meter. Im oberen Teil erschwerten viele Spalten und die Nähe zu den Felsen die Messungen.

Der Bereich unterhalb des Mittelbergjochs besteht aus zwei Teilen: Der orographisch linke Teil des Gletschers fließt durch den Eisbruch und ist vertikal einige Meter gegen den höheren, rechten Teil, der durch die Vertiefung in Profil 2 angezeigt wird, abgesetzt. Das Querprofil, das unterhalb des Bruches gemessen wurde, konnte wegen Signalrauschens nicht interpretiert werden.

Das Profil 3 zieht durch den orographisch rechten Teil der Zunge bis zu einer Zone mit großen Querspalten. Die maximale gemessene Eisdicke beträgt hier fast 150 m.

Das Profil 4 stellt eine versetzte Verlängerung des Profils 3 dar, welches an einer Spaltenzone abschließt. Unterhalb des Profils 4 in Abbildung 4.14 ist der Gletscher sehr spaltig. In dieser Zone kann das reflektierte Signal nicht mehr interpretiert werden.

Im untersten Teil der Zunge wurden drei Punkte im Abstand von 30 m eingemessen, welche eine Dicke von 39, 37 und 40 m ergaben. Dieser Bereich ist nur mehr durch ein schmales Eisband mit dem Hauptgletscher verbunden (Abbildung 4.15). Da auch der untere Teil der Zunge nicht breiter als 50 m sein dürfte, ist zweifelhaft, ob das Signal vom Untergrund oder vom umliegenden Fels reflektiert wurde.

4.6 Rotmoosferner

Der Rotmoosferner in den Öztaler Alpen ($46^{\circ} 49' N$, $11^{\circ} 2,9' O$) hatte 1998 eine Fläche von $2,8 \text{ km}^2$. Am Rotmoosferner werden von der Universität Innsbruck eine Reihe von Langzeitforschungsprojekten [11] [7] durchgeführt.

Der Rotmoosferner ist in den letzten Jahren stark zurückgegangen, der in der Karte in Abbildung 4.25 dargestellte Stand ist nicht mehr aktuell. Die Zunge des Wasserfallferners war zum Zeitpunkt der Radarmessung nur mehr durch ein mehrere Meter breites Eisband mit dem Rotmoosferner verbunden. Der Bereich des Zusammenflusses der orografisch rechten, von der Lieberner Spitze kommenden Gletscherzunge und der orografisch linken, vom Rotmoosjoch kommenden Zunge ist keine geschlossene Eisfläche mehr. Im den steilen Flanken unterhalb des Trinkerkogels sind mehrere Felsinseln ausgeapert (Abbildung 4.24). Der Verlauf der Ausaperung des Rotmoosferners ist in den Publikationen des Längenmessdienstes des Österreichischen Alpenvereins dokumentiert [24].

Die Eisdicke wurde am 12. 05. 2006 an 43 Stellen gemessen. Der Mittelwert der gemessenen Eisdicken war 37 m, die mit 74 m größte gemessene Eisdicke liegt auf einer Höhe von 2984 m am Ende des Profils 3.



Abbildung 4.24. Foto des Rotmoosferners (Ötztaler Alpen) im Juli 2006.



Abbildung 4.25. Karte des Rotmoosfernens (Ötztaler Alpen) mit Lage der Radarprofile. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

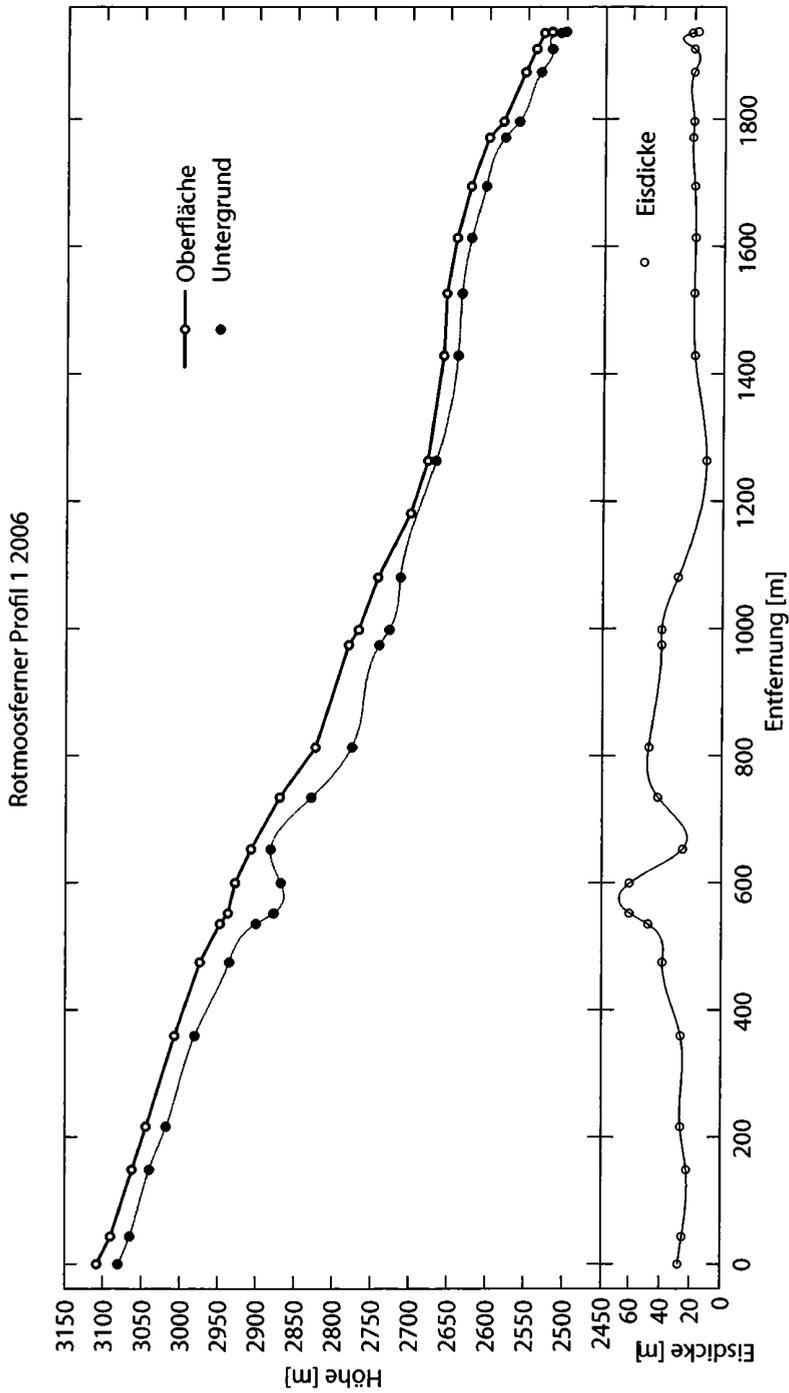


Abbildung 4.26. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 1 am Rotmoosferner.

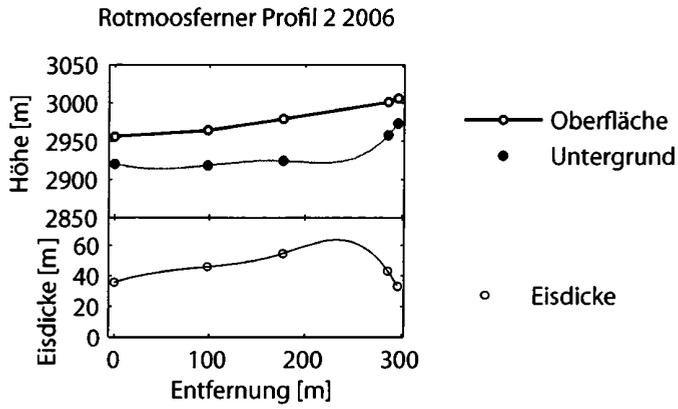


Abbildung 4.27. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 2 am Rotmoosferner.

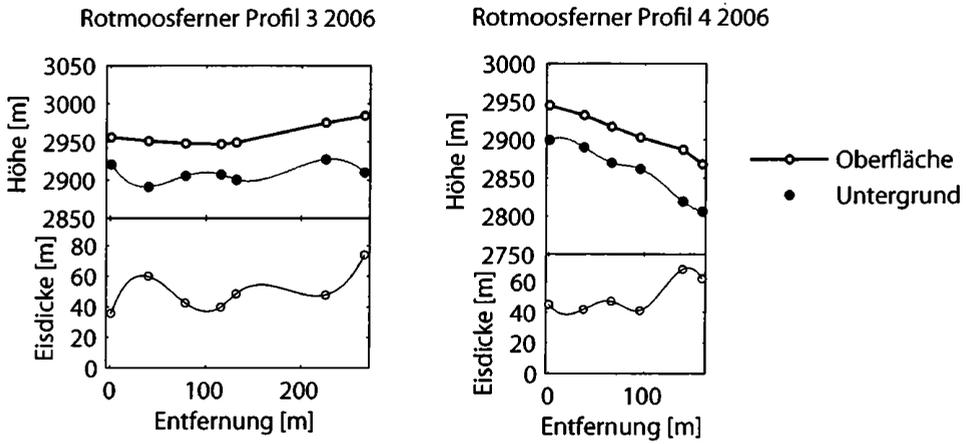


Abbildung 4.28. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profile 3 und 4 am Rotmoosferner.

4.7 Schalfferner

Der Schalfferner in den Ötztaler Alpen ($46^{\circ} 47,1' N$, $10^{\circ} 56,1' O$) hat eine Fläche von $7,6 \text{ km}^2$ (1998). Die Eisdicke wurde zwischen 29. und 31. 05. 2002 an 85 Stellen in vier Längs- und drei Querprofilen gemessen. Die Dicke des Eisstroms vom Querkogeljoch wurde in einem Längsprofil L1 und einem Querprofil Q1 vermessen. Die mit 108 m tiefste Stelle im Profil L1 liegt in einer Höhe von 3270 m, wo der Untergrund eine Mulde aufweist. Weiter unten findet man Eisdicken um 70 m. Auf einer Höhe von 3152 m steigt die Eisdicke wieder auf 105 m. Im Profil Q1 findet man die mit 112 m maximale Dicke in einer Höhe von 3250 m. Die Eisdicke des Eisstromes vom Kleinleitenjoch wurde mit dem Längsprofil L2 zwischen 3260 und 2960 m vermessen. Dabei ergaben sich Dicken zwischen 30 und 40 m an den meisten Stellen mit einem Spitzenwert von 60 m.

Beim Zusammenfluß der beiden Teilströme in einer Höhe von ca. 3100 m ist aufgrund der interessanten Topographie das Querprofil Q2 angelegt worden. Im orografisch linken Teil dieses Querprofils findet sich auf einer Höhe von 3160 m die mit 113 m größte Eisdicke am Schalfferner. Im orografisch rechten Teil des Profils ist der Gletscher um etwa 50% weniger dick.

Die Firngebiete der westlichen Eisströme vom Hinteren Schwarzenjoch und der Pfasser Scharte sind spaltenreich und steil und konnten nicht vermessen werden.

Beim eisdynamisch interessanten Zusammenfluß der östlichen und der westlichen Zuflüsse in einer Höhe von ca. 2800 m ist das Querprofil Q3 vermessen worden.

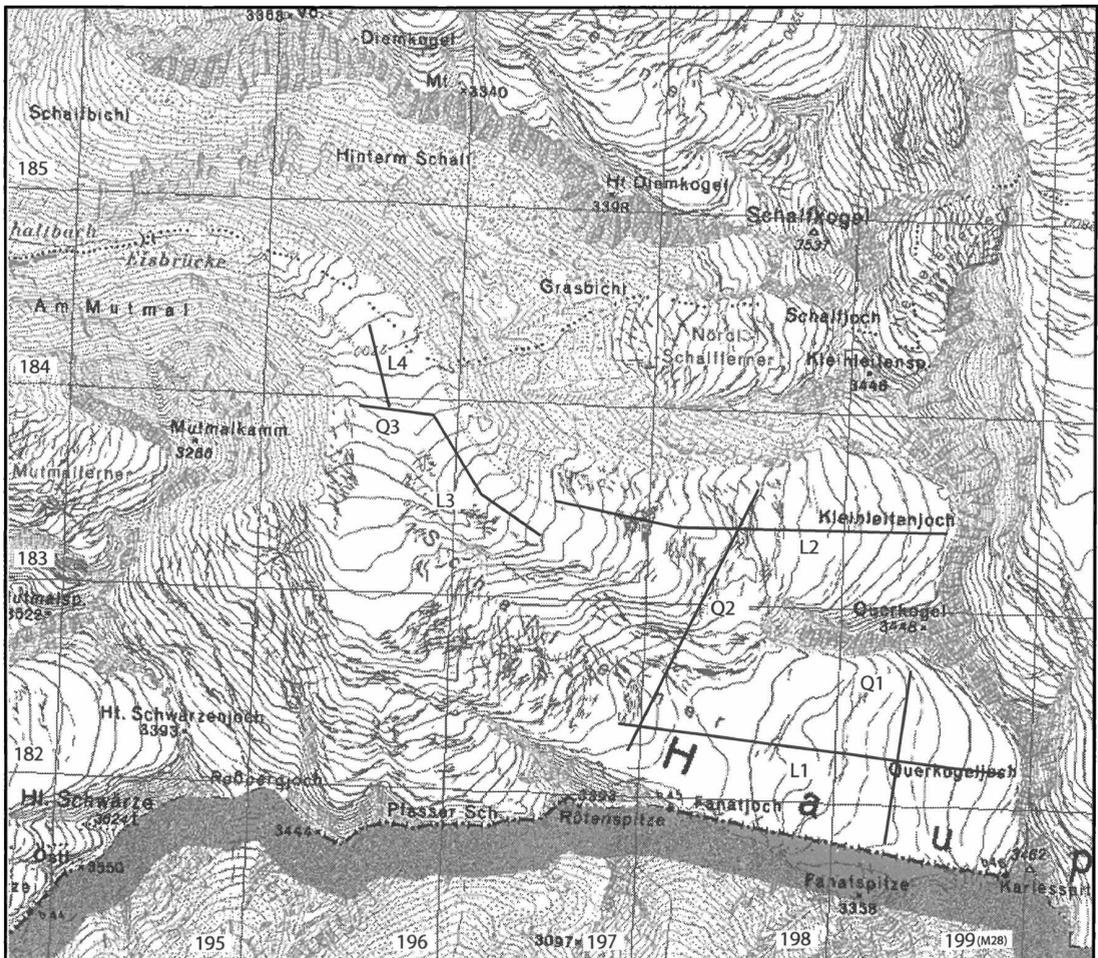


Abbildung 4.29. Karte des Schalfferners (Ötztaler Alpen) mit Radarprofilen. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

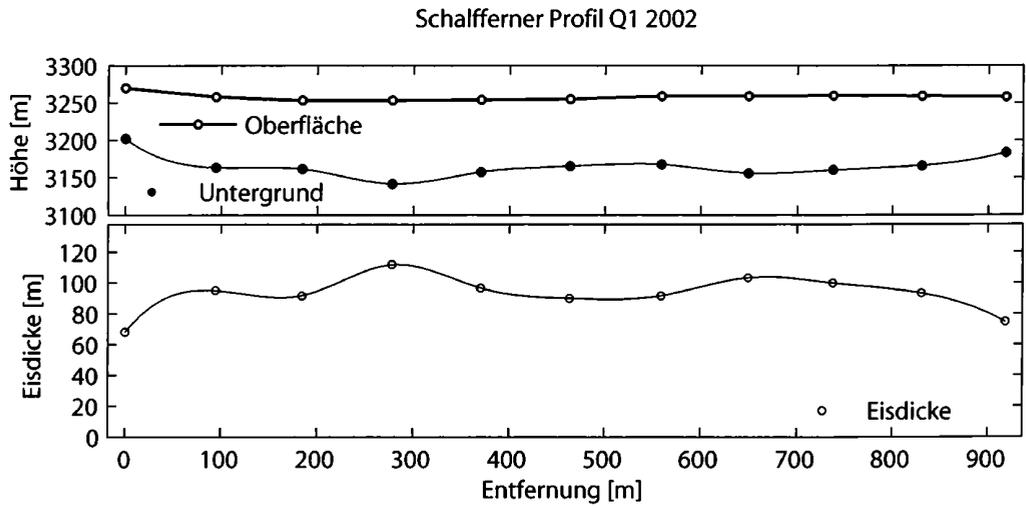


Abbildung 4.30. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils Q1 am Schalfferner in den Öztaler Alpen.

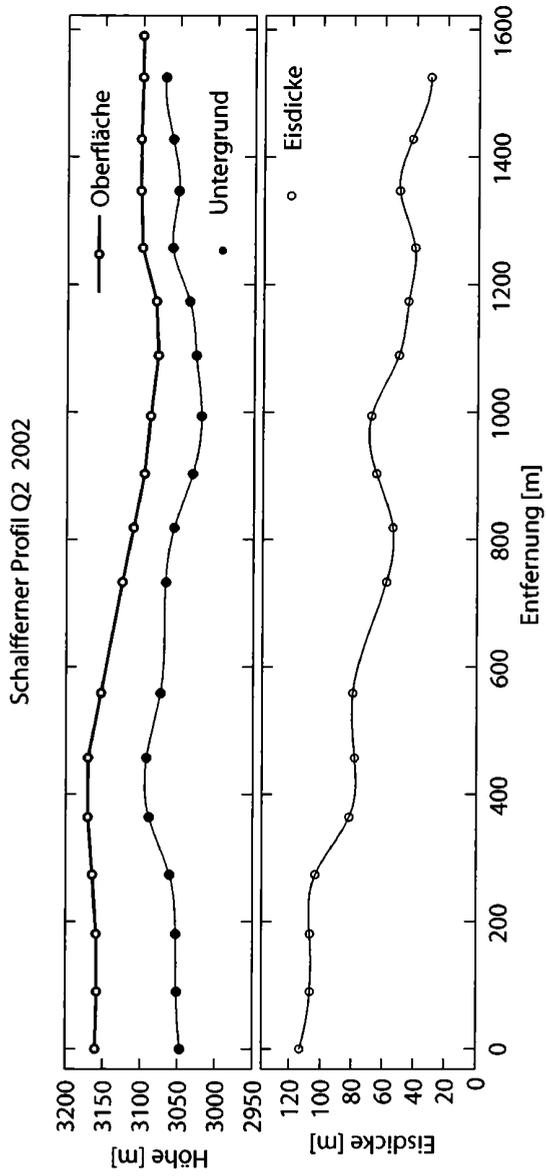


Abbildung 4.31. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils Q2 am Schalfferner in den Öztaler Alpen.

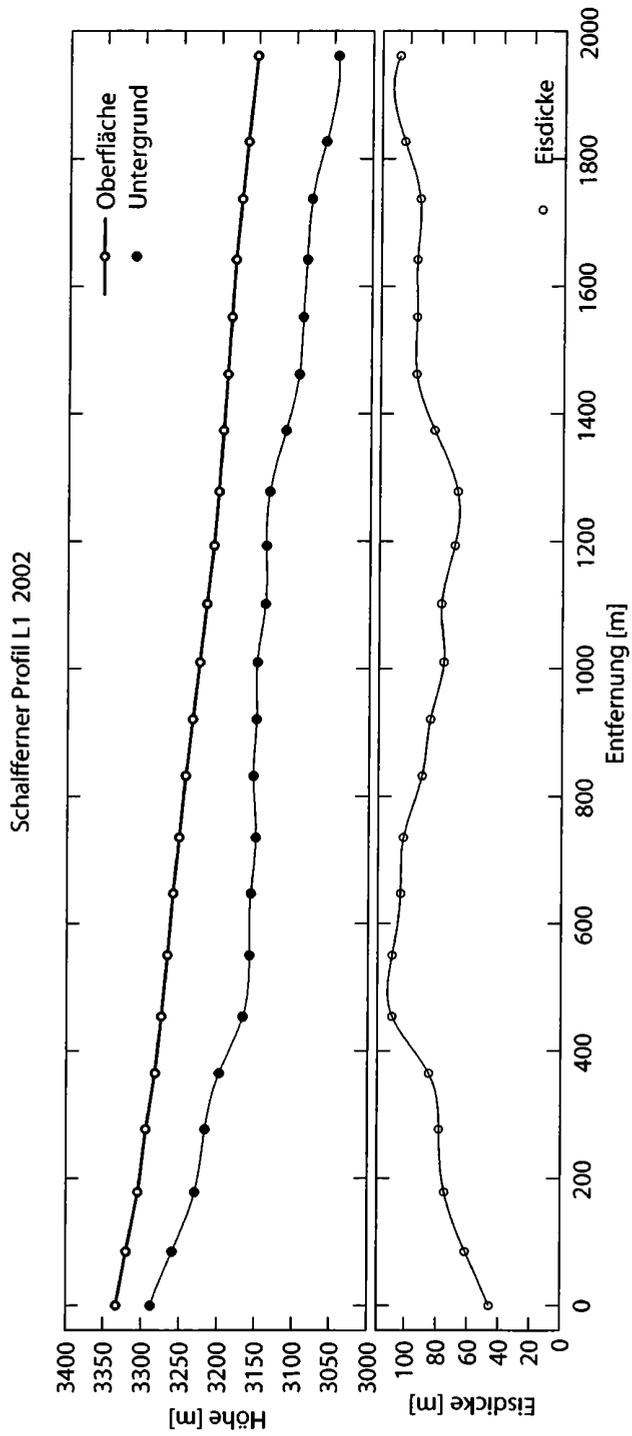


Abbildung 4.32. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils L1 am Schalfferner in den Ötztaler Alpen.

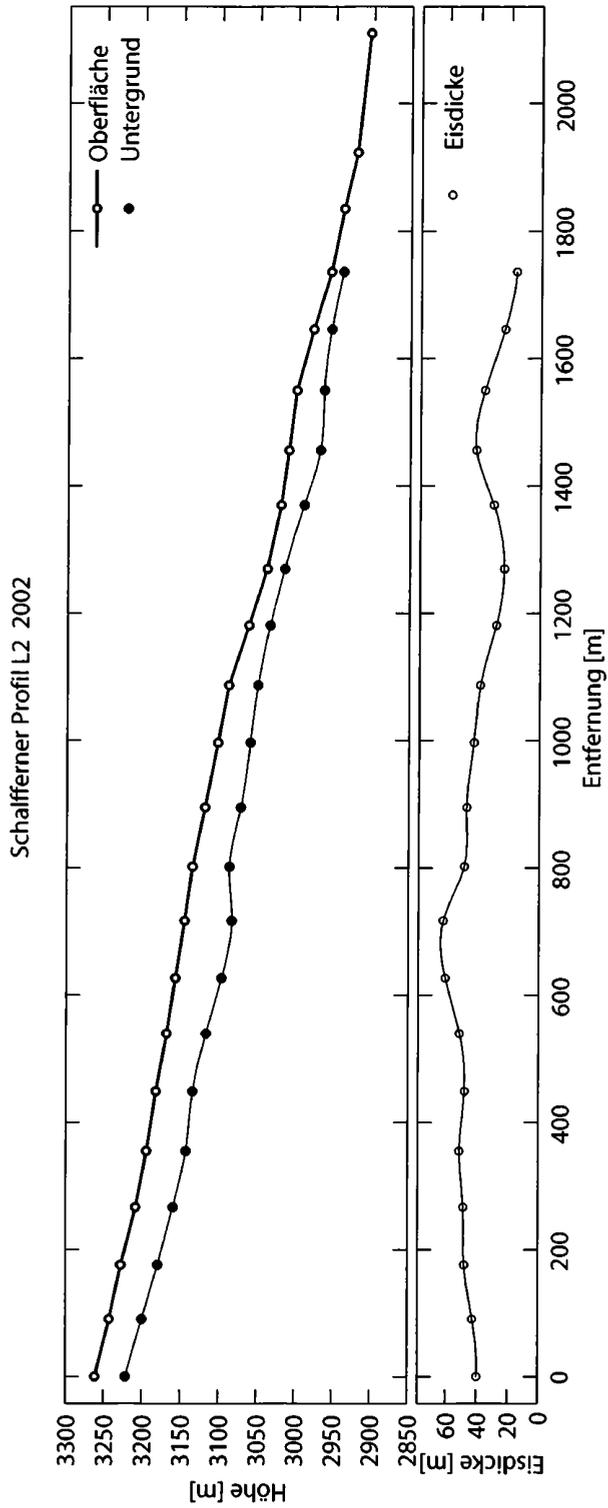


Abbildung 4.33. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils L2 am Schalfferner in den Öztaler Alpen.

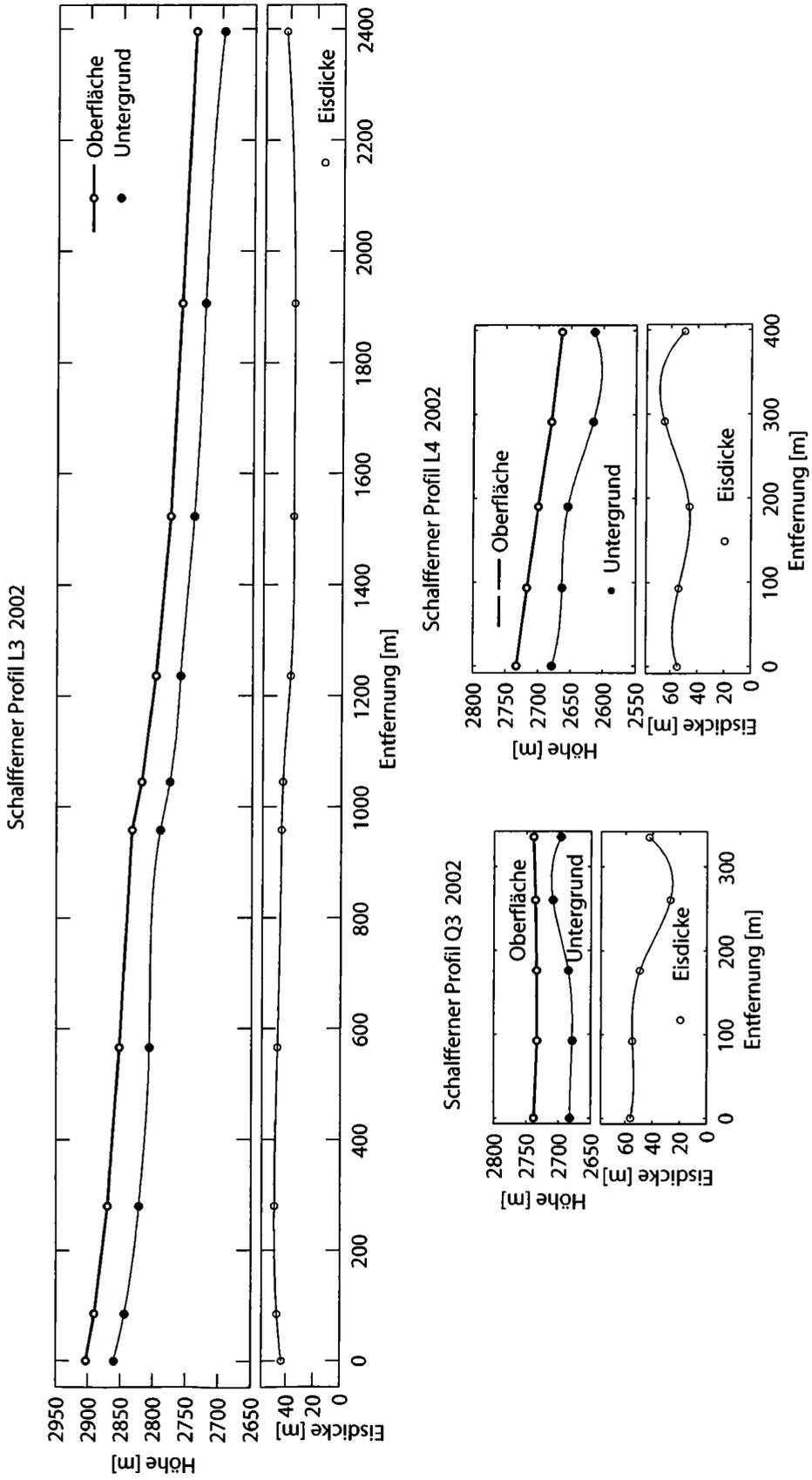


Abbildung 4.34. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang der Profile L3, Q3 und L4 am Schalferner in den Ötztaler Alpen.

Zillertaler Alpen

5.1 Hornkees

Das Hornkees (47° 0' N, 11° 49,4' O) in den Zillertaler Alpen war 1998 2,7 km² groß.

Am Hornkees wurden 1975 seismische Eisdickenmessungen ausgeführt [4]. Am Schnittpunkt zweier Profile am Beginn der Zunge wurde eine Eisdicke von 105m bestimmt. Die mittlere Eisdicke wurde mit 47m berechnet.

Die Eisdickenmessungen wurden am 5.8. 1999 an 35 Punkten in einem Längs- und drei Querprofilen auf der Zunge gemessen. Der Ausaperungszustand des Gletschers erlaubte Messungen bis in das Becken auf etwa 2600 m auf Blankeis. Da der Gletscher sehr spaltenreich ist, wurde im Zuge dieser Messkampagne von Messungen im noch mit Altschnee bedeckten Firngebiet abgesehen.

Am Hornkees werden auch andere glaziologische Messungen durchgeführt. Die Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften erfasst die Oberflächenänderungen des Hornkeeses zusammen mit Waxegg- und Schwarzensteinkees jährlich und verfügt somit über einen Massenbilanzreihe nach der geodätischen Methode. Das Gletscherumfeld des Hornkeeses wurde von Prof. Heuberger von der Universität Salzburg in den sechziger Jahren untersucht. Weiters gibt es durch die gute Einsehbarkeit des Hornkeeses vom Speisesaal der Berlinerhütte umfangreiches historischen Fotomaterial. Im Jahr 2005 wurde ein Gletscherlehrpfad eröffnet [10].

Das Maximum der Eisdicke wurde mit 82 m im Zungenprofil auf 2360 m gemessen. An den meisten Stellen ist das Eis nur zwischen 20 und 40 m dick.

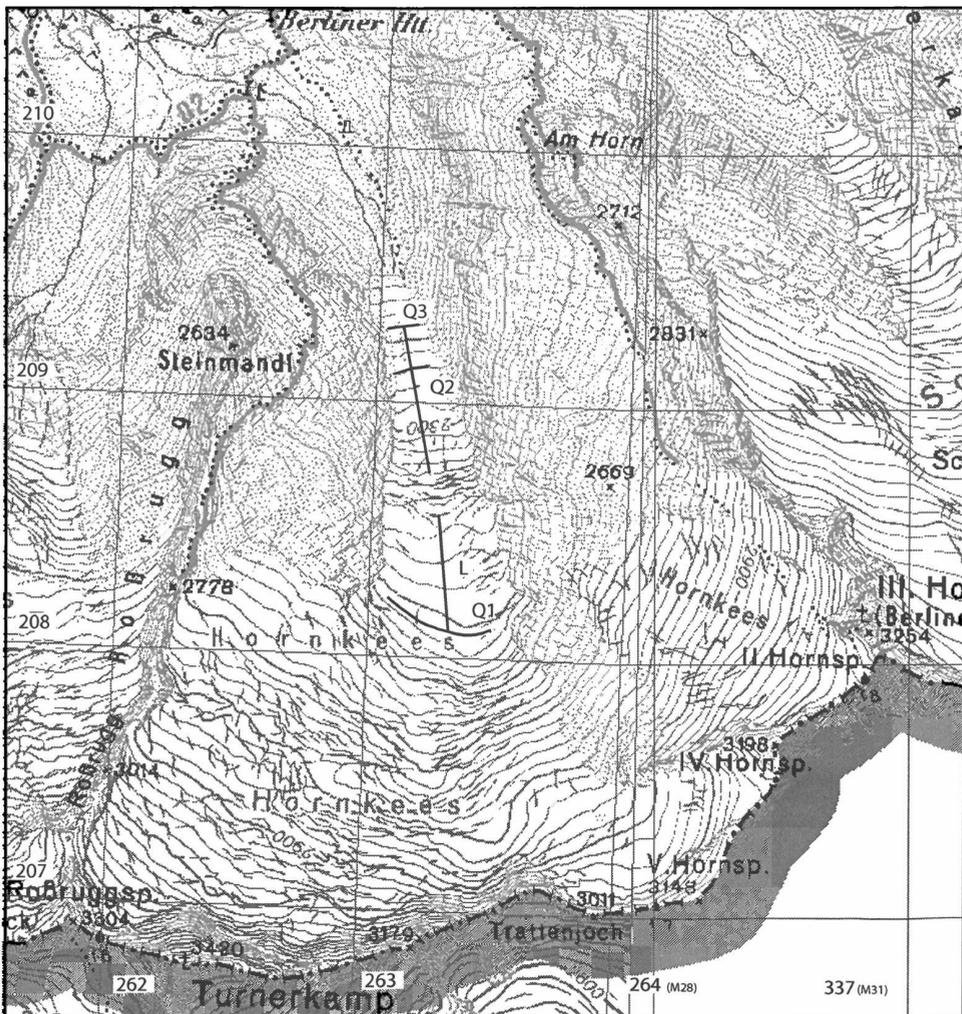


Abbildung 5.1. Karte des Hornkeeses (Zillertaler Alpen) mit Lage der Radarprofile. Quelle: Amap 3D 1:50 000 BEV.

Hornkees Profil L 1999

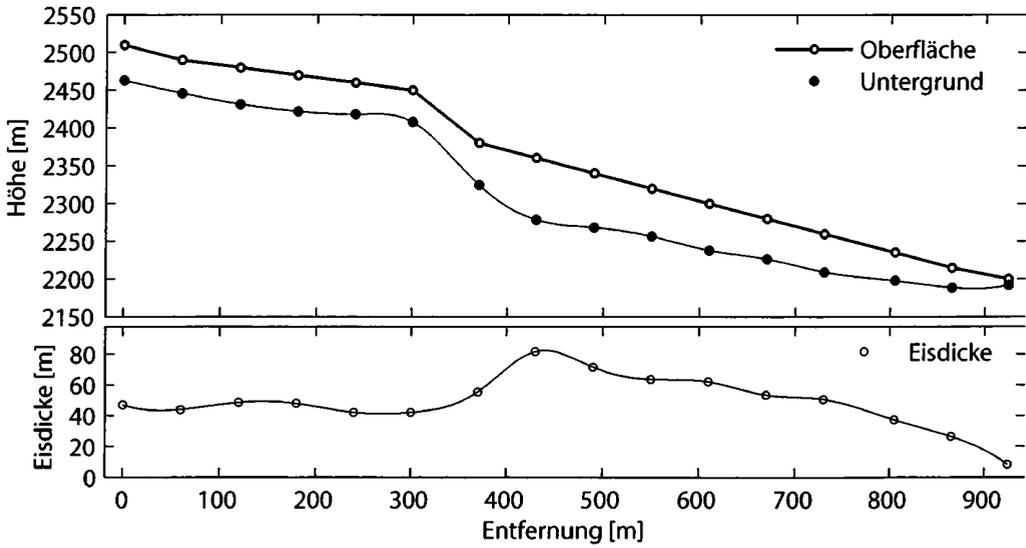
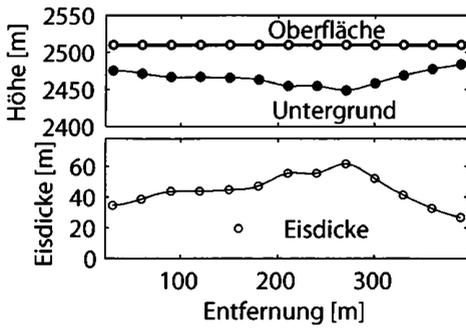
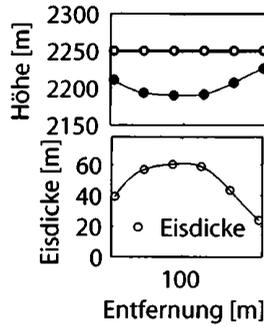


Abbildung 5.2. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 1999 und berechneter Untergrund entlang des Profils L am Hornkees.

Hornkees Profil Q1 1999



Hornkees Profil Q2 1999



Hornkees Profil Q3 1999

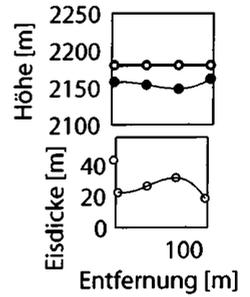


Abbildung 5.3. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken 1999 und berechneter Untergrund entlang der Profile Q1, Q2 und Q3 am Hornkees.

5.2 Waxeggkees

Das Waxeggkees (47° 0' N, 11° 47,5' O) in den Zillertaler Alpen hat eine Fläche von 3,4 km² (1998). Seit 1950 wird die Oberfläche im Abstand von etwa 10 Jahren photogrammetrisch aufgenommen und daraus Volums- und Höhenänderungen ermittelt [6]. Aus diesen Messungen geht hervor, daß die Gletscheroberfläche im Jahr 2000 im Durchschnitt um 40 cm niedriger war als 1950.

Das Waxeggkees ist sowohl im Winter als auch im Sommer sehr schwierig zu erreichen. Die Oberfläche dieses Gletschers ist überall mit Spalten durchzogen und generell sehr steil. Die Eisoberfläche konnte während der Messungen mit einer 4 m Sonde an keiner Stelle erreicht werden, was eine Schneeauflage von mehr als 4 m bedeutet. Die Eisdicken sind, wie für einen steilen Gletscher zu erwarten, sehr gering. Im Mittel beträgt die Eisdicke ca. 35 m. Diese Eisdicken bedingen eine Schubspannung von ca. 0,8 bar am Untergrund. Nachstehend sind die einzelnen Profile graphisch aufbereitet dargestellt.



Abbildung 5.4. Karte des Waxeggkees (Zillertaler Alpen) mit Radarprofilen. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

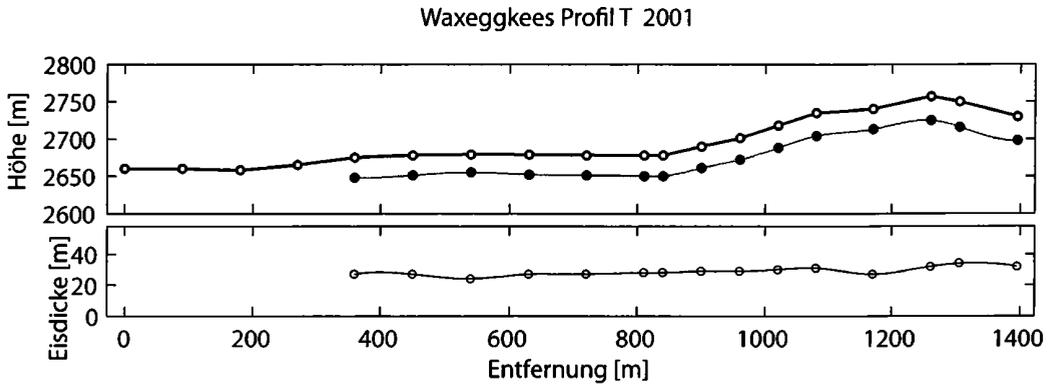


Abbildung 5.5. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang des Profils T am Waxeggkees in den Zillertaler Alpen.

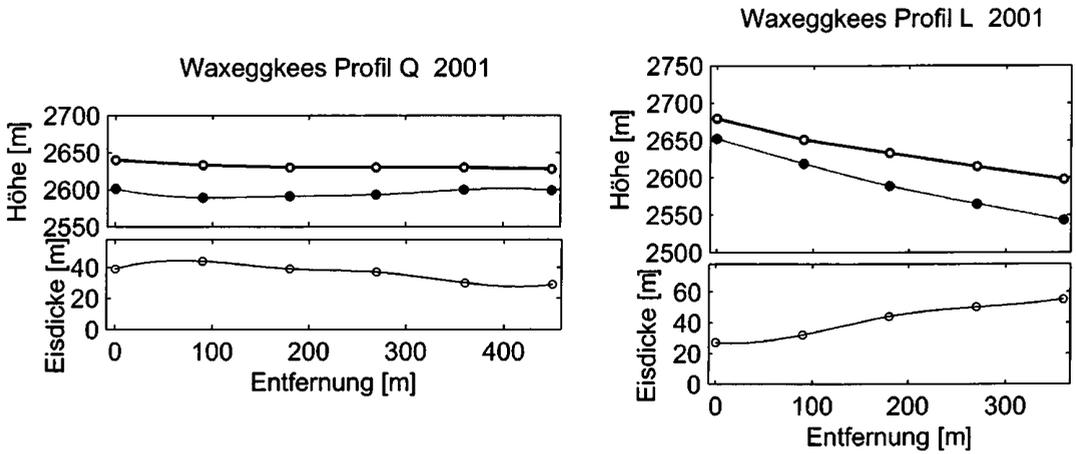


Abbildung 5.6. Eisdicke und Oberflächenhöhen mit berechnetem Gletscheruntergrund entlang der Profile Q und L am Waxeggkees in den Zillertaler Alpen.

5.3 Schwarzensteinkees

Die Eisdickenmessungen am Schwarzensteinkees wurden in zwei verschiedenen Kampagnen durchgeführt. Die Zunge wurde am 06.08.1999 vermessen (Profile L, Q1 und Q2, Karte in Abbildung 5.7). Die Messungen im Firngebiet wurden am 06.07.2005 durchgeführt. Bei der ersten Feldmessung erwies sich der Zustieg zum Schwarzensteinkees als sehr schwierig da unmittelbar vor der Zunge eine steile Felsstufe mit Gletscherschliff zu überwinden war. Es wurden ein Längs- und zwei Querprofile gemessen. Spalten erschwerten das Anlegen der Profile. Die Schuttauflage war deutlich geringer als am Hornkees. Der Ausaperungszustand des Schwarzensteinkees war etwas weniger fortgeschritten. Das obere Querprofil auf 2620 bis 2650 m verlief z.T. durch kleinere Firnflächen. Es mußte etwas von den Höhenschichtlinien abweichend angelegt werden, da Spalten im orographisch linken Teil und einer Steilstufe im orografisch rechten Teil auszuweichen war. Das Längsprofil konnte ohne größere Unterbrechungen gemessen werden, obwohl wiederum zwei Spaltenzonen das Vorankommen behinderten. Das zweite Querprofil wurde unmittelbar vor Beginn des steilen Abfalls der Zunge zum Gletschertor gemessen.

Die maximale Eisdicke an der Zunge fand sich im Profil Q1 auf einer Höhe von 2640 m und betrug 52 m. Im Firngebiet zeigte sich aus Profil eins eine komplexe Untergrundstopographie mit vielen Rippen und Mulden. An den meisten Stellen ist das Eis zwischen 30 und 50 m dick, an drei Stellen wurde das Signal erst nach 80 bzw. über 100 m vom Untergrund reflektiert. Ohne weitere Messungen und Migration der Daten können die im Profil 1 aufgetragene Reflexionen nicht als tatsächliche Eisdicke interpretiert werden und liefern lediglich einen Anhaltspunkt für eine sehr komplexe Untergrundform.

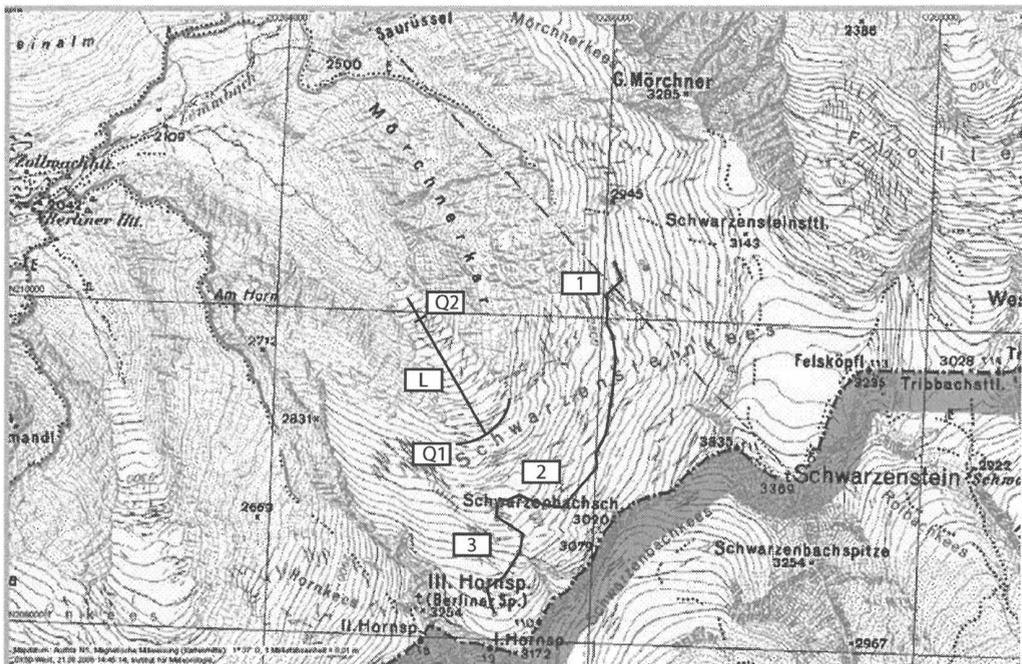


Abbildung 5.7. Karte des Schwarzensteinkees (Zillertaler Alpen) mit Lage der Radarprofile 1999 (Q1, Q2, L) und 2005 (1,2,3). Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

Schwarzensteinkees Profil L 1999

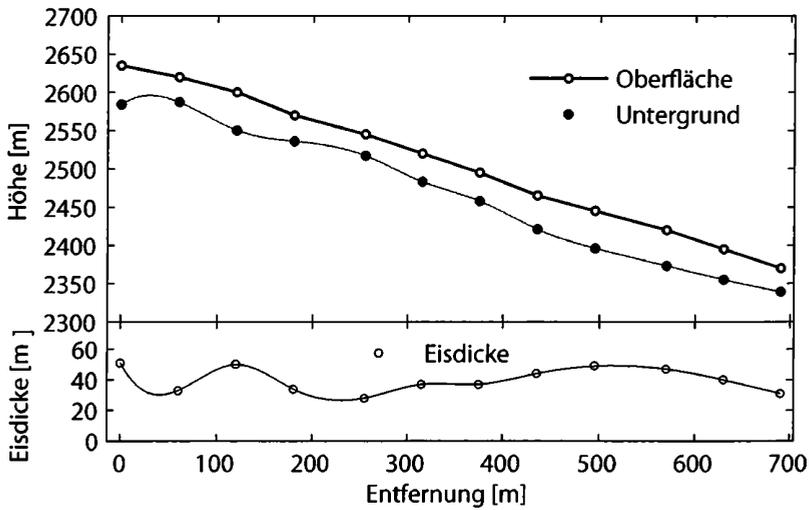
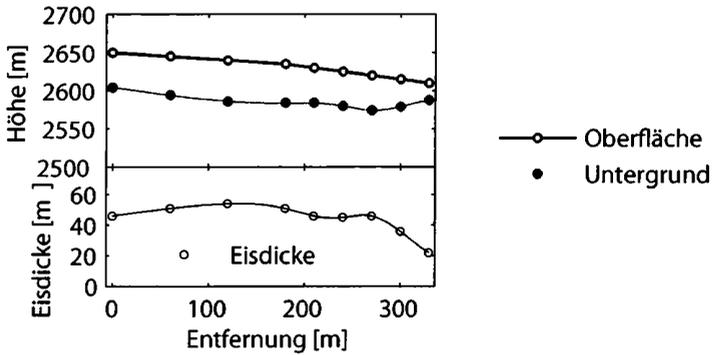


Abbildung 5.8. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Längsprofils L am Schwarzensteinkees.

Schwarzensteinkees Profil Q1 1999



Schwarzensteinkees Profil Q2 1999

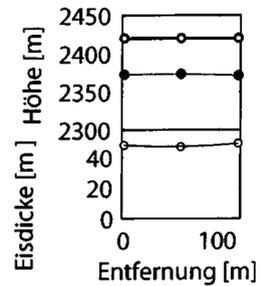


Abbildung 5.9. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang der Querprofile Q1 und Q2 am Schwarzensteinkees.

Schwarzensteinkees Profil 1 2005

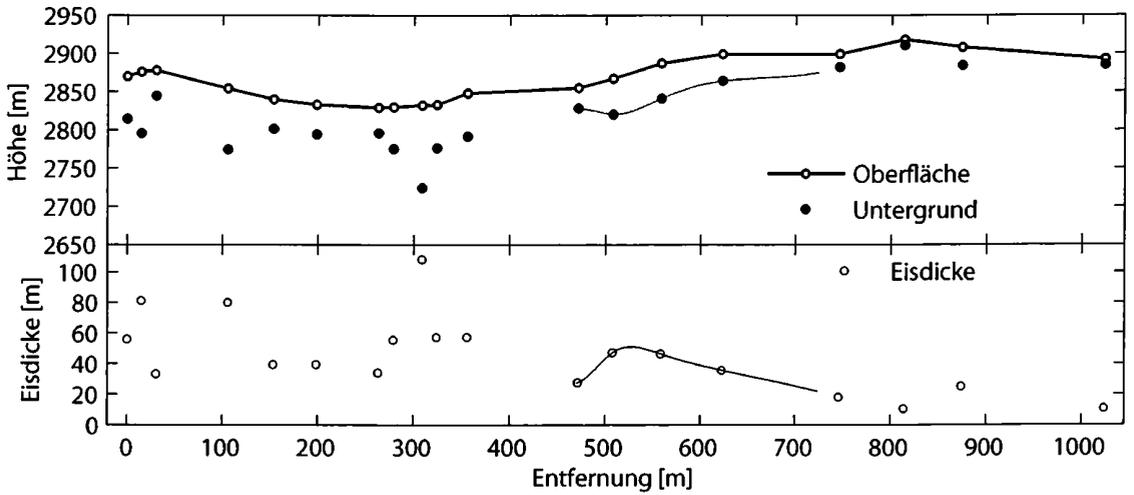


Abbildung 5.10. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), 2005 gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 1 am Schwarzensteinkees.

Schwarzensteinkees Profil 2 2005

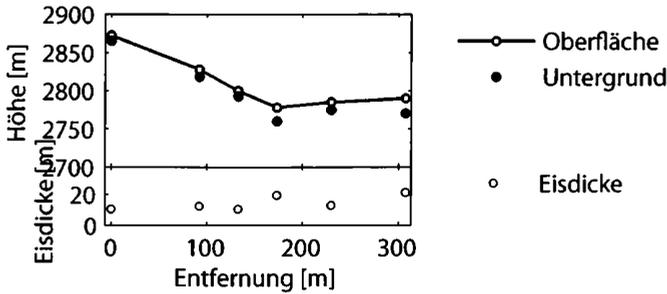


Abbildung 5.11. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), 2005 gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 2 am Schwarzensteinkees.

Schwarzensteinkees Profil 3 2005

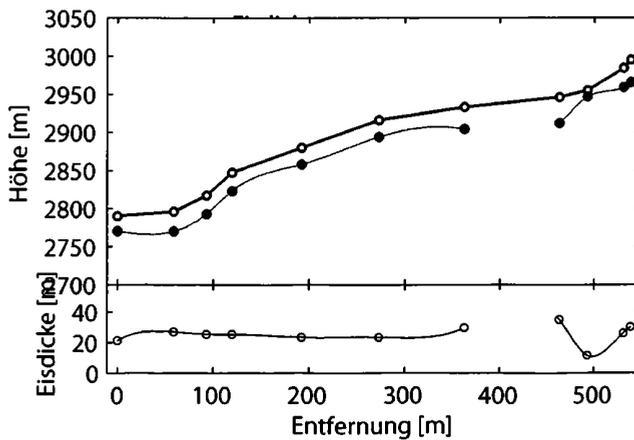


Abbildung 5.12. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), 2005 gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 3 am Schwarzensteinkees.

Venedigergruppe

6.1 Mullwitzkees

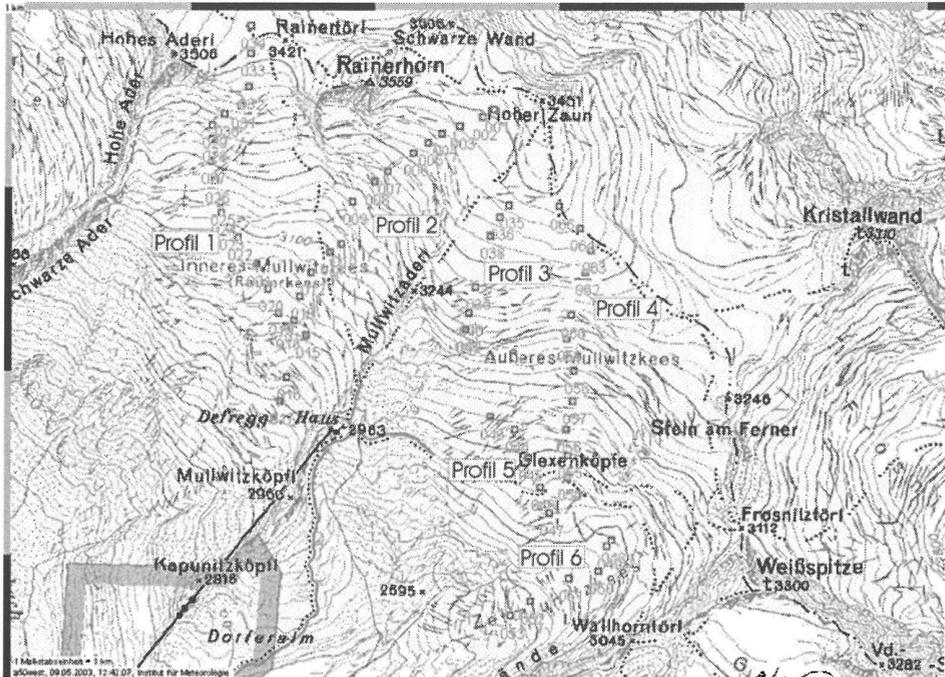


Abbildung 6.1. Karte des Mullwitzkees (Venedigergruppe) mit Lage der Radarprofile. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

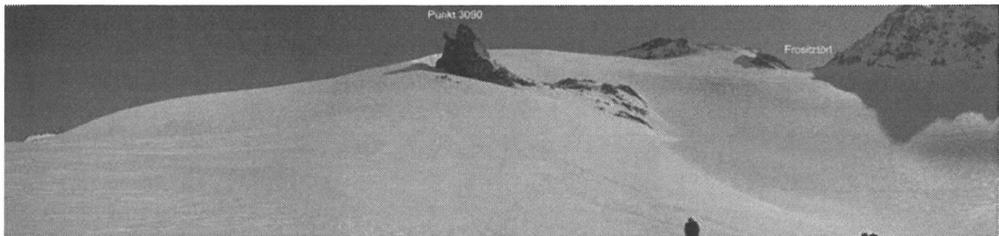


Abbildung 6.2. Panoramafoto vom Äußeren Mullwitzkees Richtung Frohnitzköpfl.



Abbildung 6.3. Panoramafoto vom unteren Teil des Rainerkees Richtung Rainerhörl.

Äußeres und Inneres Mullwitzkees (vormals Rainerkees) sind in etwa gleich groß und haben zusammen eine Fläche von $6,8 \text{ km}^2$. Sie sind nach Süden ausgerichtet und durch einen Felsrücken, das Mullwitzzadel, auf dem auch das Defreggerhaus steht, voneinander getrennt. Im Bereich der Eisscheiden zu den nach Norden fließenden Gletschern der Venedigergruppe liegen einige Felsgipfel. Auch zwischen diesen Gipfeln liegt immer wieder Schutt frei auf der Oberfläche. Dies legt die Vermutung nahe, daß im Bereich dieser Käme die Eisdicke gering ist. Es wurde an einigen Stellen der Grate gemessen, an den meisten Punkten war das Signal nicht interpretierbar und

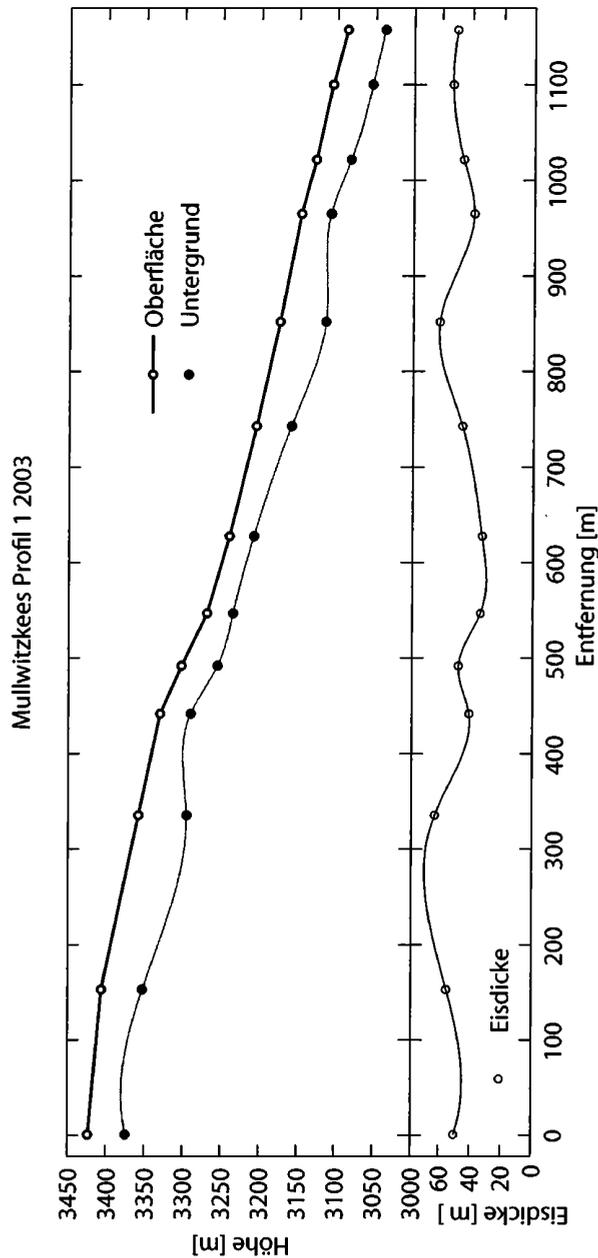


Abbildung 6.4. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 1 am Mullwitzkees.

wurde nicht aufgezeichnet, was die Vermutung bestätigt. Dies trifft nicht auf das Joch zwischen Hohem Aderl und Rainerhorn zu, wo die Messungen eine Eisdicke von 55 bzw. 50 m ergaben. Diese höhere Eisdicke kommt vermutlich dadurch zustande, daß hier Eis aus dem Schlatenkees vom Gipfelgrat des Großvenedigers nach Süden fließt - zumindest in Zeiten höherer Gletscherstände. Im Gegensatz zum Umbalkees gibt es keine großen Firnbecken in Gratnähe. Die Eisoberfläche ist im Kammbereich am Mullwitzkees konvex geformt, und die Eisdicken sind insgesamt eher gering. Die maximale Eisdicke von 107 Metern wurde am GPS Punkt 54 auf 2959 m Seehöhe gemessen. Dieser liegt in einer Senke, in die die Eismassen aus dem nördlichen und östlichen Bereich des Gletschers zusammenfließen. Der Durchschnitt aller gemessenen Eisdicken beträgt nur 55 Meter. Dieser Wert ist nicht mit einer durchschnittlichen Eisdicke gleichzusetzen, weil die Flächeninformation noch fehlt. Die Zunge des Zettalunitzkees ist sehr schmal und von Felsen begrenzt. Da hier die Interpretation des Signales unsicher gewesen wäre, wurde auf eine Vermessung verzichtet.

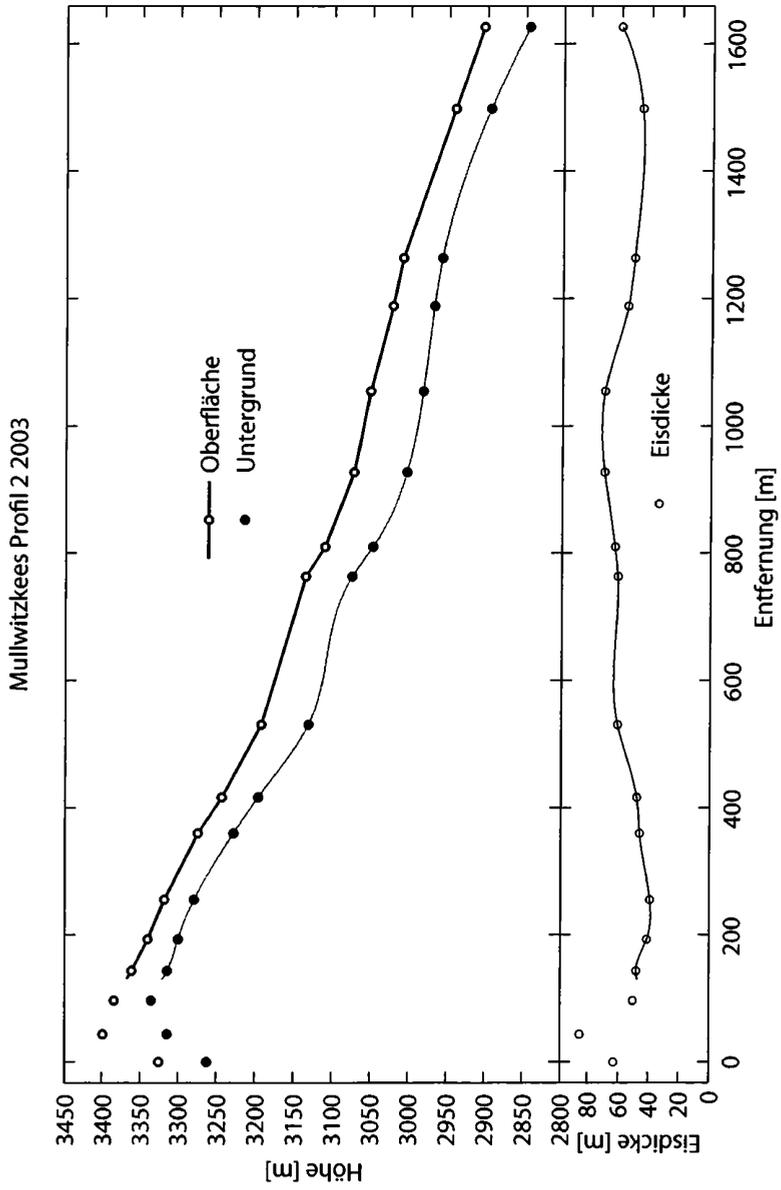


Abbildung 6.5. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 1 am Mullwitzkees.

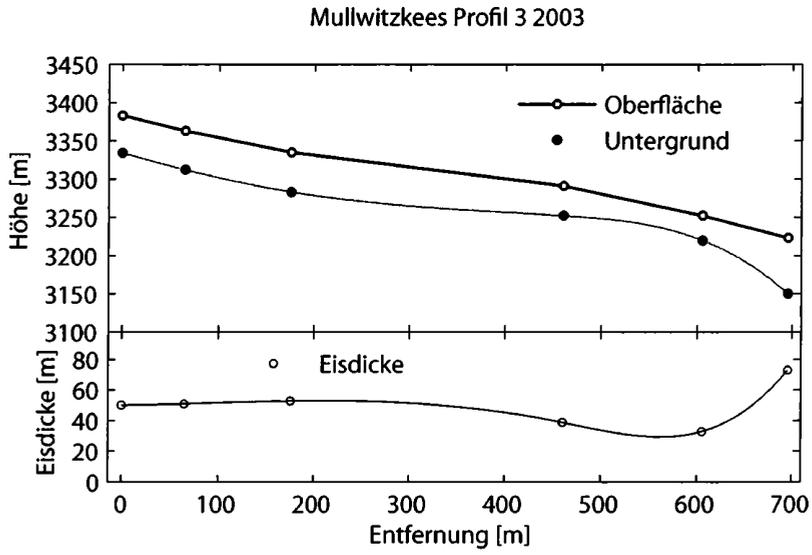


Abbildung 6.6. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 1 am Mullwitzkees.

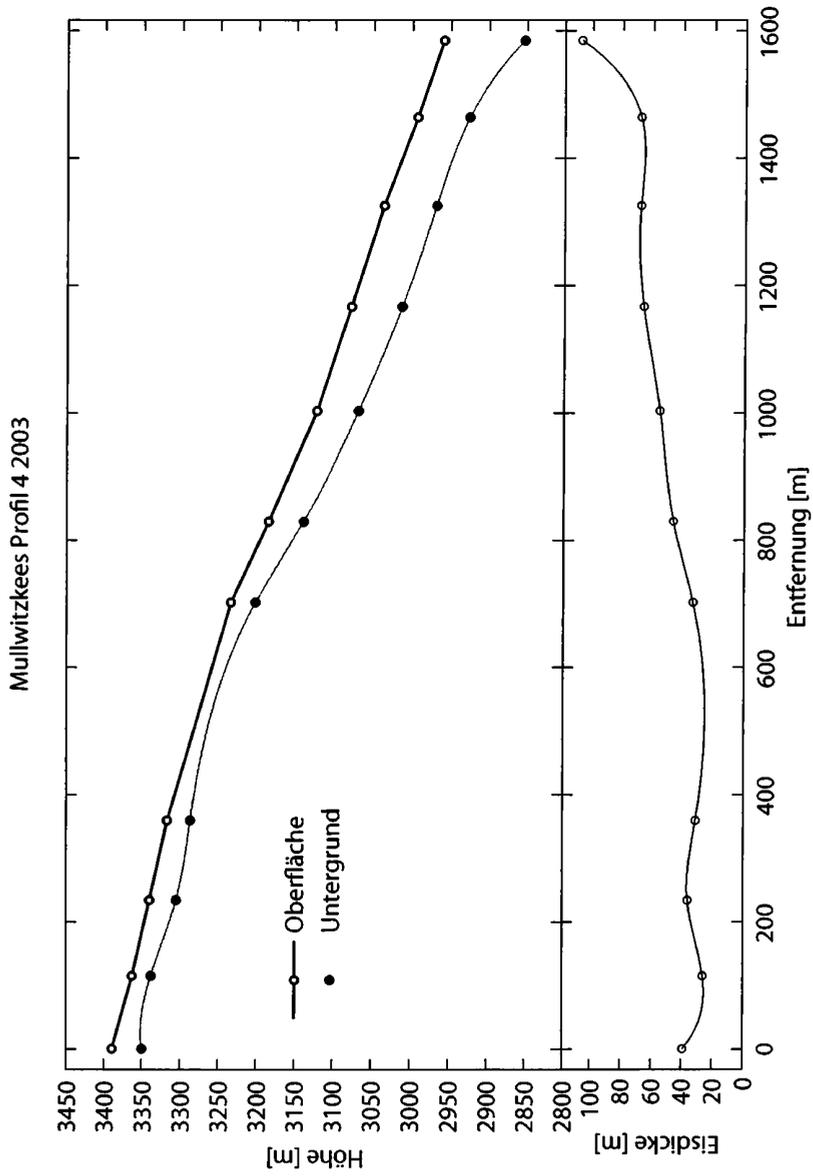


Abbildung 6.7. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 1 am Mullwitzkees.

Mullwitzkees Profil 5 2003

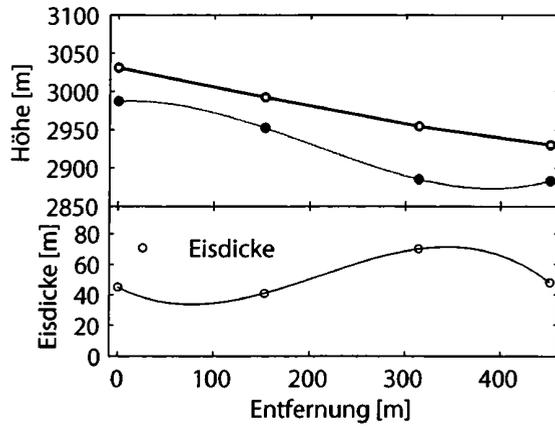


Abbildung 6.8. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 1 am Mullwitzkees.

Mullwitzkees Profil 6 2003

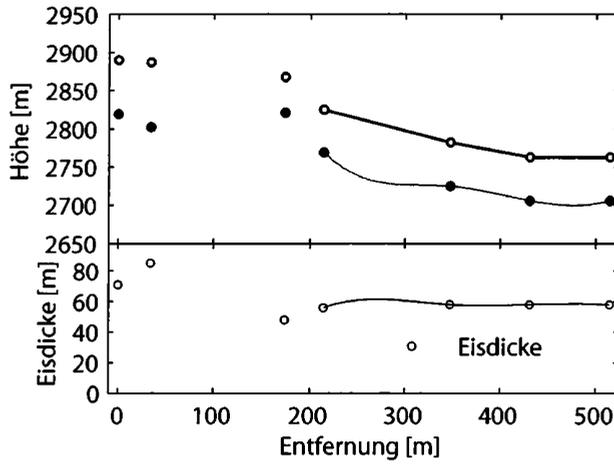


Abbildung 6.9. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils 1 am Mullwitzkees.

6.2 Nillkees

Das Nillkees (47 ° 3,1 'N, 12 ° 24,7'O) in der Venedigergruppe ist mit einer Fläche von 0,251 km² (1969) einer der kleinsten Gletscher dieser Studie. Das Nillkees liegt unterhalb der steilen Flanken des Hocheichham südostseitig exponiert zwischen 3240 und 2930 m. Die Oberfläche ist stark schuttbedeckt (Abbildung 6.11).

Die Eisdicke wurde am 13. 05. 2005 an 27 Stellen gemessen. Die größte Eisdicke betrug 34 m und lag auf einer Höhe von 3177 m. Der Durchschnitt der gemessenen Eisdicken war 22 m.

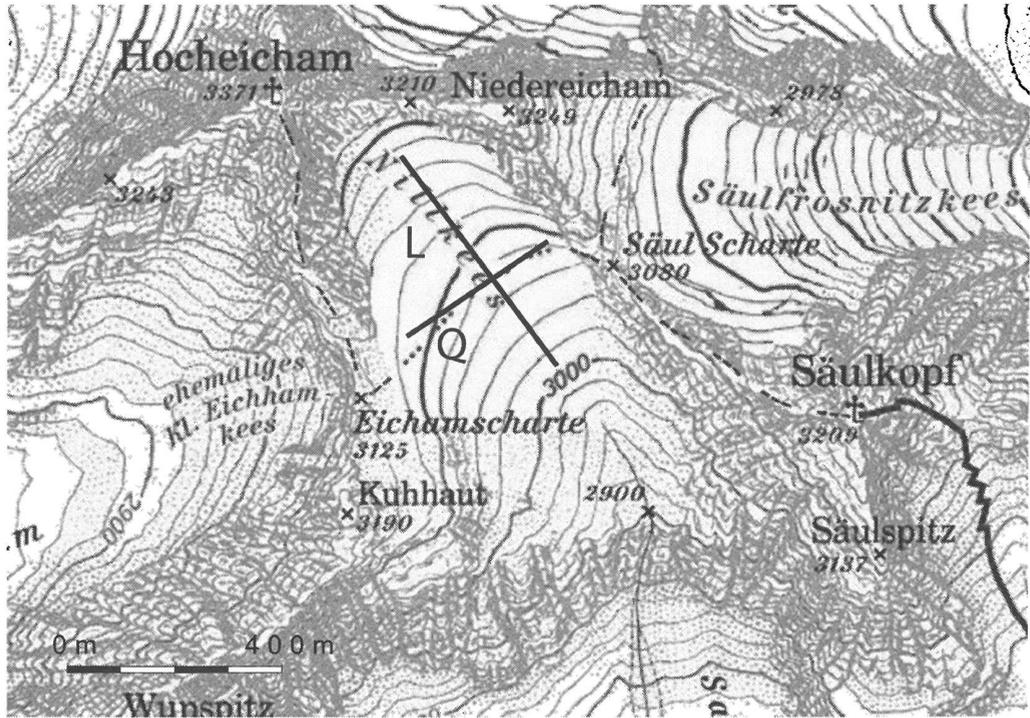


Abbildung 6.10. Karte des Nillkees (Venedigergruppe) mit Lage der Radarprofile. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.



Abbildung 6.11. Foto des Nillkees (Venedigergruppe) im Sommer 2005.

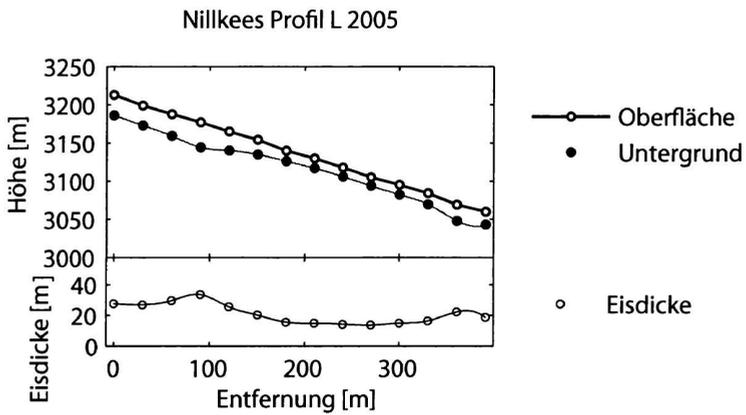


Abbildung 6.12. Gletscheroberfläche (barometrisch gemessen 2005), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Längsprofils L am Nillkees.

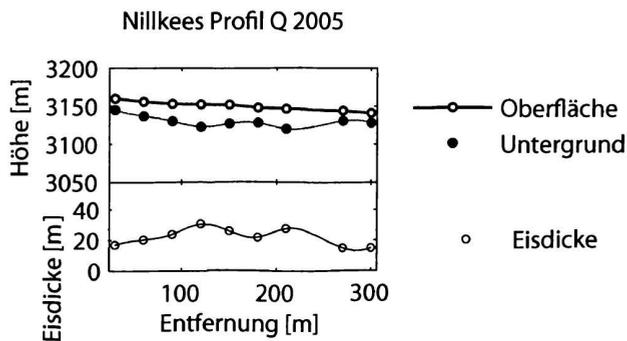


Abbildung 6.13. Gletscheroberfläche (barometrisch gemessen 2005), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Längsprofils Q am Nillkees.

6.3 Untersulzbachkees

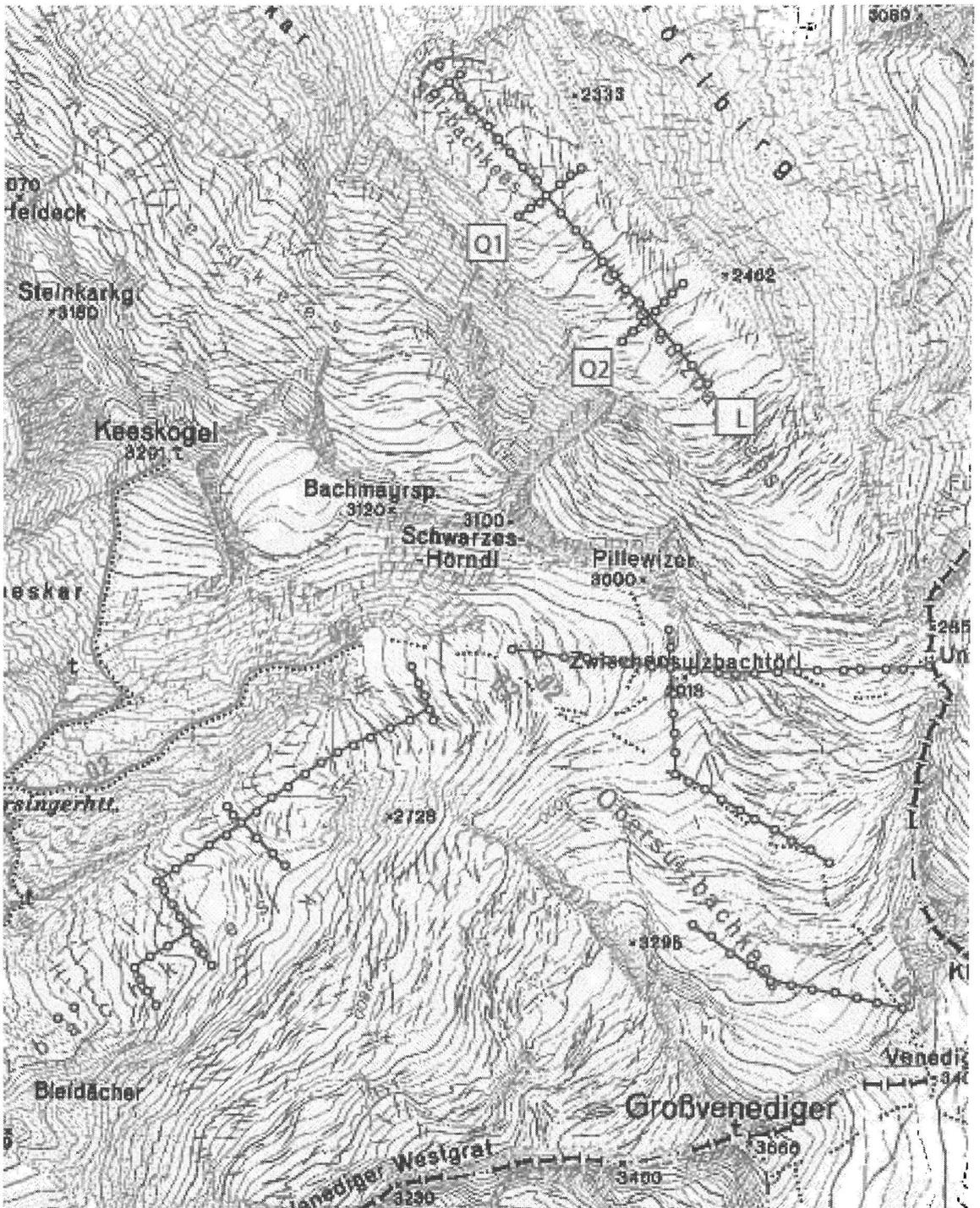


Abbildung 6.14. Karte des Untersulzbachkees (Venedigergruppe) mit Lage der Radarprofile. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

Das Untersulzbachkees im Venedigergebiet ($47^{\circ} 8' N$, $12^{\circ} 21' O$) hatte 1998 eine Fläche von $3,7 \text{ km}^2$.

Im Venedigergebiet wurden schon früher Eisdickenmessungen mittels Seismik [1] [5] ausgeführt. Die GPR Messungen auf der Zunge des Untersulzbachkees wurden von 31.07. bis

02.08.2001 auf einer aperen Eisoberfläche durchgeführt. Die maximale Eisdicke liegt hier bei knapp 200 m; damit ist diese Gletscherzunge eine der tiefsten der österreichischen Gletscher. Auffallend sind auch die zwei ausgeprägten Übertiefungen im Längsprofil mit bis zu 20 m.

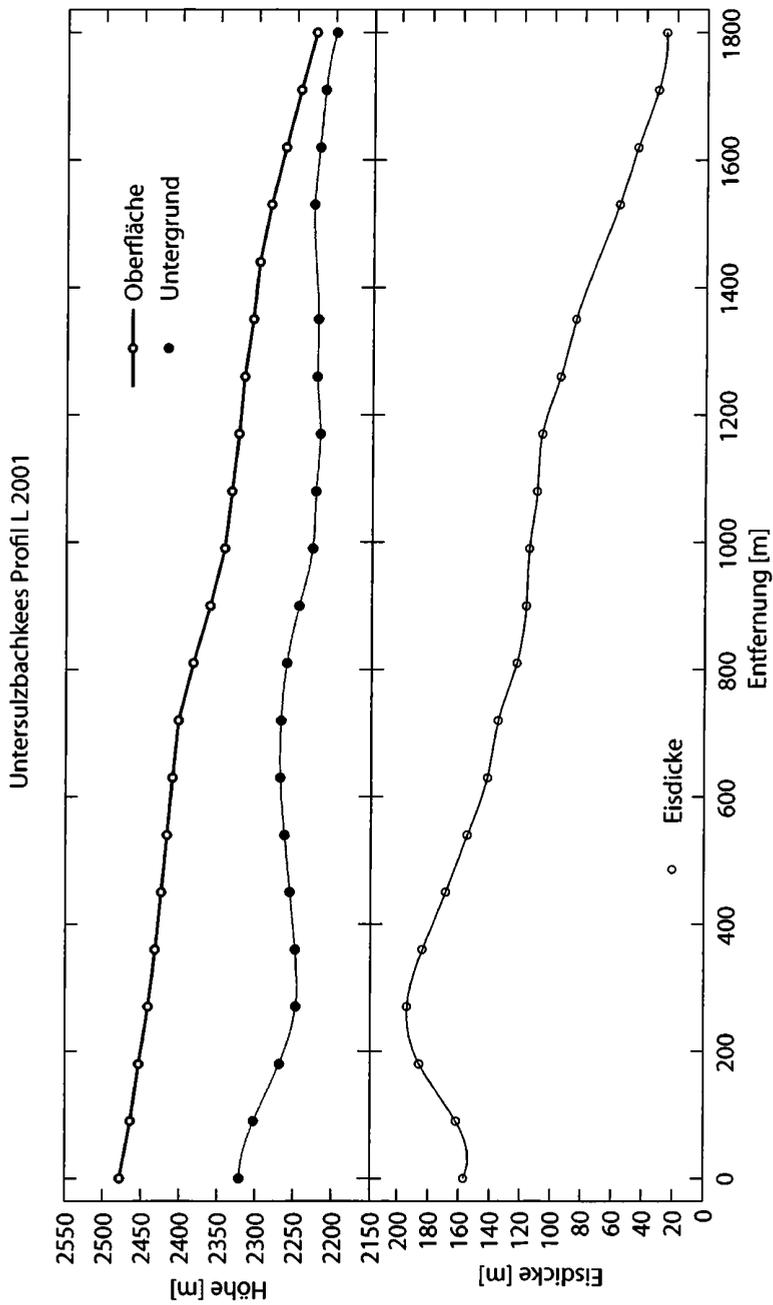


Abbildung 6.15. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils L am Untersulzbachkees.

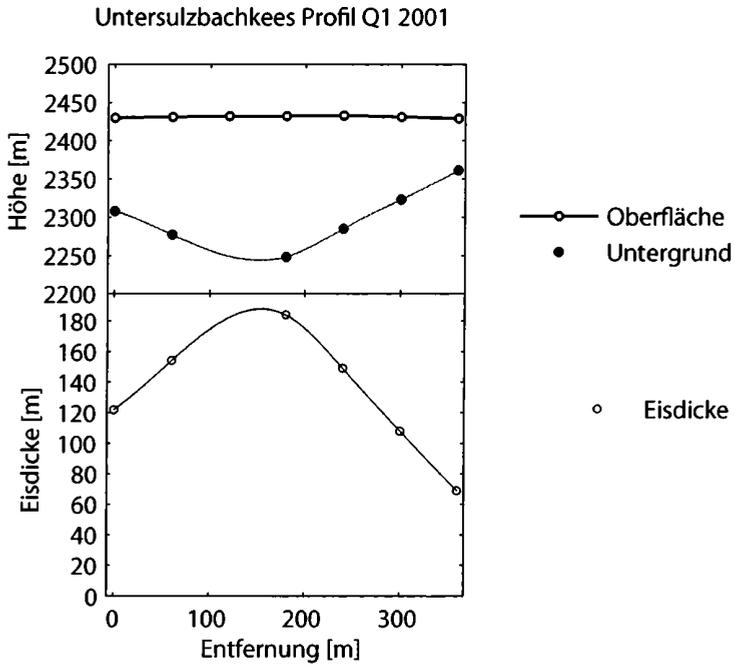


Abbildung 6.16. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils Q1 am Untersulzbachkees.

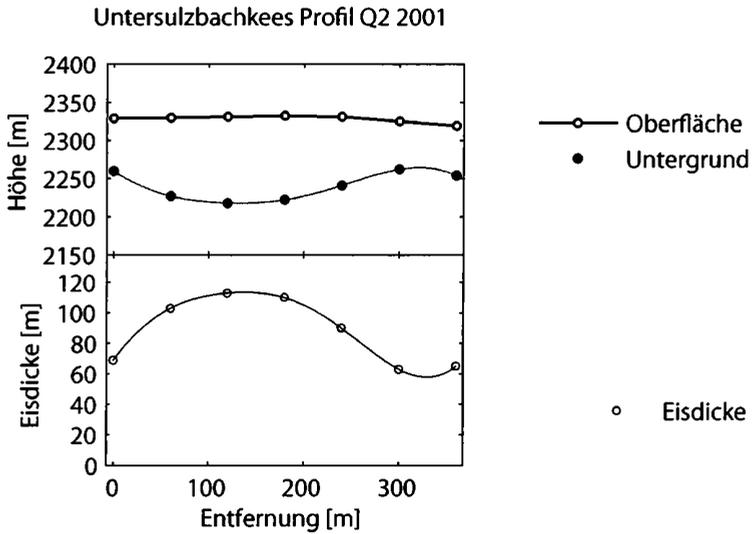


Abbildung 6.17. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils Q2 am Untersulzbachkees.

6.4 Obersulzbachkees

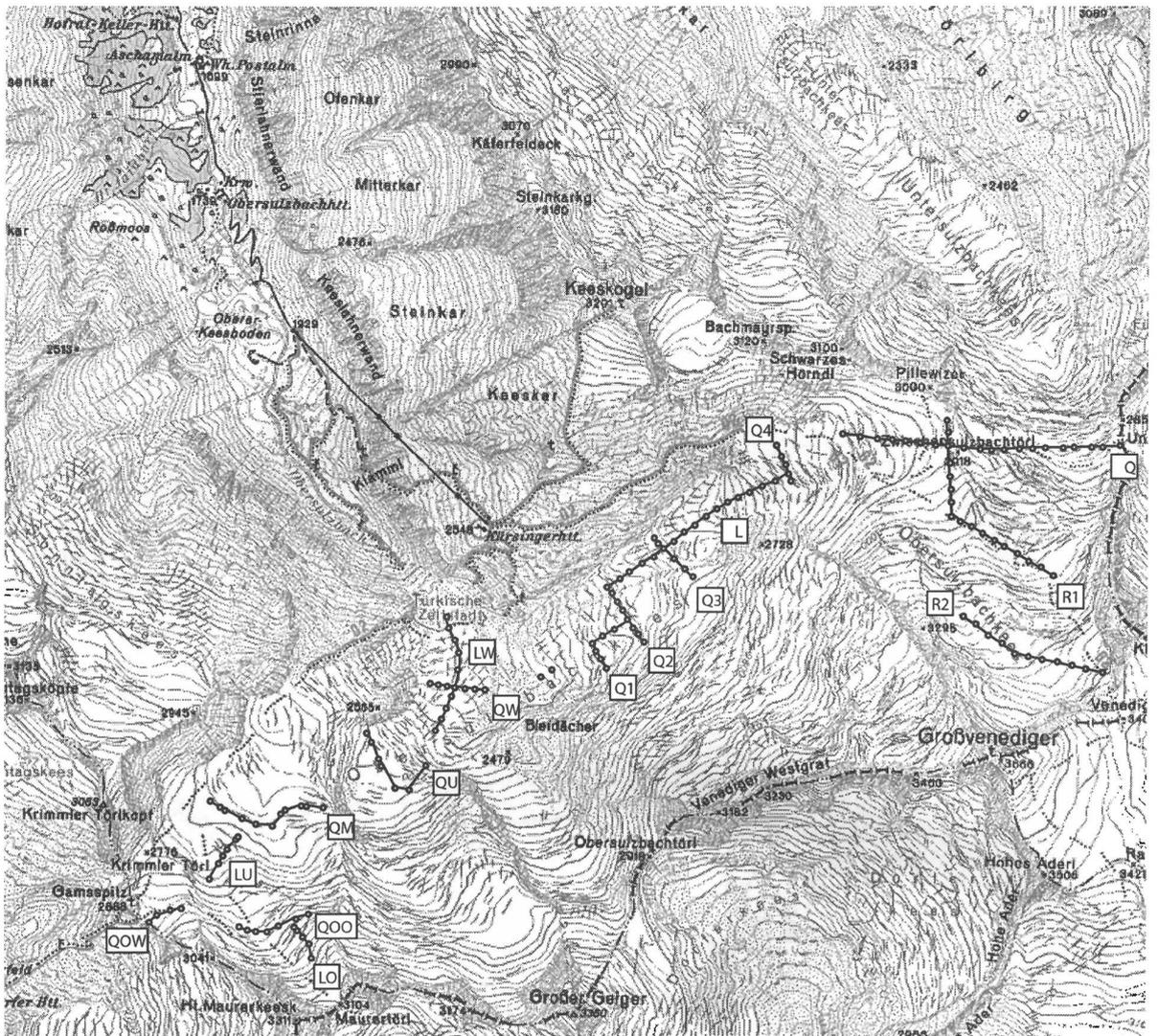


Abbildung 6.18. Karte des Obersulzbachkees (Venedigergruppe) mit Lage der Radarprofile. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

Das Obersulzbachkees ($47^{\circ} 6,8' N$ $12^{\circ} 18,1' O$) im Venedigergebiet ist mit einer Fläche von $11,0 \text{ km}^2$ (1998) der drittgrößte Gletscher Österreichs. Vier Eisströme fließen im Becken unterhalb der Kürsinger Hütte zusammen, wo sich in Zeiten höherer Gletscherstände ein berühmter Eisbruch, die sogenannte Türkische Zeltstadt befand. Schwankungen der Gletscherlänge werden durch den Gletschermessdienst des Österreichischen Alpenvereins seit 1849 erfasst. Um 1850 reichte die Zunge des Obersulzbachkees bis 1770 m herab. Die neuzeitlichen Schwankungen der Gletscher in der Venedigergruppe sind von Patzelt [22] beschrieben.

Zum Obersulzbachkees gibt es eine Reihe von historischen Dokumenten, z.B. [25] [26] [27] [28] [30]. An der Gletscherzunge wurde ein Gletscherlehrpfad eingerichtet [33]. In den Sommern 1973 und 1974 wurden seismische Eisdickenmessungen ausgeführt [5] bei denen Tiefen über 150 m gemessen wurden.

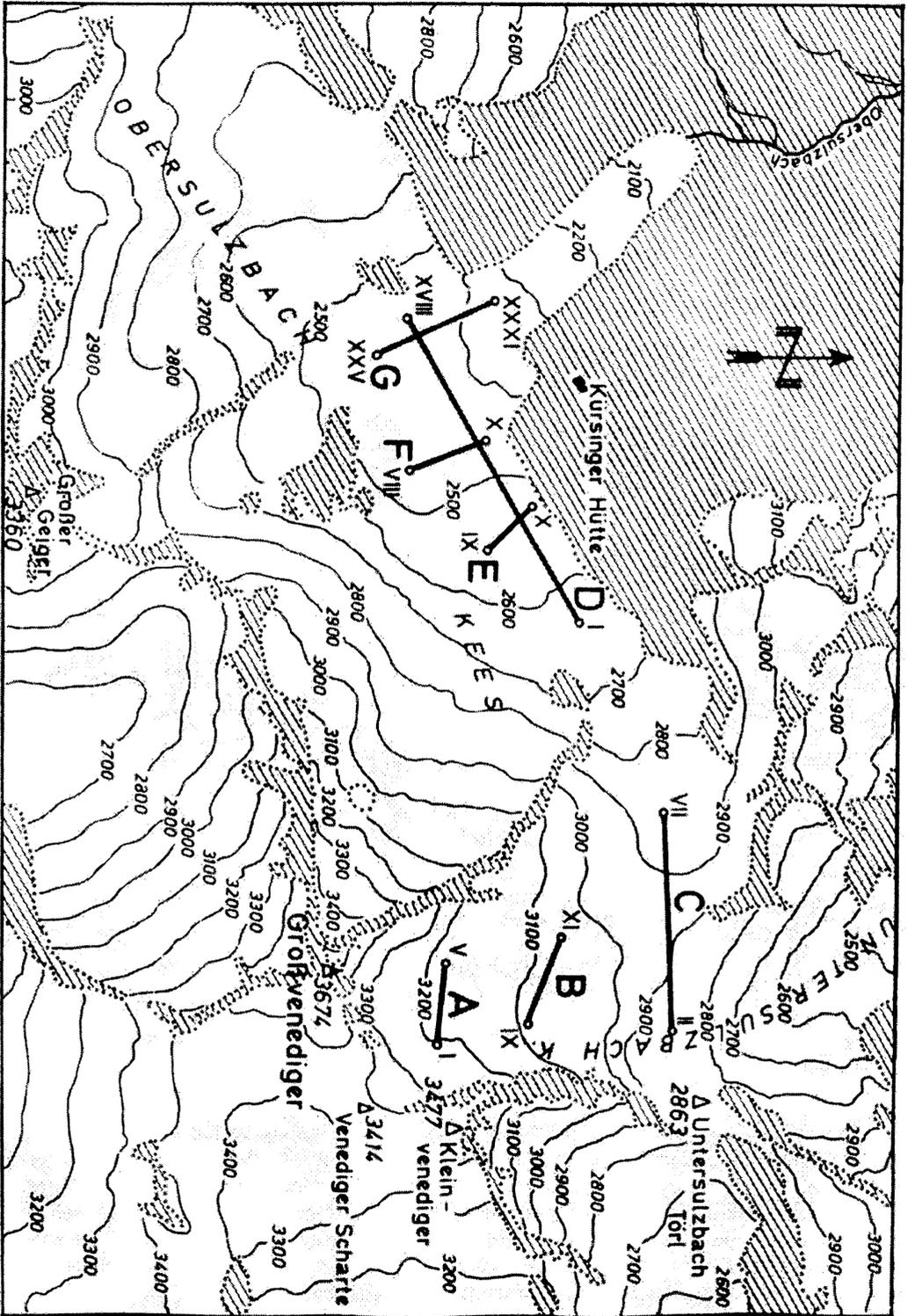
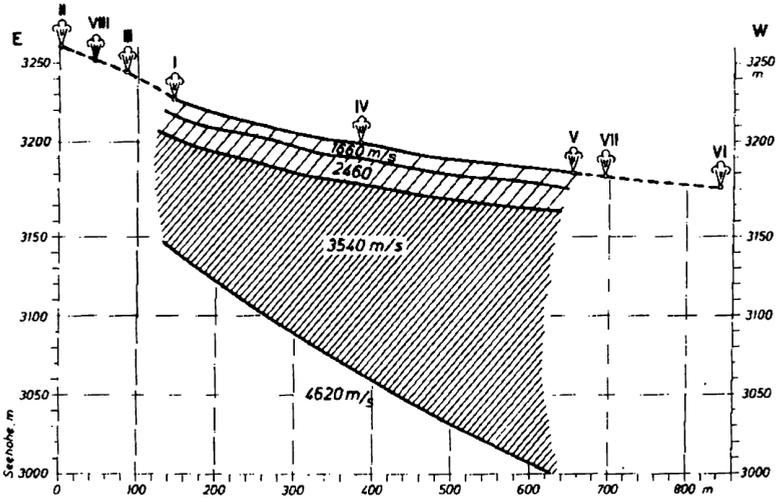
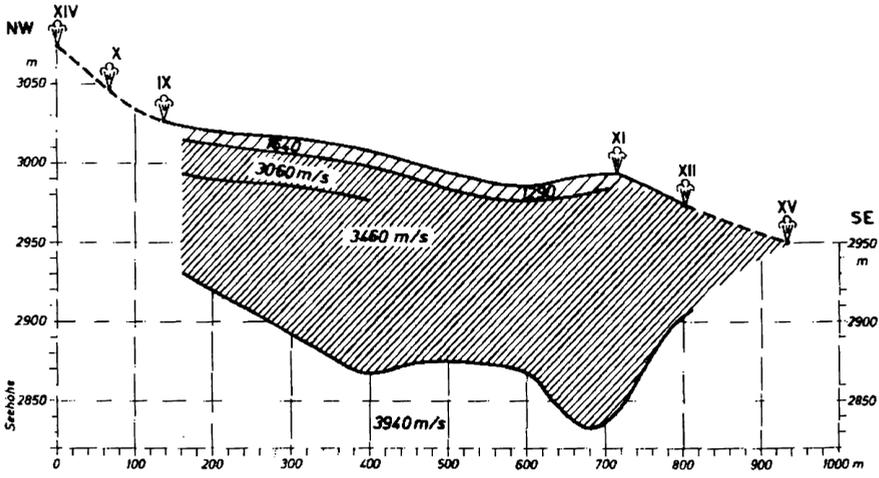


Abbildung 6.19. Karte mit dem am Obersulzbachkees in den Sommern 1973 und 1974 gemessenen Seismikprofilen (aus [4]).

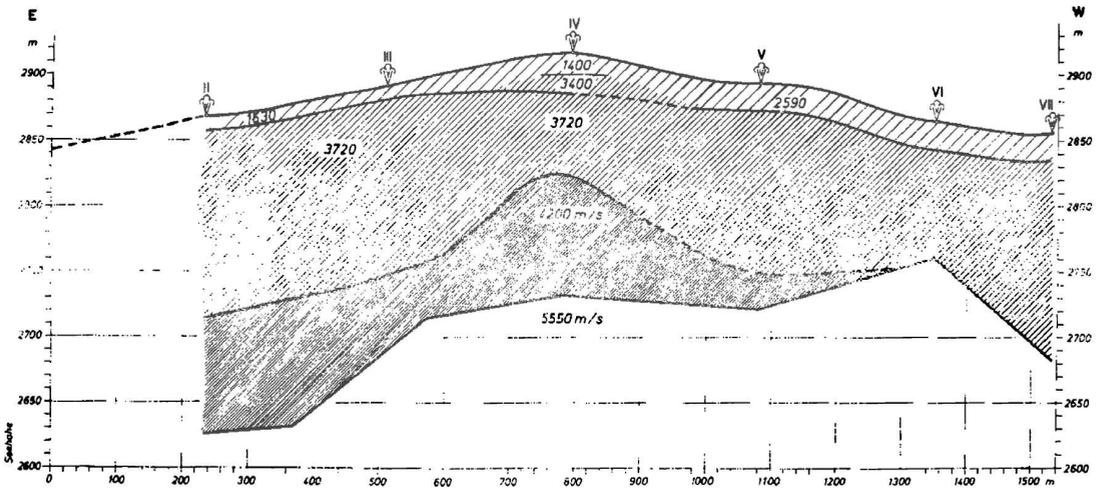


SEISMISCHE PROFILSCHNITTE - PROFIL A



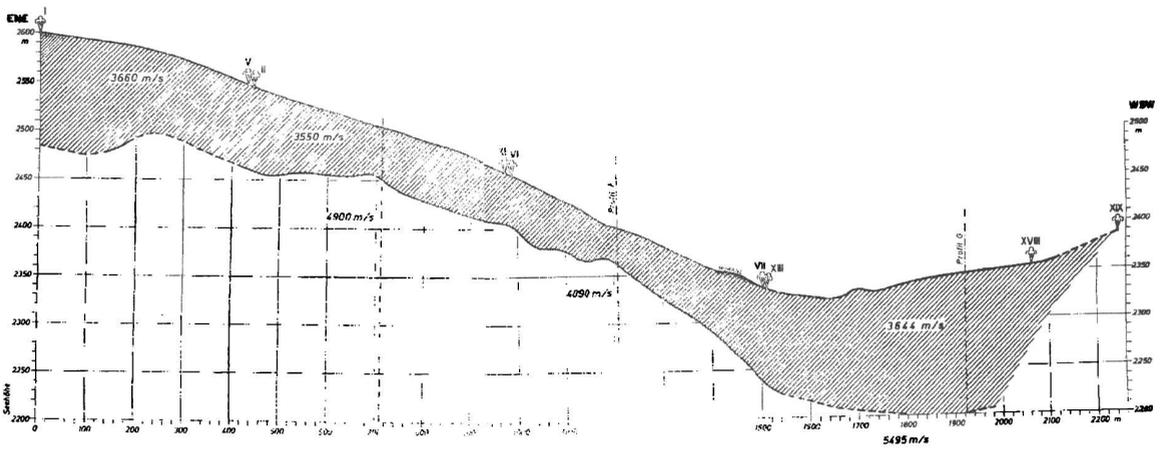
SEISMISCHE PROFILSCHNITTE - PROFIL B

Abbildung 6.20. Profile A und B aus Seismikmessungen (aus [4]).



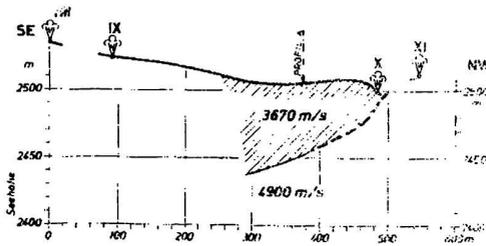
SEISMISCHE PROFILSCHNITTE - PROFIL C

Abbildung 6.21. Profil C aus Seismikmessungen (aus [4]).

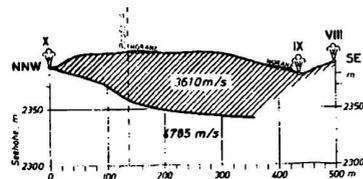


SEISMISCHE PROFILSCHNITTE - PROFIL D

Abbildung 6.22. Profile D aus Seismikmessungen (aus [4]).

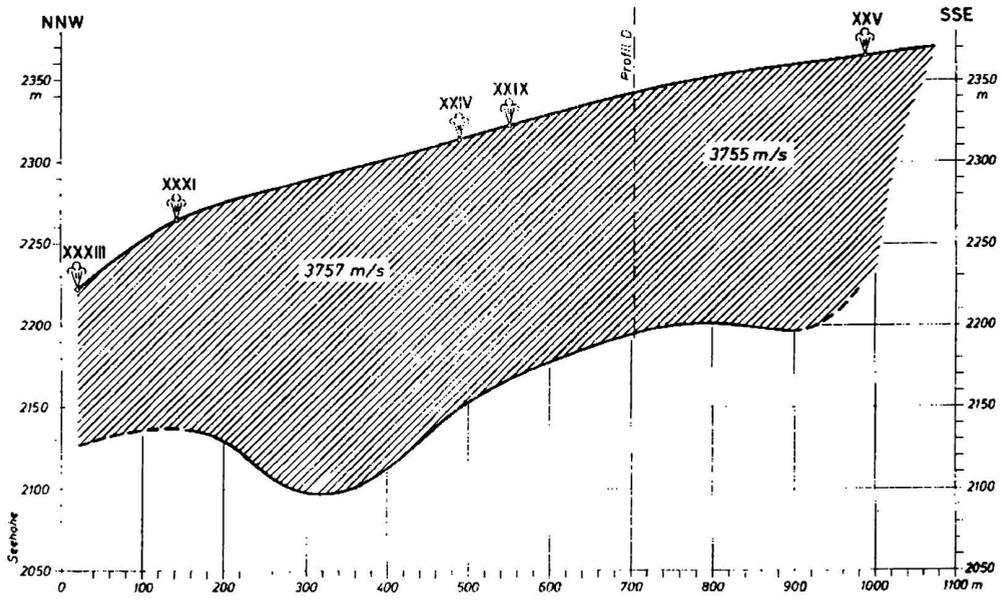


SEISMISCHE PROFILSCHNITTE - PROFIL E



SEISMISCHE PROFILSCHNITTE - PROFIL F

Abbildung 6.23. Profile E und F aus Seismikmessungen (aus [4]).



SEISMISCHE PROFILSCHNITTE - PROFIL G

Abbildung 6.24. Profil G aus Seismikmessungen (aus [4]).



Abbildung 6.25. Aufnahme des Krimmler Kees vom Mauertörl 2003.



Abbildung 6.26. Aufnahme des Obersulzbachkees mit Großvenediger vom Mauertörl 2003.



Abbildung 6.27. Firnbecken und Eisbruch unterhalb des Großen Geigers 2003.



Abbildung 6.28. Felsinsel im Westteil des Firnbeckens 2003.



Abbildung 6.29. Verbindung zwischen westlichen Firnbecken und Zunge aufgenommen oberhalb der Felsinsel im Westteil des Firnbeckens 2003.

Die Eisdickenmessungen mit Radar wurden am und am 10. und 11. Mai 2001 und am 03. und 04. April 2001 durchgeführt. Diese Daten wurden mit Eisdickenmessungen um Firngebiet am 11. Juni 2003 ergänzt. Die Eisdicke des westlichen Teils des Firnbeckens des Obersulzbachkees zwischen Maurertörl, Krimmler Törl und Großem Geiger wurde 2003 an 41 Punkten gemessen. Das benachbarte Krimmler Kees ist der dreizehntgrößte Gletscher Österreichs. Aufgrund der Steilheit und der vielen Spalten kann es jedoch nicht vermessen werden (Abbildung 6.25). Die Eisdicken bewegen sich im oberen Bereich um nur 35 Meter. Im Konfluenzbereich erreichen sie um die 60 Meter mit einem Maximum bei ca. 80 Metern. Während der Vermessungsarbeiten war der Gletscher bereits stark ausgeapert. Die Schneedecke war schon weitgehend umgewandelt. Das Firngebiet nordwestlich des Großvenedigers wurde nicht vermessen. Aus Abbildung 6.26 ist ersichtlich, daß dieses Gebiet wegen der kleinräumigen Strukturen (Spalten, Nunataks) nicht für GPR Messungen mit unseren Systemen geeignet ist. Dasselbe trifft für das Firnbecken unterhalb des großen Geigers zu (Abbildung 6.27). In diesem Bereich ist das Eisvolumen vermutlich gering, wie das stark konvexe Firnbecken und die Form des Eisbruches nahelegen. Das vermessene Gebiet ist östlich durch eine Felsrippe begrenzt. Auf ca. 2600 Metern fließt eine schmale Zunge über eine Felsstufe. Auf dieser Zunge konnten wegen des Blankeises keine Punkte gemessen werden (Abbildungen 6.28 und 6.29).

Die größten Eisdicken wurden in den Profilen L (165 m auf einer Höhe von 2878 m) und R2 (184 m auf einer Höhe von 3040 m) gemessen.

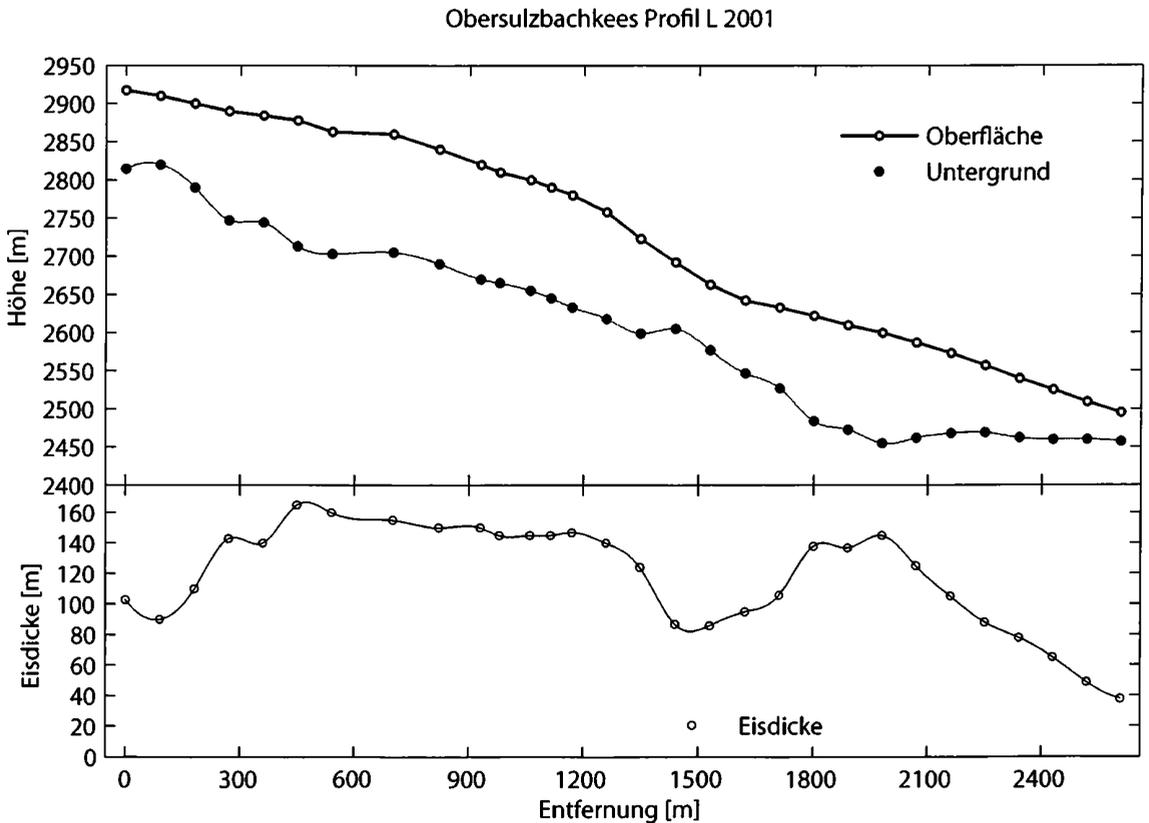


Abbildung 6.30. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils L am Obersulzbachkees.

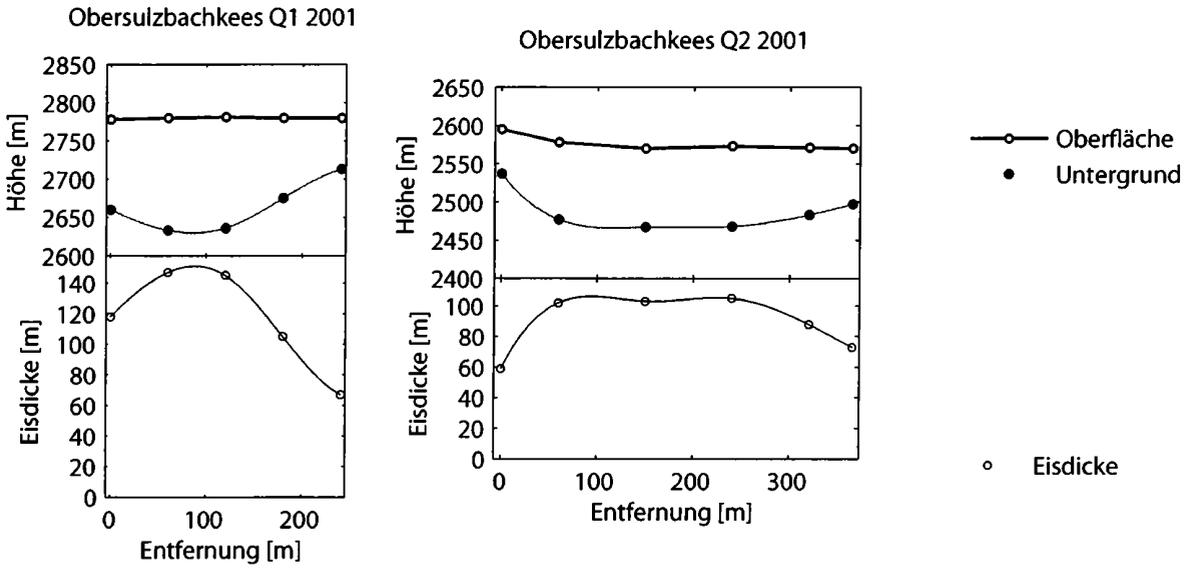


Abbildung 6.31. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang der Profile Q1 und Q2 am Obersulzbachkees.

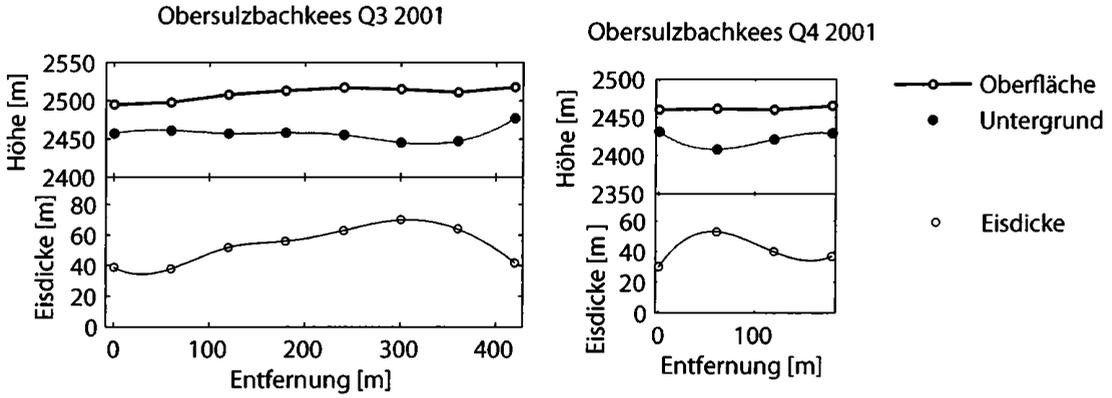


Abbildung 6.32. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang der Profile Q3 und Q4 am Obersulzbachkees.

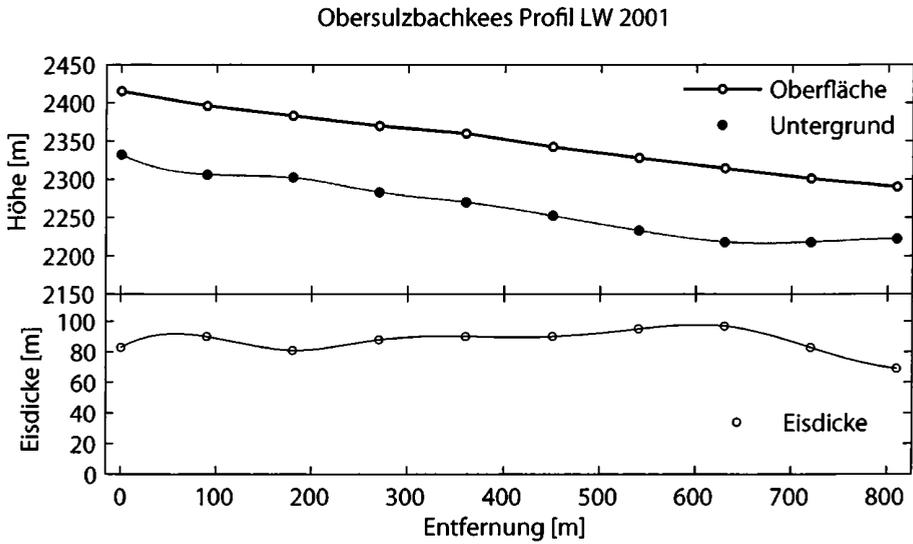


Abbildung 6.33. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils LW am Obersulzbachkees.

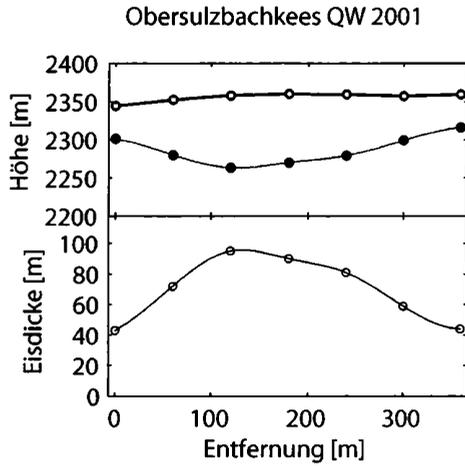


Abbildung 6.34. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Querprofils QW am Obersulzbachkees.

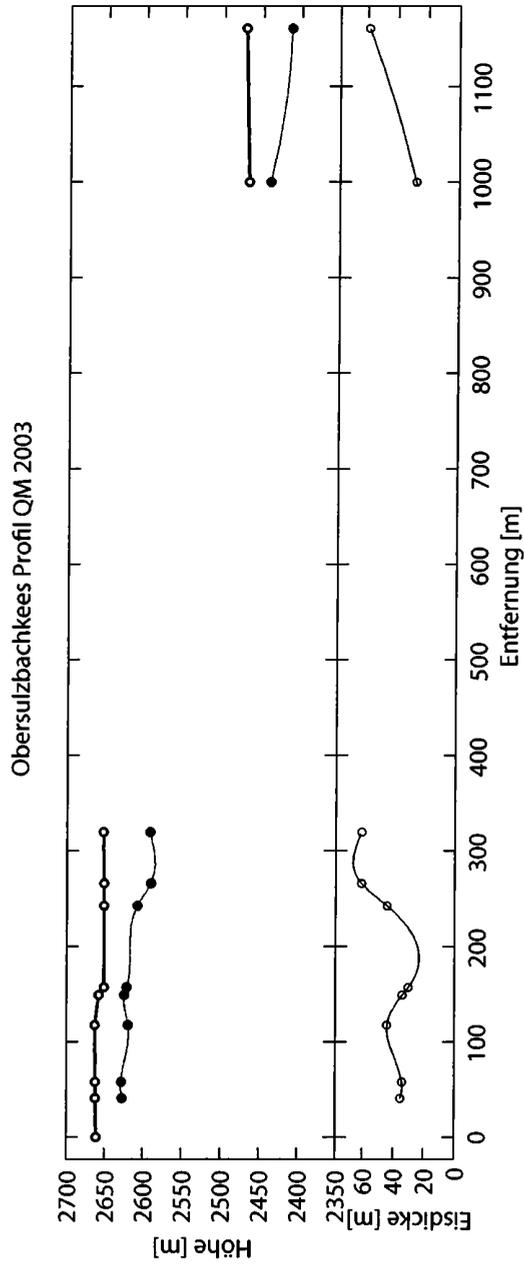


Abbildung 6.35. Gletscheroberfläche, 2003 gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils QM am Obersulzbachkees.

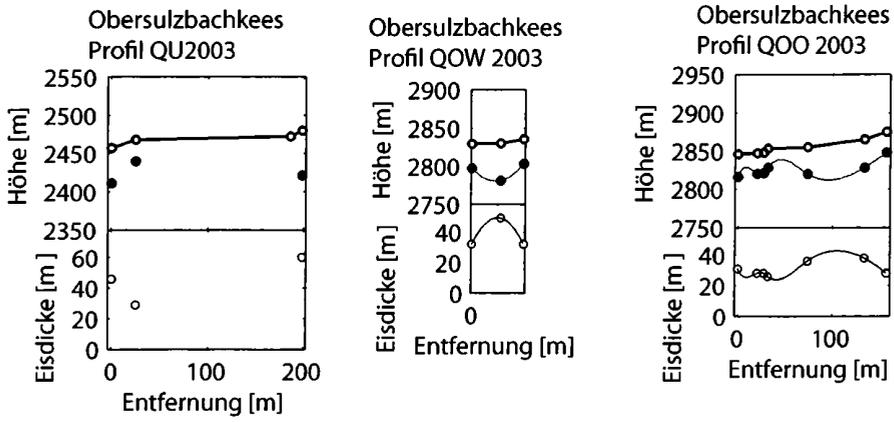


Abbildung 6.36. Gletscheroberfläche, 2003 gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang der Profile QU, QOO und QOW am Obersulzbachkees.

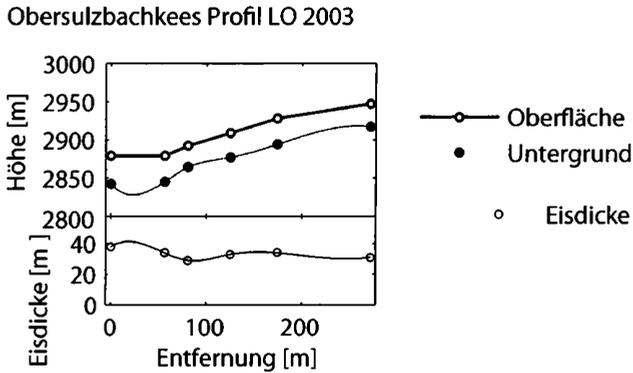


Abbildung 6.37. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils LM am Obersulzbachkees.

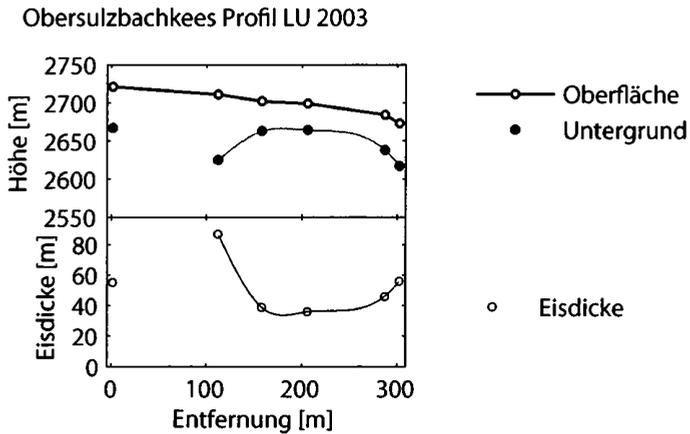


Abbildung 6.38. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils LU am Obersulzbachkees.

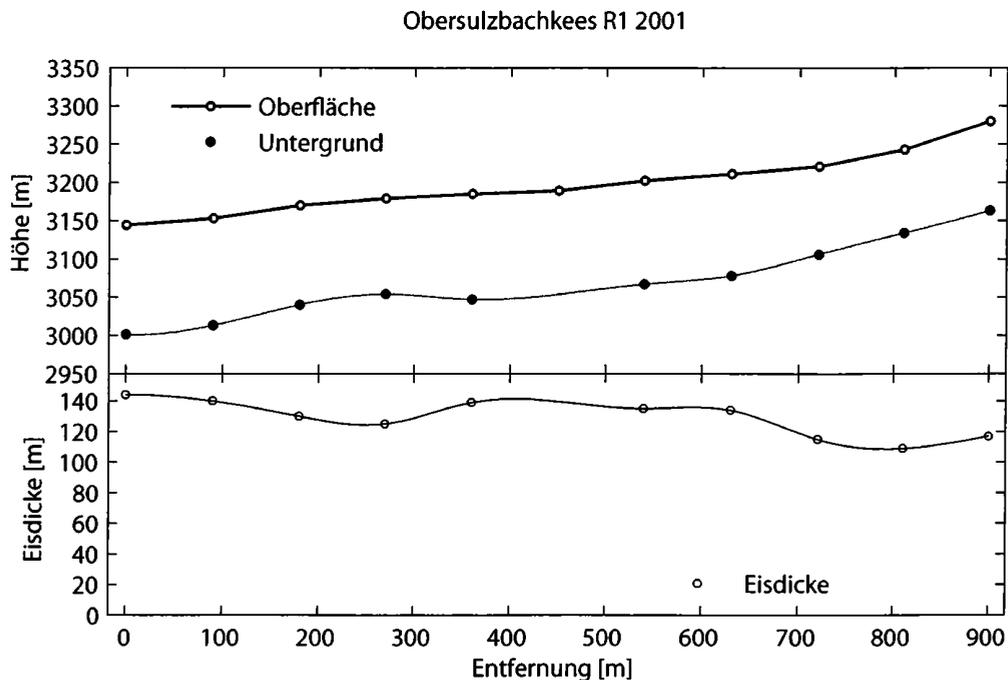


Abbildung 6.39. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils R1 am Obersulzbachkees.

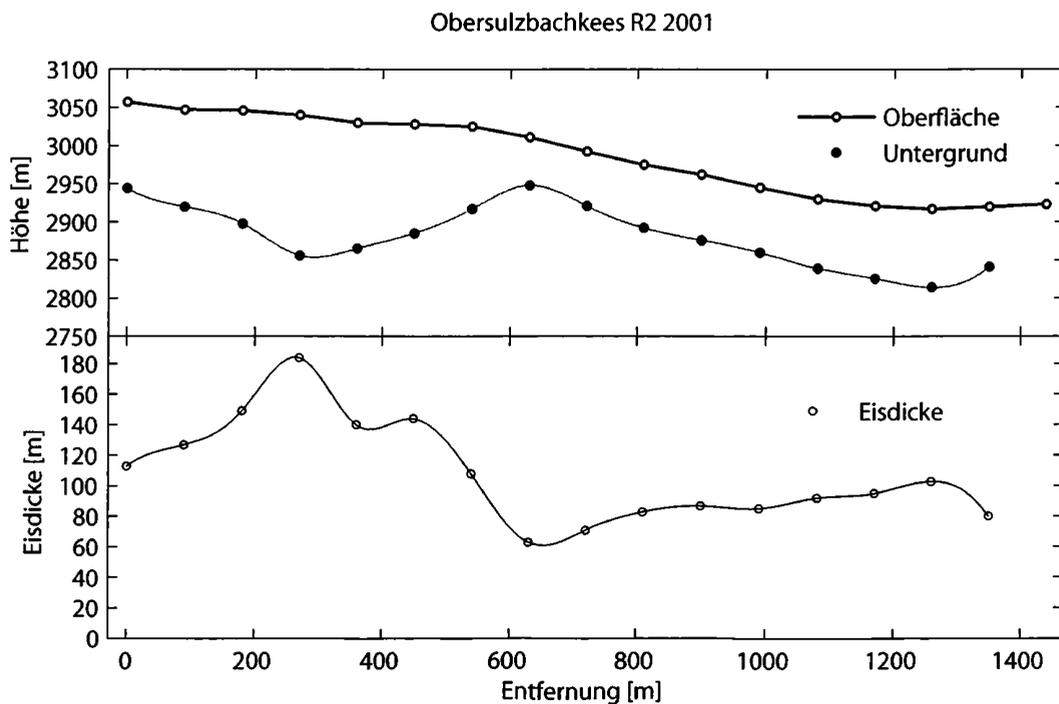


Abbildung 6.40. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils R2 am Obersulzbachkees.

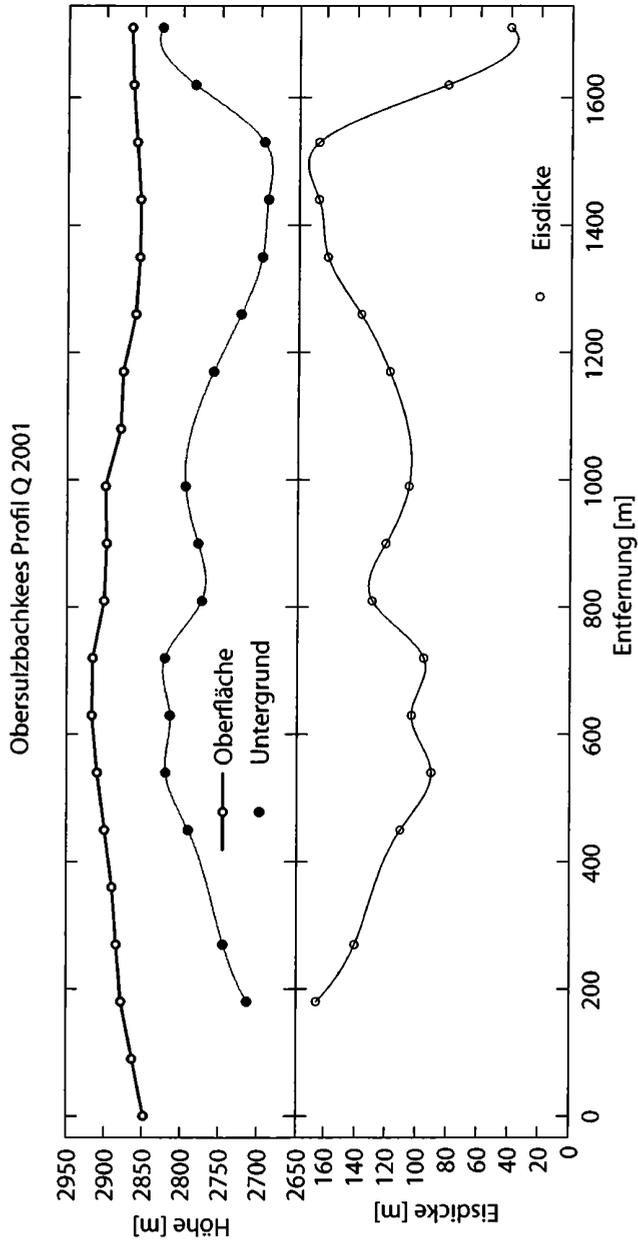


Abbildung 6.41. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils Q am Obersulzbachkees und Untersulzbachkees.

6.5 Schlatenkees

Das Schlatenkees ($47^{\circ} 6,7' N$, $12^{\circ} 23,1' O$) im Venedigergebiet hatte 1998 eine Fläche von $9,3 \text{ km}^2$ (1998). Bereits 1977 wurden am Schlatenkees seismische Eisdickenmessungen im Firngebiet durchgeführt [1]. Damals wurden Eisdicken bis zu 105 m gemessen.

Die Eisdickenmessungen mit Radar wurden im Firngebiet am 03. und 04.04.01 durchgeführt, die Messungen an der Gletscherzunge am 28.05.2005. Die von den Messungen nicht abgedeckten Bereiche sind sehr spaltig, wie die Fotos in den Abbildungen 6.44 und 6.44 zeigen. Die Signale in Profil M im Firngebiet waren zum Teil nicht auswertbar.

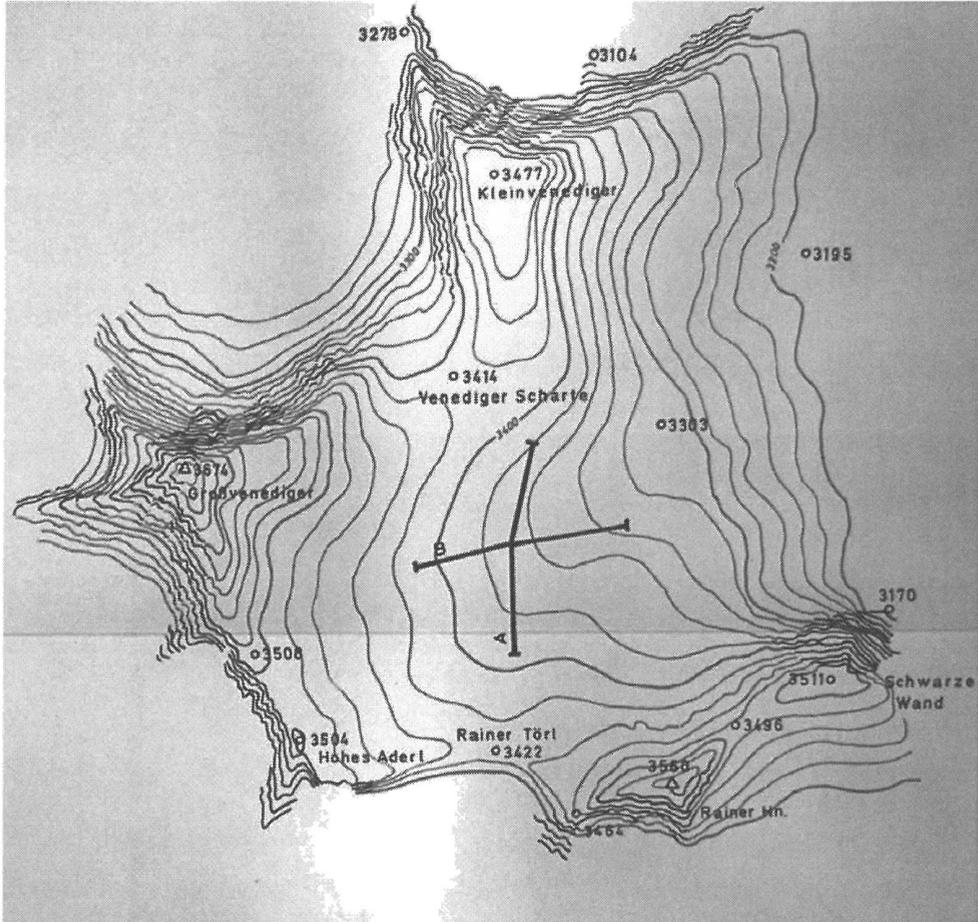


Abbildung 6.42. Karte der Seismikprofile 1977 am Schlatenkees aus [1].

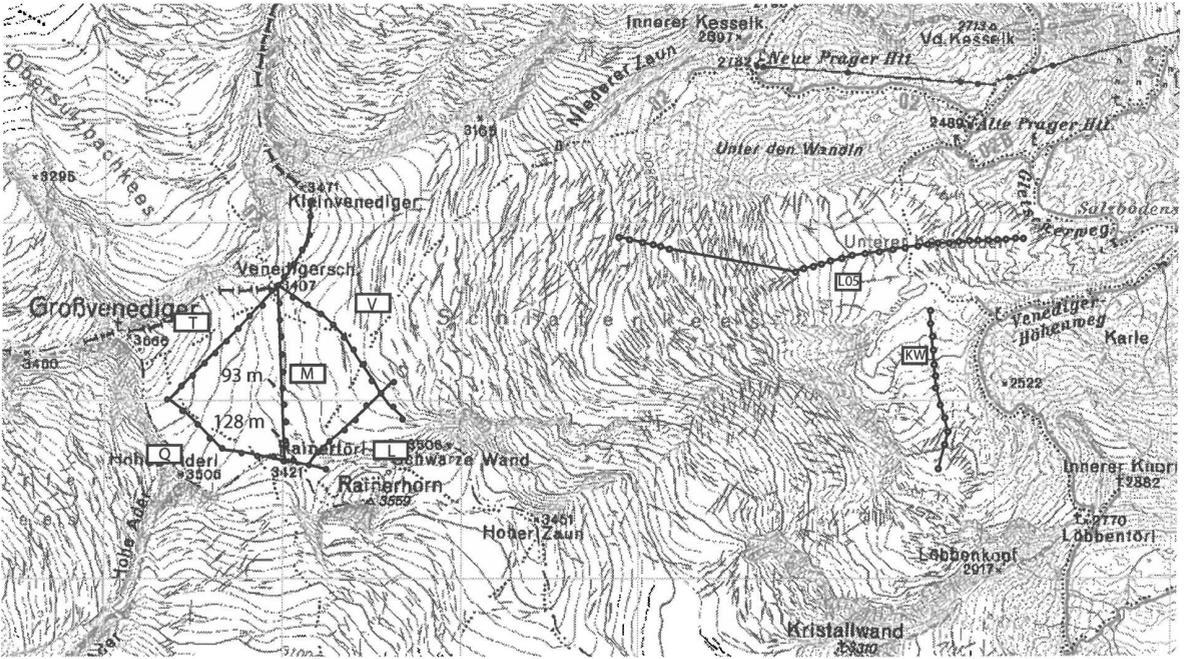


Abbildung 6.43. Karte des Schlatenkees (Venedigergruppe) mit Lage der Radarprofile. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.



Abbildung 6.44. Foto von der Zunge des Schlatenkees Richtung Großvenediger.



Abbildung 6.45. Eisbrüche unterhalb des Rainerhorns und der Schwarzwand

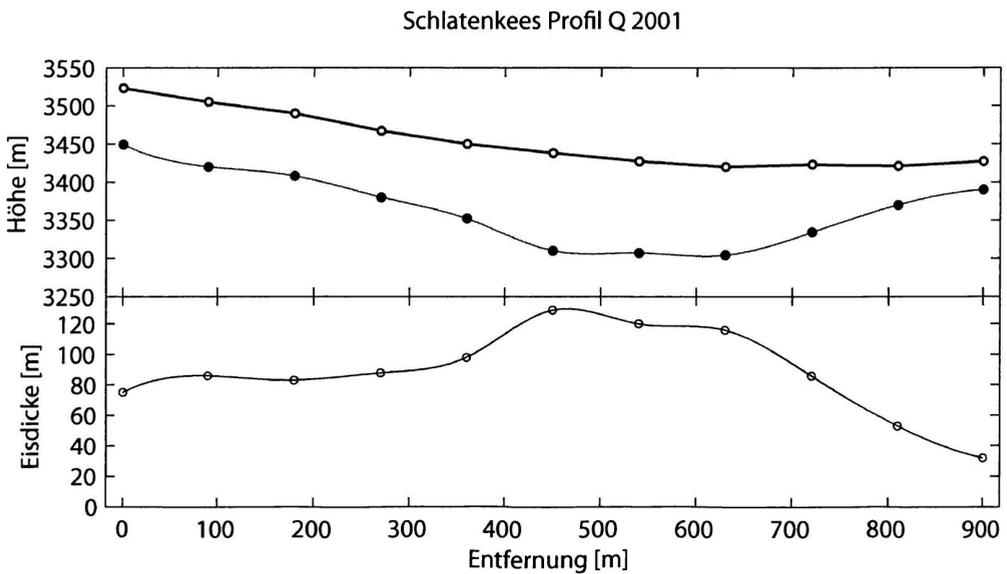


Abbildung 6.46. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils Q am Schlatenkees.

Schlatenkees Profil L 2001

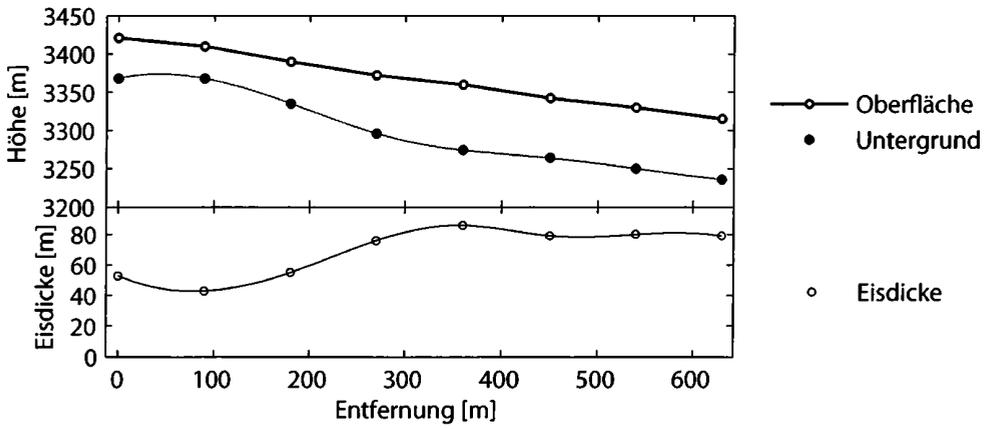


Abbildung 6.47. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils L am Schlatenkees.

Schlatenkees Profil T 2001

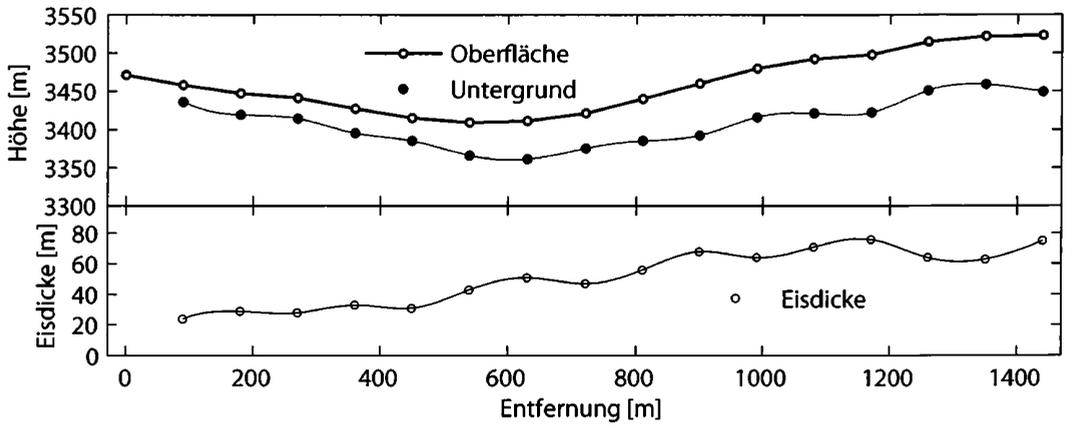


Abbildung 6.48. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils T am Schlatenkees.

Schlatenkees Profil V 2001

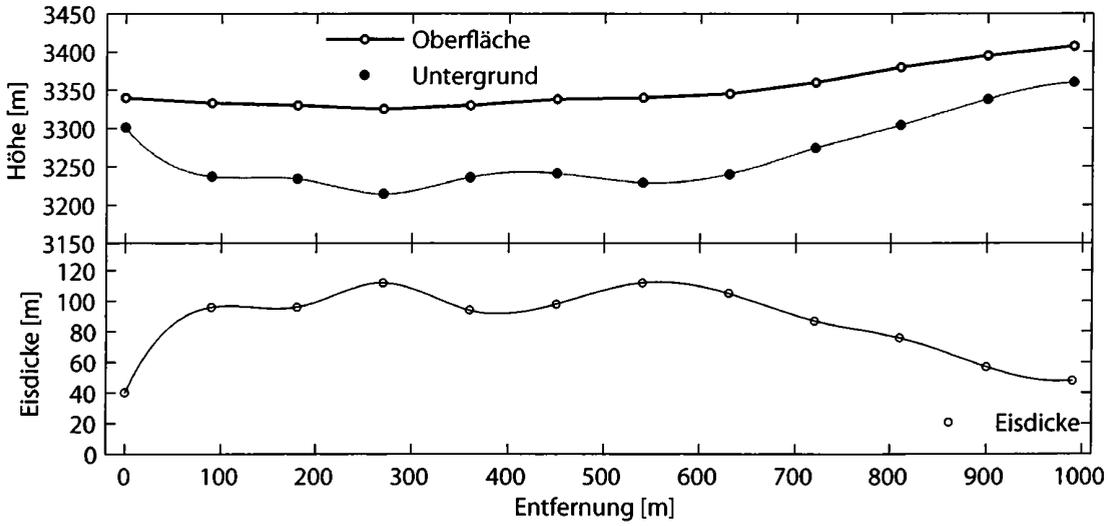


Abbildung 6.49. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils V am Schlatenkees.

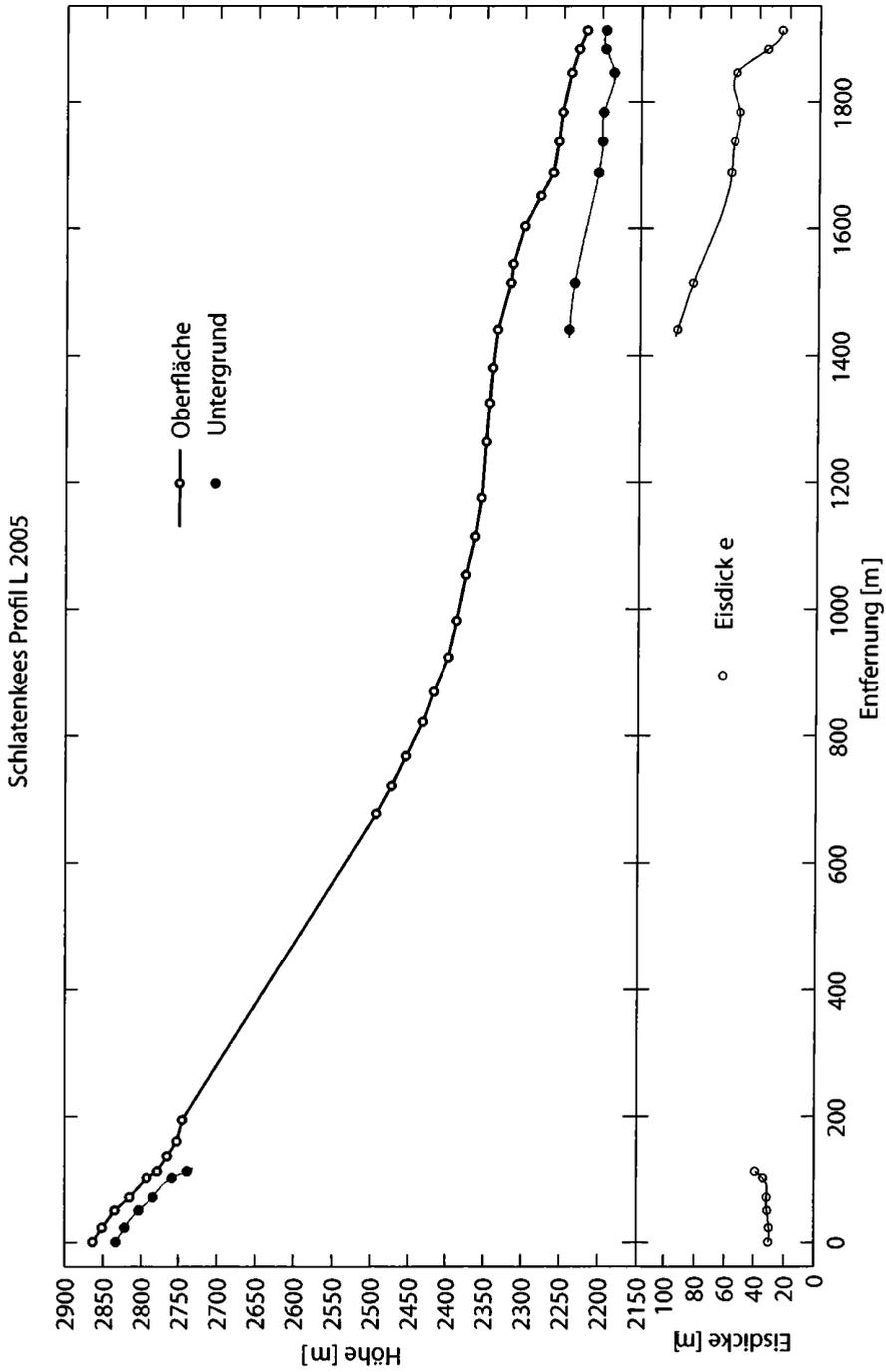


Abbildung 6.50. Gletscheroberfläche, gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils L05 am Schlatenkees.

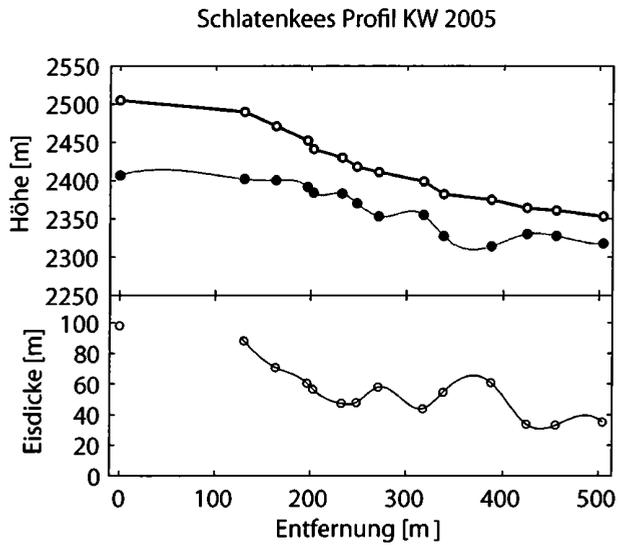


Abbildung 6.51. Gletscheroberfläche, berechneter Untergrund und gemessene Eisdicken entlang des Profils KW am Schlatenkees.

6.6 Umbalkees

Das Umbalkees (47° 3,4' N, 12° 14,5' O) ist mit einer Fläche von 4,7 km² (1998) einer der größten Gletscher Österreichs. Mit 70,3 m wies er im Jahr 2003 die größte Rückzugsrate aller 97 vom Gletschermessdienst des ÖAV jährlich vermessenen österreichischen Gletscher auf.

Da das Gebiet schwer zu erreichen ist, wurde ein Hubschrauberflug zum Antransport von Mannschaft und Material durchgeführt. Die Weitläufigkeit des Gletschers, insbesondere die Anmarschzeiten zu den verschiedenen Firnbecken erforderten zwei Übernachtungen im Philip Reuter Biwak. Wie aus den Abbildungen 6.57 und 6.54 ersichtlich, ist das Umbalkees relativ spaltig. Die Schneeaufgabe war zur Zeit der Messung dünn. Die Profile mussten daher unter Berücksichtigung dieser Risiken gelegt werden. Das Umbalkees besteht aus einigen Firnbecken und zwei durch eine Felsinsel geteilte Zungen. Durch diese beiden Zungen wurden Längsprofile gelegt (Längsprofil Gubachspitze und Reggentörl). Entlang des Hauptstromes (Längsprofil Gubachspitze) wurden zwei kleine Querprofile gemessen (Mitte, Unten). Um die Eisdicke im oberen Teil zu erfassen, wurde ein Querprofil auf ca. 3100 m Seehöhe durch das gesamte Firngebiet gelegt. Leider war es nicht möglich, das Profil bis unter die Dreierrennspitze zu führen, da der Eisbruch dort unpassierbar war. In das weitläufige obere Firnbecken unterhalb der Simonyspitze wurden zwei Längsprofile (Simony West und Ost) gelegt. Im östlichen Teil des Umbalkees unterhalb der Malhamspitzen wurden noch einige Punkte gemessen.

Im größten Teil des Firngebietes des Umbalkees sind die Eisdicken, wie beim ebenfalls 2003 vermessenen Mullwitzkees (Rainerkees), eher gering. Ausnahmen stellen die Firnbecken unterhalb der Simonyspitze und unterhalb des Reggentörls dar, wo die Eisdicken bis zu 100 bzw. bis zu 75 Meter erreichen. In niedrigeren Höhenstufen weist das Umbalkees - bedingt durch die Topographie des Bettes, die die Eismassen in eine relativ schmale Zunge leitet - deutlich größere Eisdicken auf als das Mullwitzkees. Die maximale Eisdicke wurde mit 120 Metern im unteren Teil des Längsprofils Gubachspitze auf 2550 Metern (GPS Punkt 80) gemessen. In diesem Bereich kommen beide Zungen zusammen, wobei die Breite des Gletscherbettes annähernd gleich bleibt.

Im Längsprofil Simony West ist das Eis bis zu 100 m dick. In diesem Bereich wird auch eine Beckenstruktur erkennbar, die im östlichen Profil nicht so deutlich zu erkennen ist. Das östliche Profil ist näher am Gletscherrand, und so dürfte das westliche Profil mehr im Hauptstrom des Eises liegen, so daß es dort zu einer stärkeren Eintiefung und Formung des Untergrundes gekommen ist. Die Eisdicken in dieser Höhenstufe sind wesentlich höher als in anderen Bereichen des Umbalkees in derselben Höhenlage, wo sich keine Becken gebildet haben. Entlang des oberen Querprofils sind die mittleren Eisdicken mit ca. 40 Metern eher gering. Die Oberfläche weist in diesem Bereich eine durchschnittliche Steilheit von 20 Grad auf, während der Bereich der Längsprofile Simonyspitze nur ca. 10 Grad steil ist.

Das Längsprofil Gubachspitze zeigt geringe Eisdicken im oberen Teil. In einer Höhe von 2800 Metern, wo die eigentlich Zunge beginnt, steigt die Eisdicke an. Im Untergrund sind zwei markante Stufen zu erkennen. Die erste dieser Stufen befindet sich auf 2700 Metern, wo vermutlich in Zeiten größerer Vereisung das Althauskees das Umbalkees erreicht hat. Die Eisdicke beträgt dort um die 80 Meter. Die zweite dieser Stufen liegt an der Stelle des Zusammenflusses beider Zungen des Keeses. Dort wurde auch die größte Eisdicke gemessen. Unterhalb des Reggentörls sind die maximalen Mächtigkeiten geringer als unterhalb der Gubachspitze. Zwischen 2800 und 2700 Metern Höhe befinden sich zwei Mulden sowohl an der Eisoberfläche als auch im Untergrund. Die beiden Querprofile auf Höhen von ca. 2800 und 2600 Metern zeigen ein klassisch parabolisches Bett mit maximalen Dicken von ca. 100 Metern. Der Gletscher unterhalb der Malhamspitzen fließt über eine Felsstufe in Richtung des Profils Reggentörl. Hinter dieser Kante befinden sich einige Mulden und Windkolke, die auf eine eher geringe Mächtigkeit in diesem Bereich hindeuten. Dieser Eindruck wurde durch die Messungen von Eisdicken zwischen 40 und 60 m bestätigt.

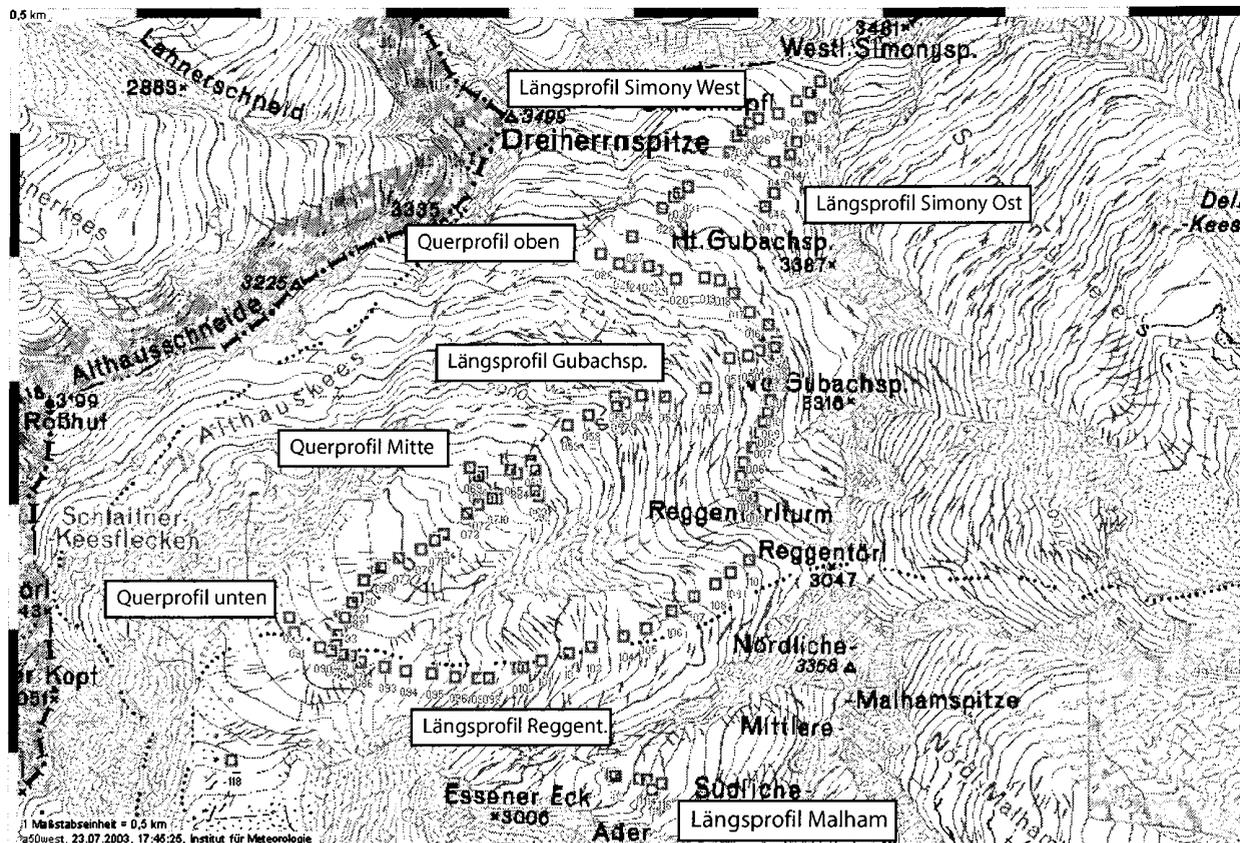


Abbildung 6.52. Karte des Umbalkees (Venedigergruppe) mit Lage der Radarprofile. Quelle: Amap 3D 1:50 000 BEV.



Abbildung 6.53. Panoramabild des Umbalkees am Beginn der Radarmessung (2. Juni 2003-
Aufnahmestandort: Philip-Reuter-Biwak

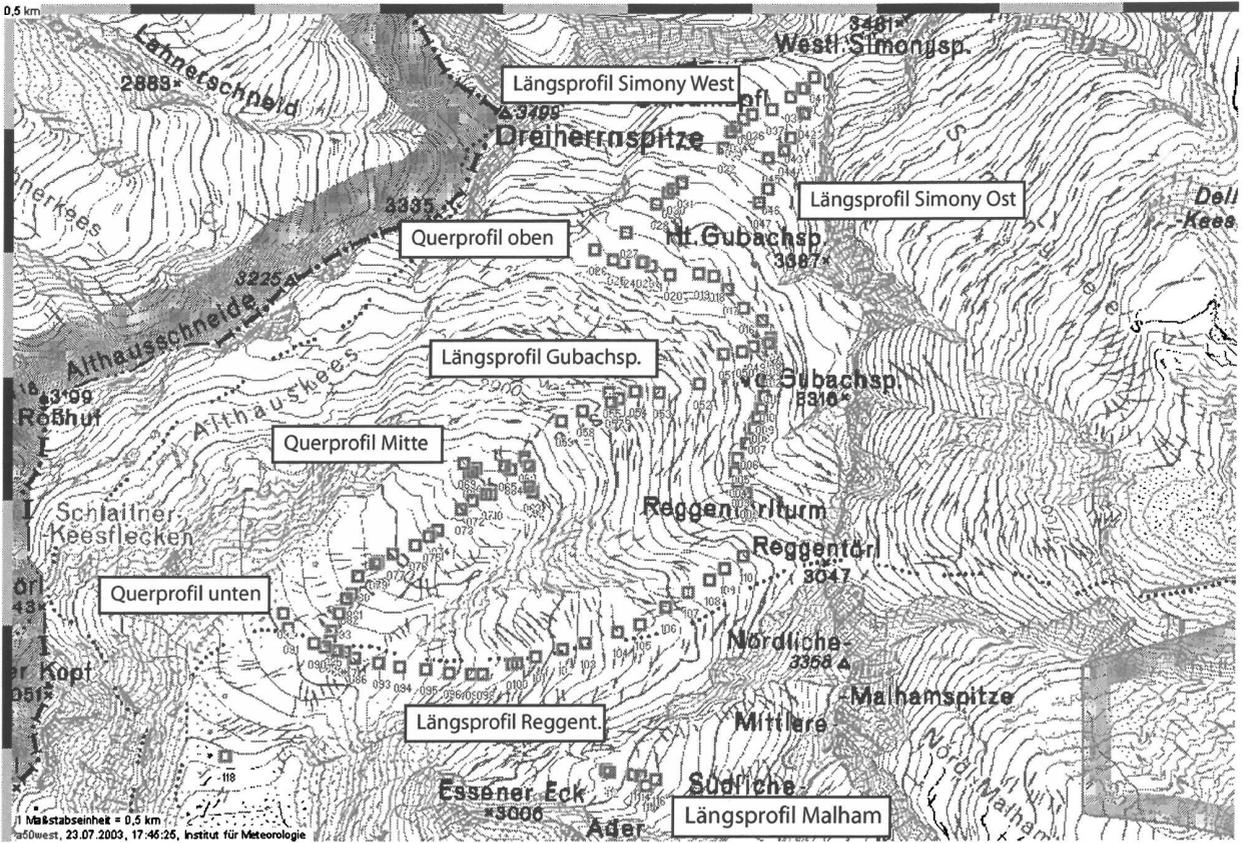


Abbildung 6.52. Karte des Umbalkees (Venedigergruppe) mit Lage der Radarprofile. Quelle: Amap 3D 1:50 000 BEV.



Abbildung 6.53. Panoramabild des Umbalkees am Beginn der Radarmessung (2. Juni 2003-
Aufnahmestandort: Philip-Reuter-Biwak



Abbildung 6.54. Messung im Querprofil Mitte unterhalb des Gletscherbruches.

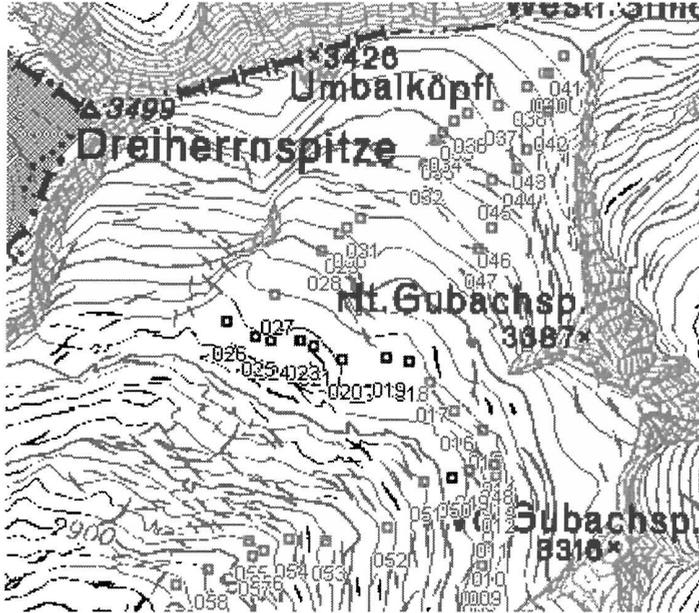


Abbildung 6.55. Lage der Messpunkte der Längsprofile Simony Ost und Simony West.

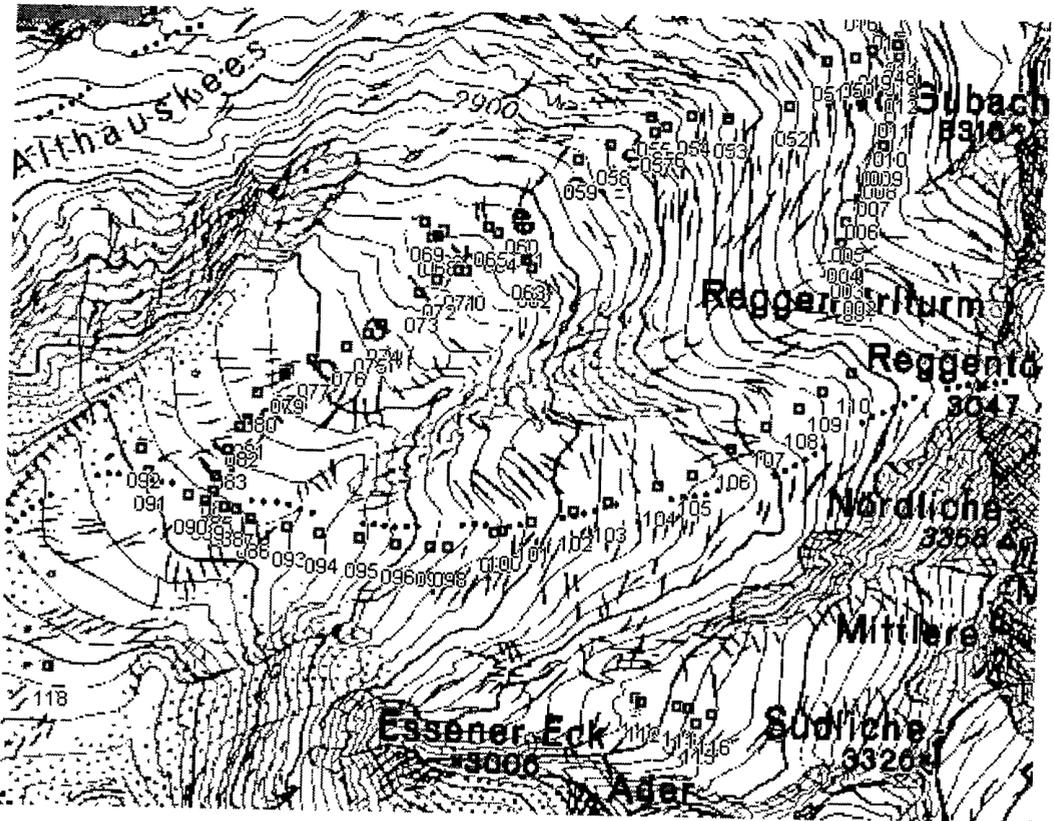


Abbildung 6.56. Lage der Messpunkte der Längsprofile Gubachspitze, Reggentörl und der Querprofile oben, Mitte und unten.

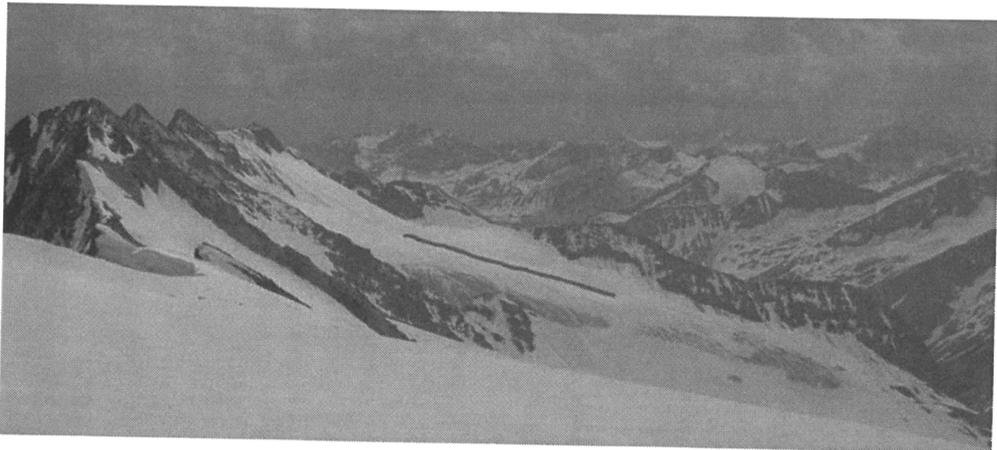


Abbildung 6.57. Längsprofil unter der Mittleren Malhamspitze.

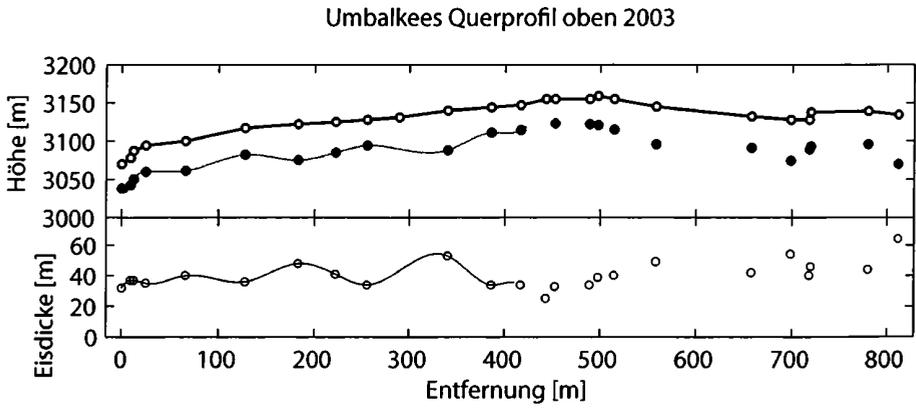


Abbildung 6.58. Gletscheroberfläche (barometrisch gemessen), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des oberen Querprofils am Umbalkees.

Umbalkees Querprofil Mitte 2003

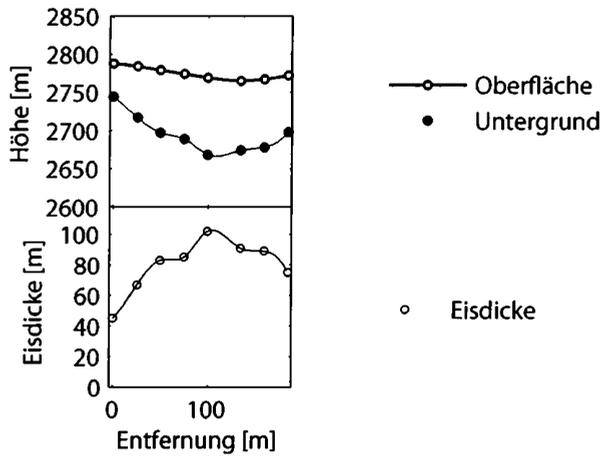


Abbildung 6.59. Gletscheroberfläche (barometrisch gemessen), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des mittleren Querprofils am Umbalkees.

Umbalkees Querprofil unten 2003

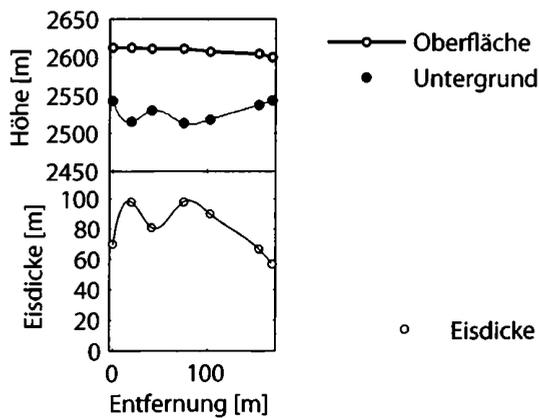


Abbildung 6.60. Gletscheroberfläche (barometrisch gemessen), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des unteren Querprofils am Umbalkees.

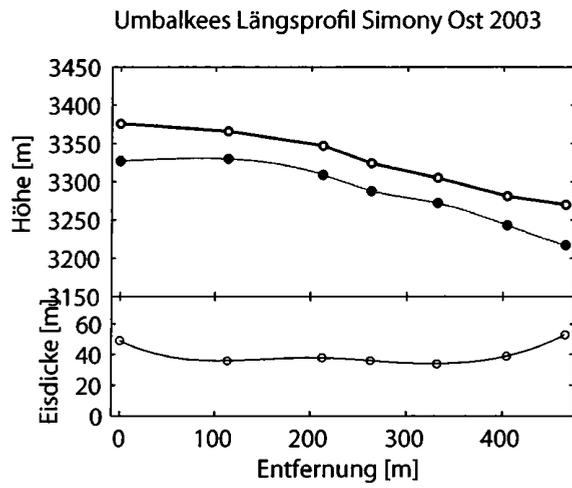


Abbildung 6.61. Gletscheroberfläche (barometrisch gemessen), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Längsprofils Simony Ost am Umbalkees.

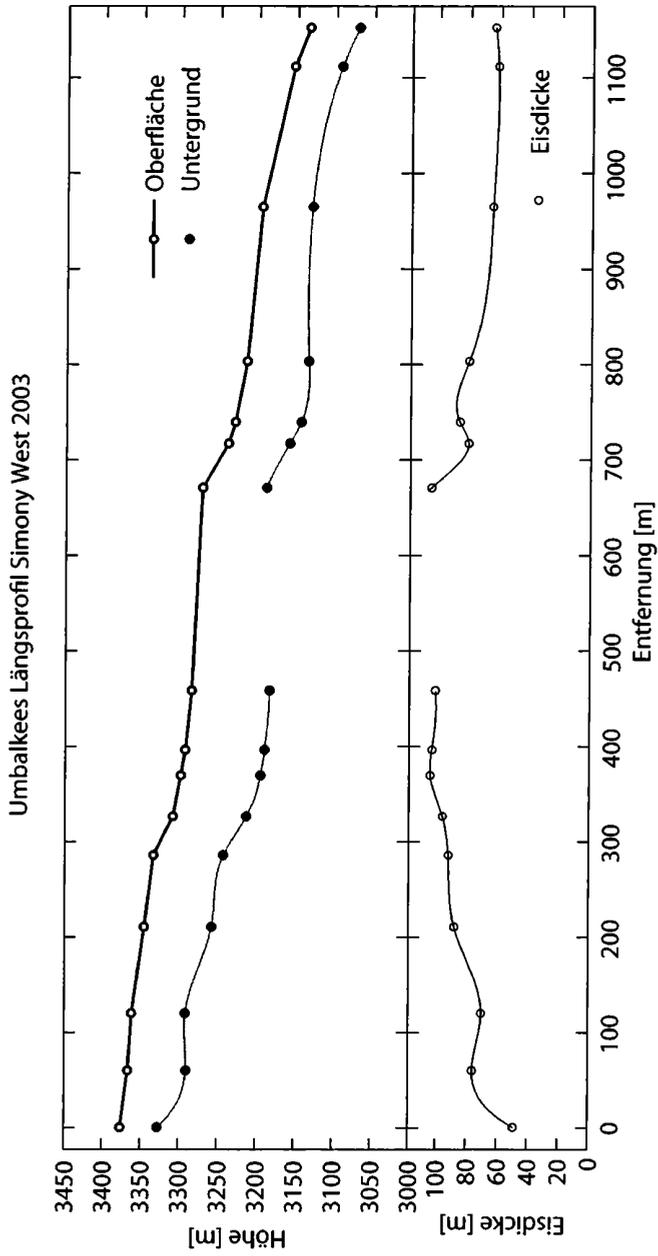


Abbildung 6.62. Gletscheroberfläche (barometrisch gemessen), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Längsprofils Simony West am Umbalkees.

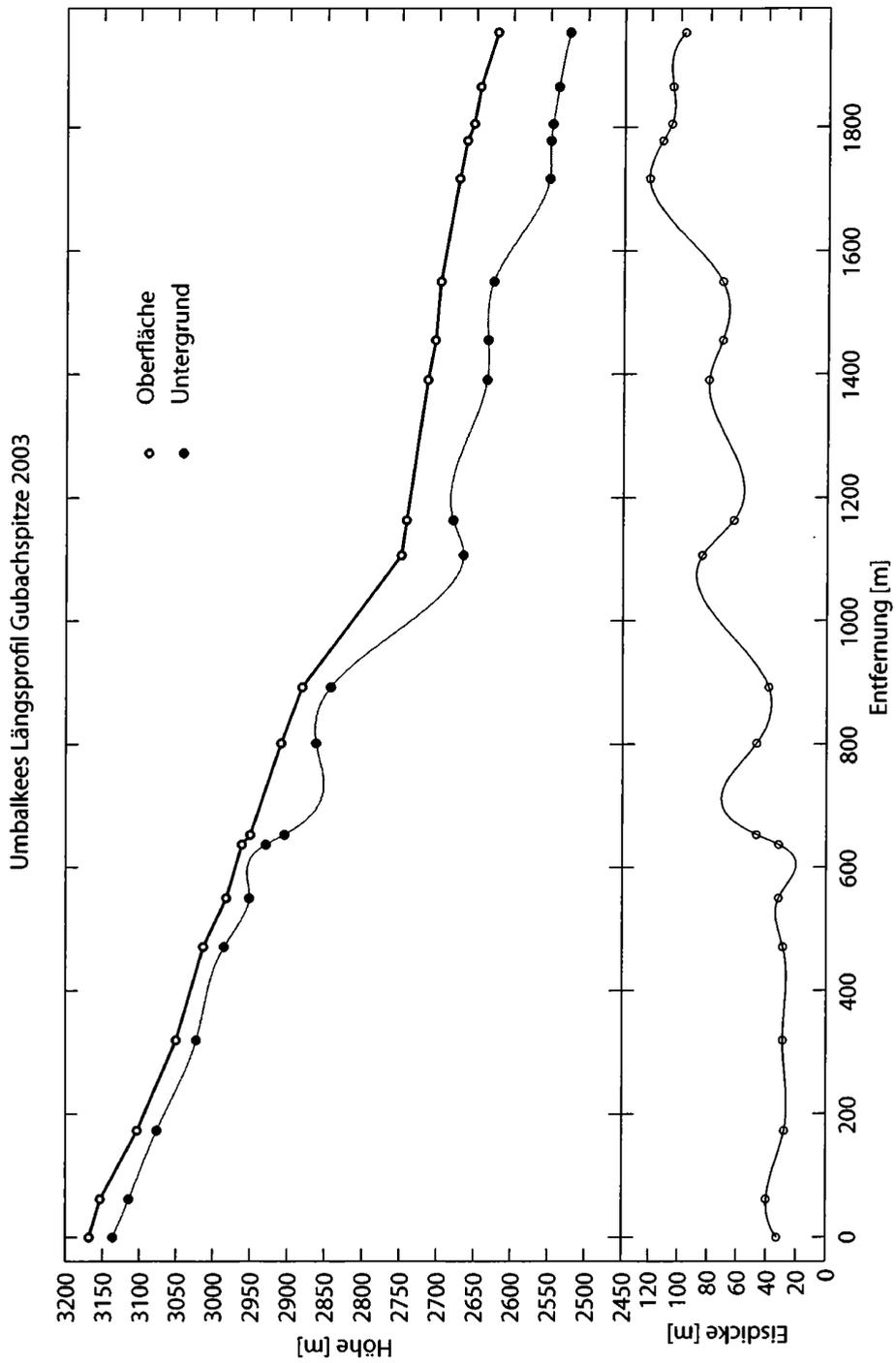


Abbildung 6.63. Gletscheroberfläche (barometrisch gemessen), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Längsprofils Gubachspitze am Umbalkees.

Umbalkees Längsprofil Reggentörl 2003

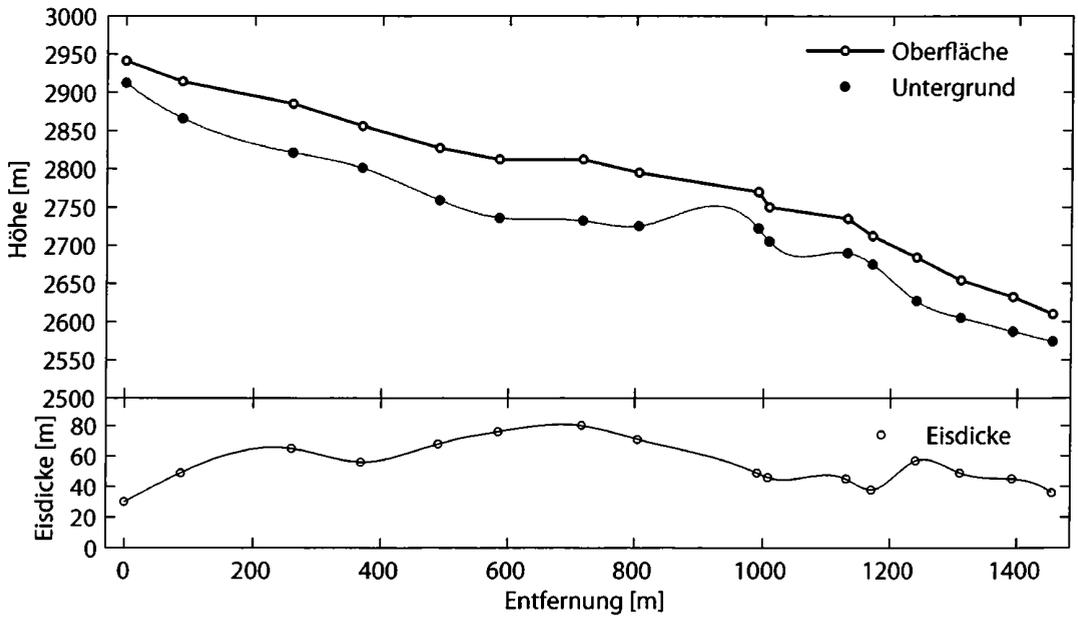


Abbildung 6.64. Gletscheroberfläche (barometrisch gemessen), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Längsprofils Reggentörl am Umbalkees.

Hohe Tauern

7.1 Schmiedingerkees

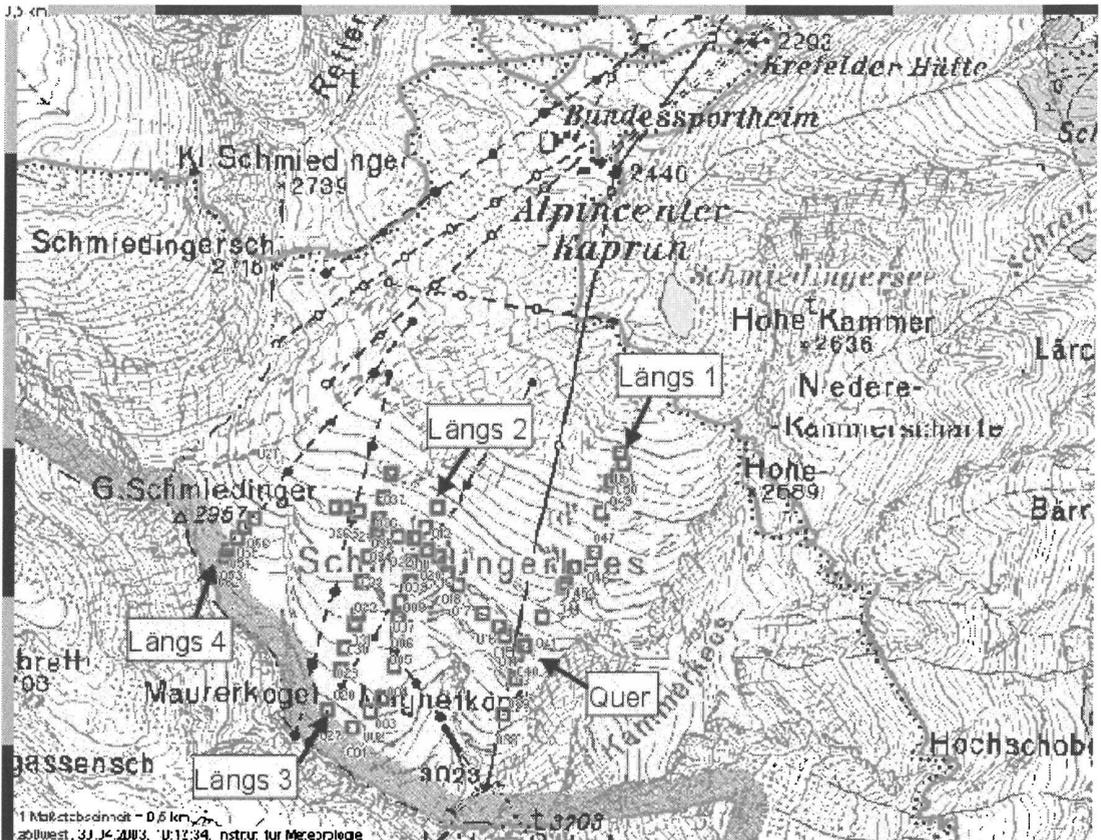


Abbildung 7.1. Karte des Schmiedingerkeeses (Glocknergruppe) mit Lage der Radarprofile. Quelle: ÖK 1:50 000 BEV.

Das Schmiedingerkees ($47^{\circ} 12' N$ $12^{\circ} 46' O$) in der Glocknergruppe hatte 1998 eine Fläche von $1,4 \text{ km}^2$ in einem Höhenbereich von 3000 bis 2422 m. 1965 und 1966 wurden von Thyssen und Kohnen seismische Eisdickenmessungen in zwei Kreuzprofilen durchgeführt [35]. 1997 wurde eine Vermessung der Eisdicke mit Radarecholot versucht. Diese konnte aber durch die witterungsbedingt schlechte Signalqualität kein flächenhaftes Bild der Eismächtigkeit liefern. Am 20. April 2003 waren die Bedingungen ausgezeichnet, und es konnten 56 Punkte in drei Längsprofilen und einem Querprofil sowie drei Punkte unterhalb der Maurerspitze gemessen werden. An den Meßpunkten ist die durchschnittliche Eismächtigkeit mit 40 Metern relativ gering (wobei diese Zahl natürlich nicht als durchschnittliche Eisdicke des Gletschers verstanden werden darf). Die Eisdicke nimmt jedoch auch in diesem Bereich mit der Höhe schnell ab.

Das Längsprofil 1 beginnt unterhalb des Gipfels des Kitzsteinhorns in einem Firnbecken, das von steilen Felsen begrenzt wird. Die Topographie läßt hier einen beträchtlichen Beitrag von Lawinschnee zur Akkumulation erwarten. Der östliche Bereich des Gletschers liegt dadurch auch am längsten im Schatten. Im Firnbecken wurde zu Beginn des Längsprofils 1 mit 83 m die größte Eisdicke gemessen. Mit abnehmender Höhe nimmt jedoch die Steilheit der Oberfläche rasch zu und die Dicke verringert sich entsprechend mit einer markanten Stufe auf etwa 2700 Metern Höhe. Im Bereich des Längsprofils 1 geht die Zunge am weitesten nach unten.

Das Querprofil zeigt, daß die Eisdicken am östlichen und westlichen Rand des Gletschers größer sind als im zentralen Bereich. Die mit ca. 20 Metern geringsten Mächtigkeiten wurden unterhalb des Magnetköpfels gemessen.

Das Längsprofil 2 liegt im schon Bereich der nach Westen hin größer werdenden Eismächtigkeiten, die dort auch nicht so stark mit der Höhe abnehmen wie in Längsprofil 1. Weiter im Westen, beim Längsprofil 3, nehmen die Eisdicken weiter zu, wobei sich auf einer Höhe von 2774 m eine

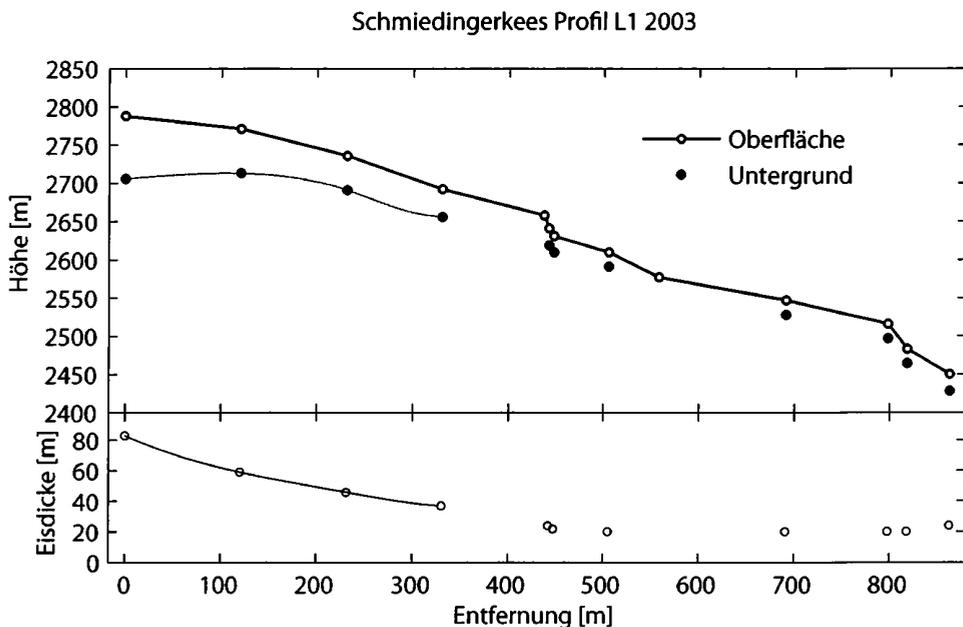


Abbildung 7.2. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils L1 am Schmiedingerkees.

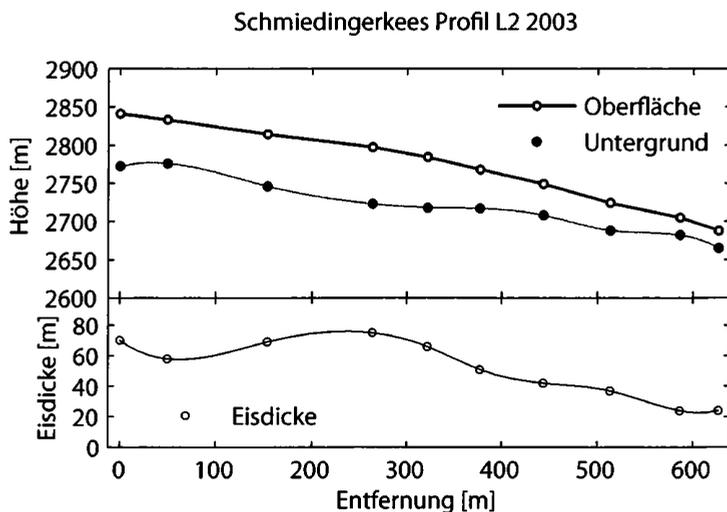


Abbildung 7.3. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils L2 am Schmiedingerkees.

Stufe im Untergrund abzeichnet. Das Längsprofil 4 ist sehr kurz. Aufgrund der geringen räumlichen Ausdehnung des Eiskörpers können für dieses Profil Artefakte durch Begrenzungsfelsen nicht ausgeschlossen werden.

Schmiedingerkees Profil L3 2003

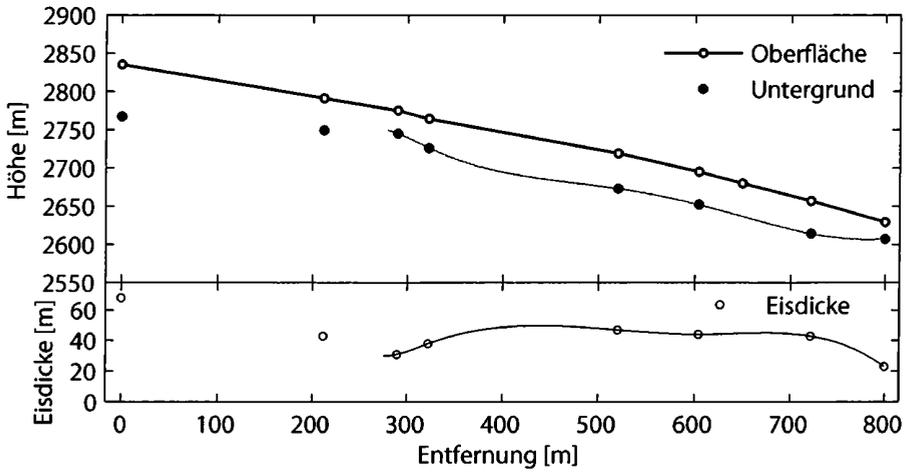
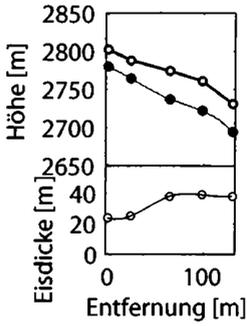


Abbildung 7.4. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang des Profils L3 am Schmiedingerkees.

Schmiedingerkees Profil L4 2003



Schmiedingerkees Profil Q 2003

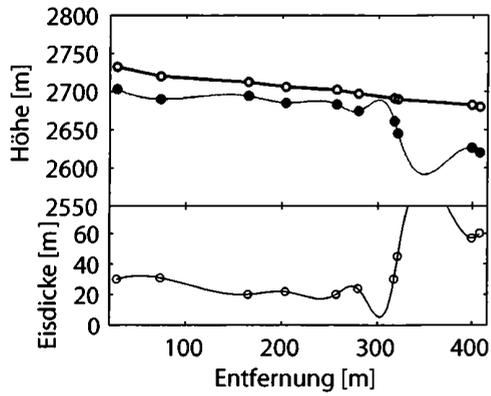


Abbildung 7.5. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang der Profile L4 und Q am Schmiedingerkees.

7.2 Hochalmkees

Das Hochalmkees ($47^{\circ} 1,2' N$, $13^{\circ} 20,1' O$) in der Ankogelgruppe hatte 1998 eine Fläche von $2,9 \text{ km}^2$. Von 13. bis 16. 08. 2001 wurde die Eisdicke an 130 Stellen gemessen. Die Messungen wurden gemeinsam mit einem Team des Instituts für Angewandte Geologie der Universität für Bodenkultur in Wien durchgeführt [8] [16]. Seit den 50er Jahren werden vom Alpenverein Villach Geschwindigkeitsmessungen an einer Steinreihe durchgeführt.

Die Eisdicken in den Randbereichen des Hochalmkees betragen zwischen 30 und 50 m. Im zentralen Teil sind die Eisdicken mit bis zu 162 m (im Profil T auf 2920 m Höhe) sehr viel höher. In dieser Mulde ist das Eis über weite Bereiche mehr als 100 m dick. Die tiefsten Stellen der Profile H mit 150 m und M mit 148 m liegen, wie auch im Profil T, auf etwa 2900 m Höhe. Im Zungenprofil ist zwischen 2850 und 2800 m Höhe ein deutlicher Abfall der Eistiefe von über 100 auf etwa 35 m zu beobachten. Dieser Verlauf scheint charakteristisch für diesen Gletscher. Abbildung 7.15 zeigt eine flächenhafte Darstellung der aus den Meßwerten berechneten Eisdicke des ganzen Gletschers. In dieser Abbildung ist der scharfe Übergang zwischen Bereichen mit Eisdicken über 100 und um 30 m klar erkennbar.

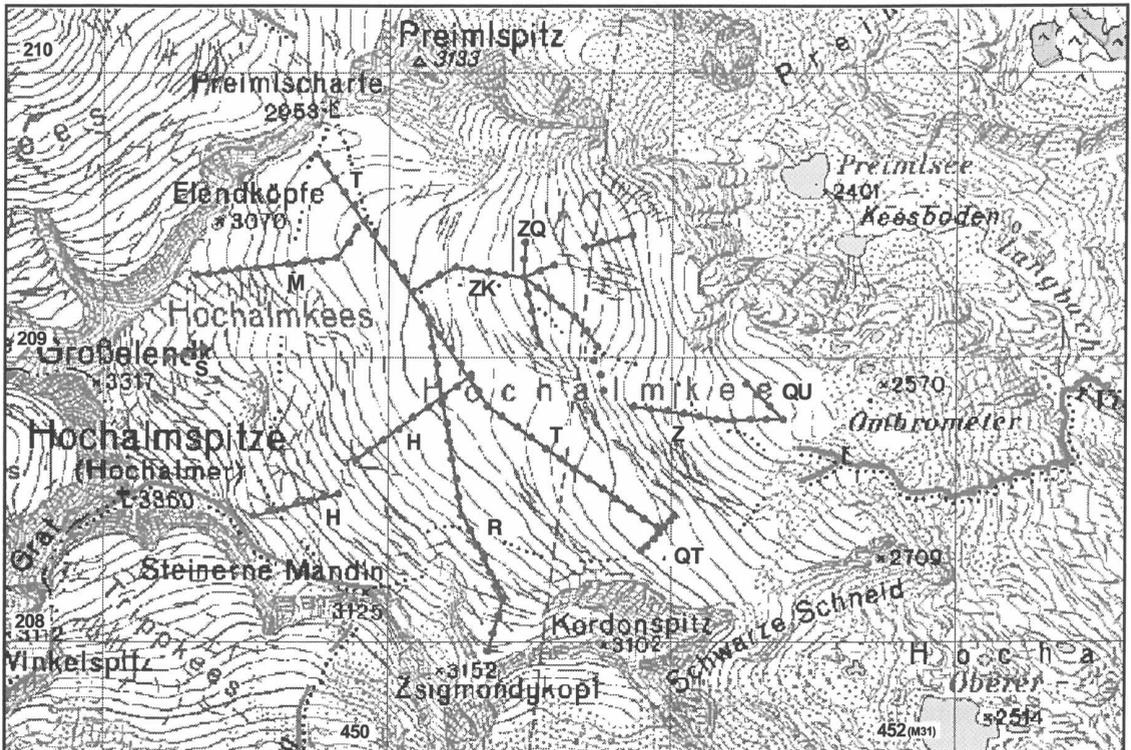


Abbildung 7.6. Karte des Hochalmkees (Ankogelgruppe) mit Lage der Radarprofile. Quelle: Amap 3D 1:50 000 BEV.

Hochalmkees Profil H 2001

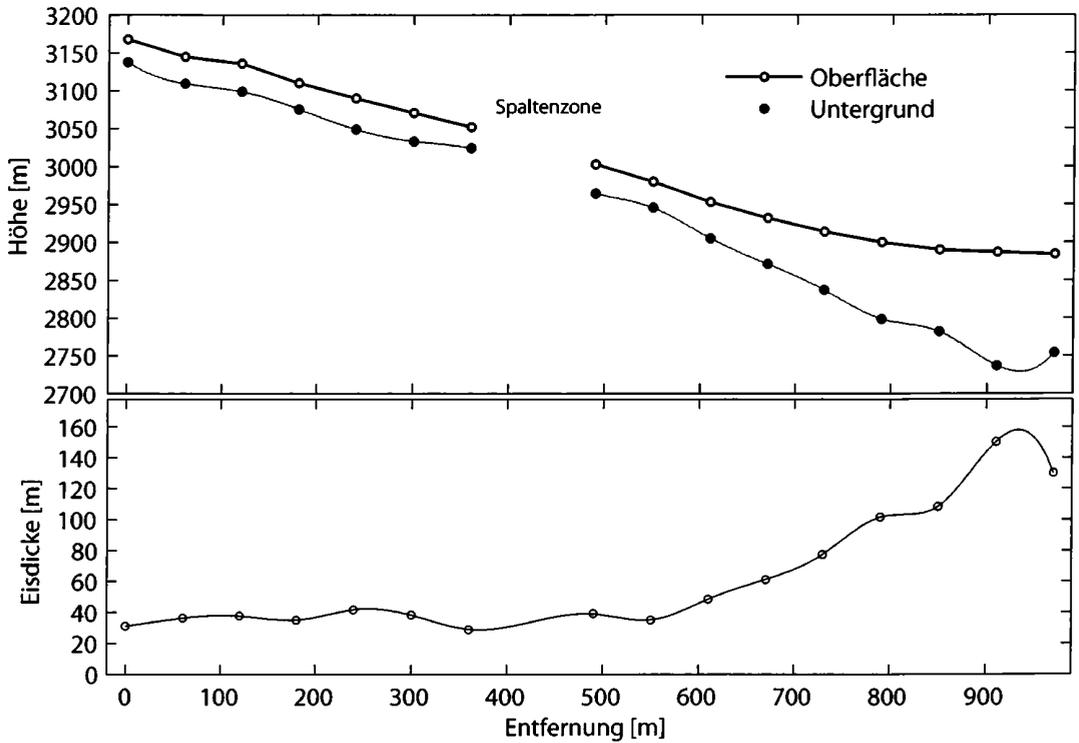


Abbildung 7.7. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1998), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils H am Hochalmkees.

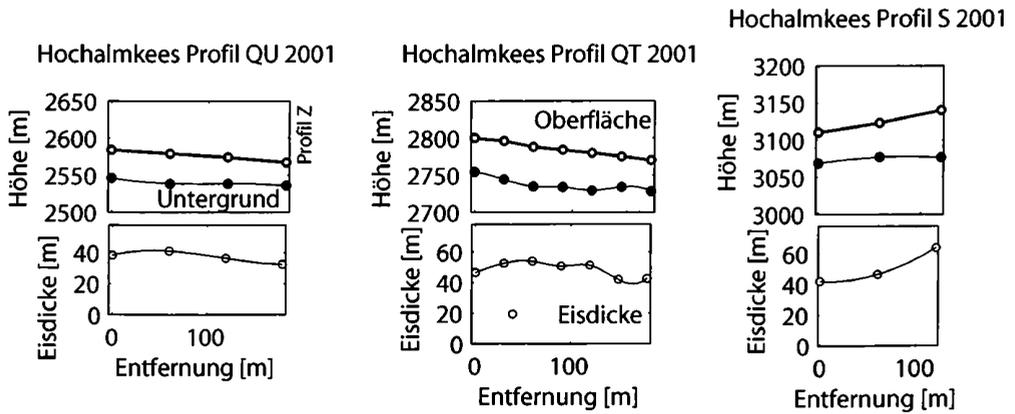


Abbildung 7.8. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1998), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang der Profile QU, QT und S am Hochalmkees.

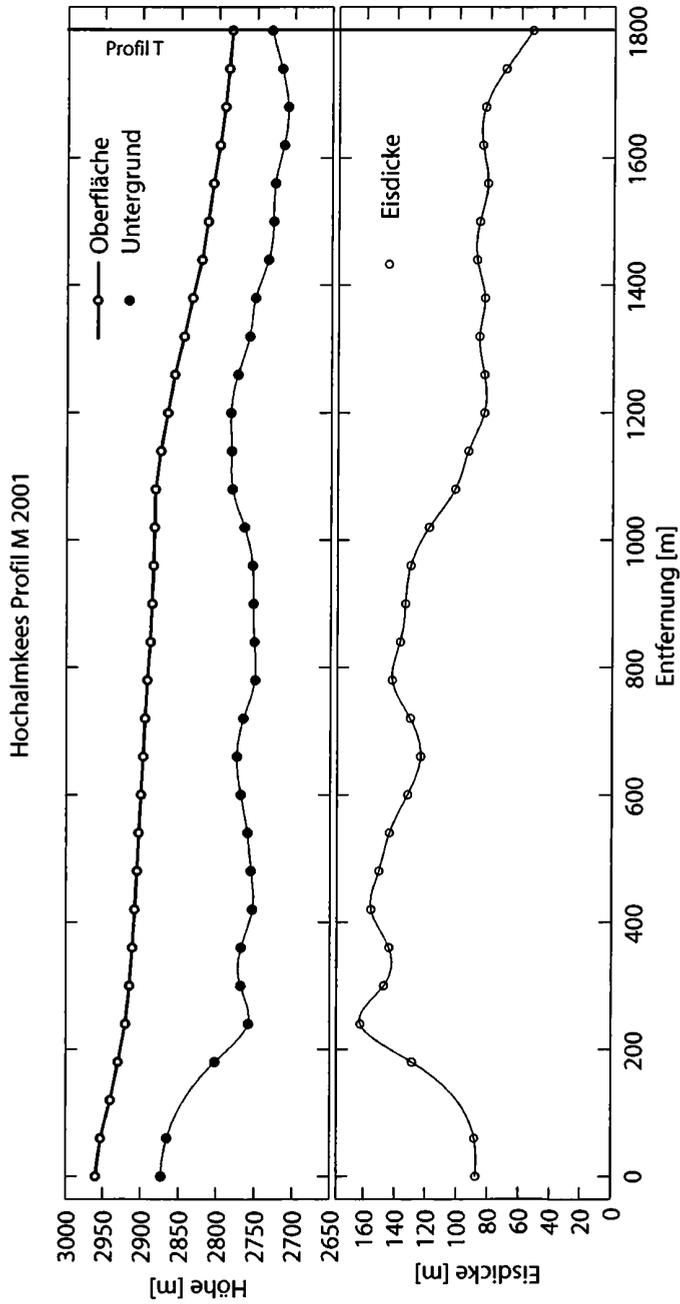


Abbildung 7.9. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1998), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils M am Hochalmkees.

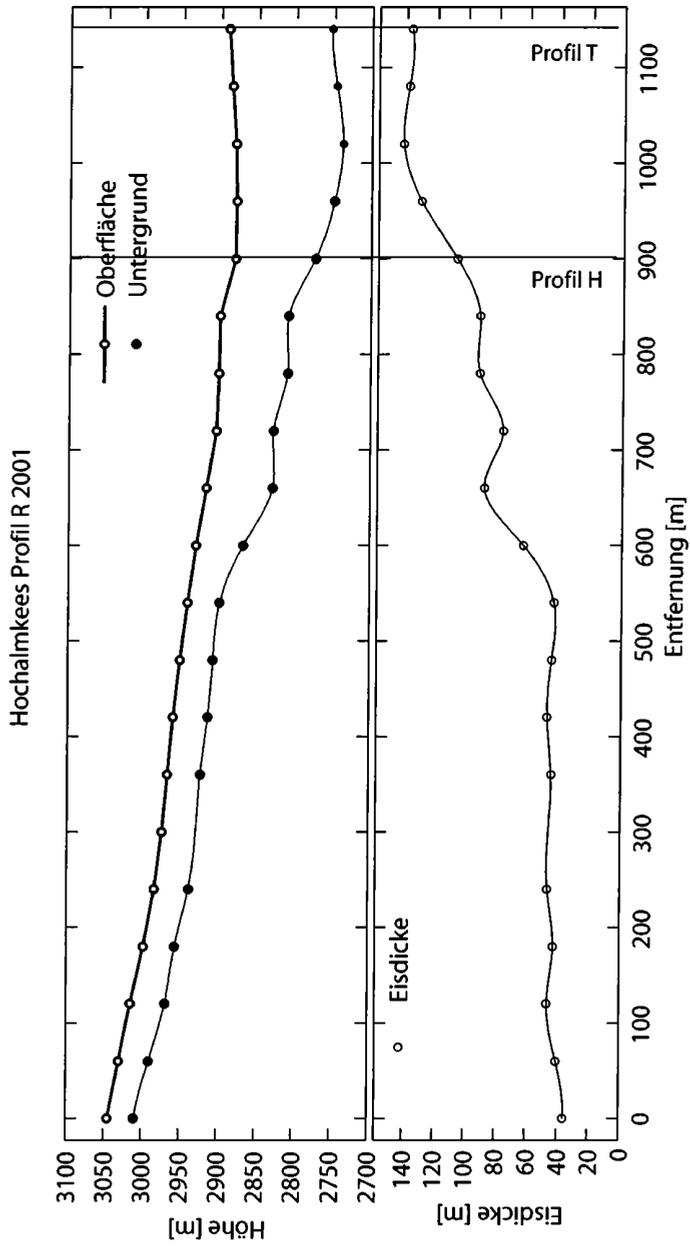


Abbildung 7.10. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1998), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils R am Hochalmkees.

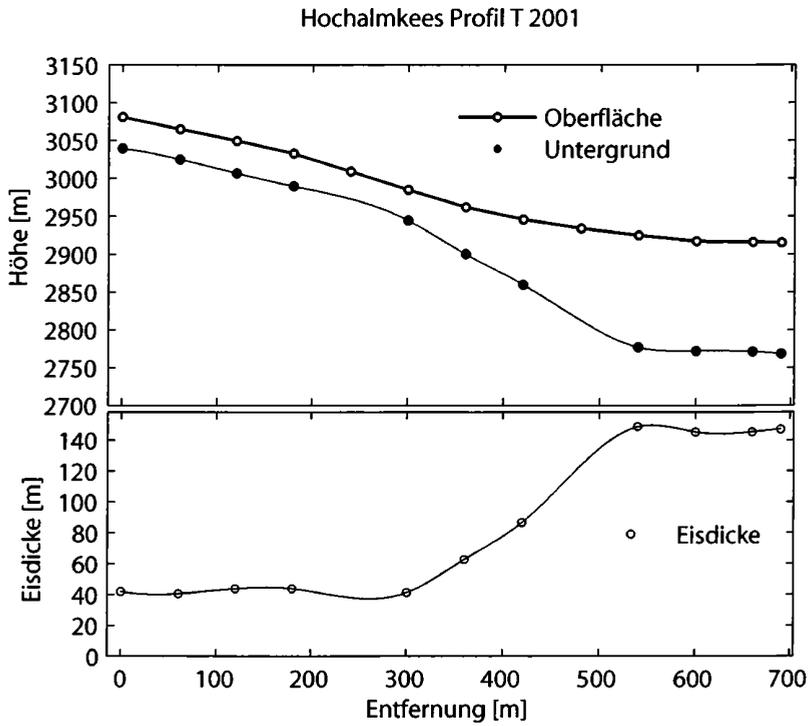


Abbildung 7.11. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1998), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils T am Hochalmkees.

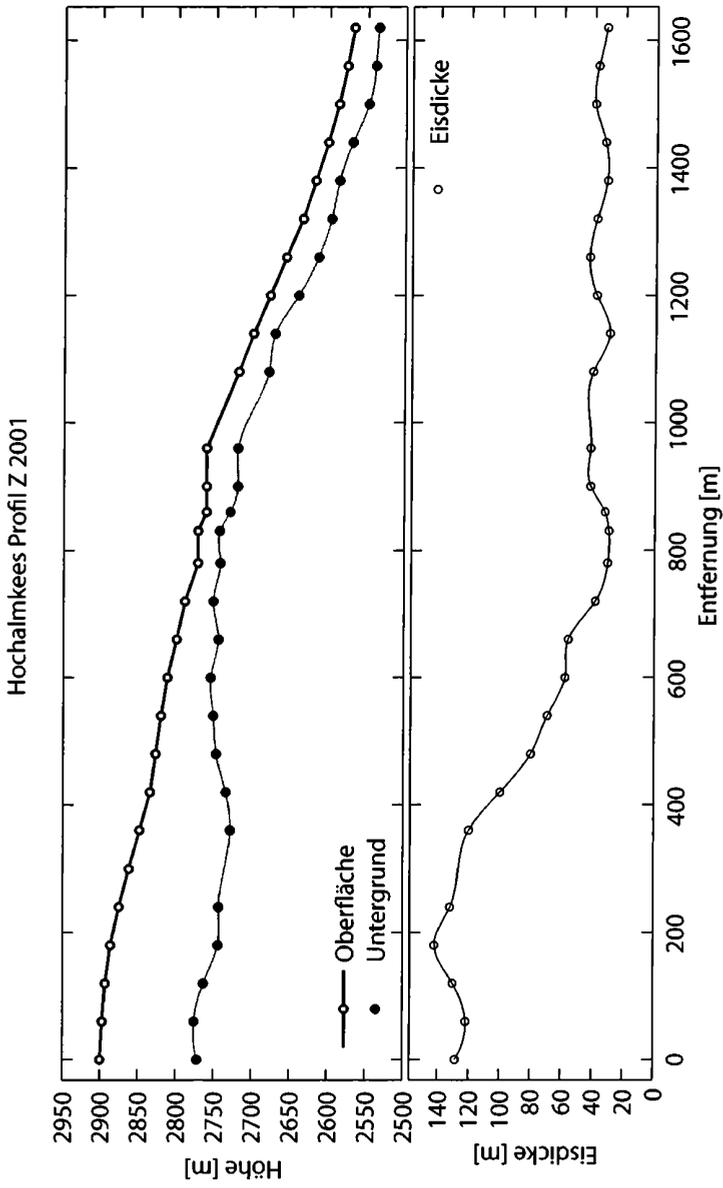


Abbildung 7.12. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1998), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils Z am Hochalmkees.

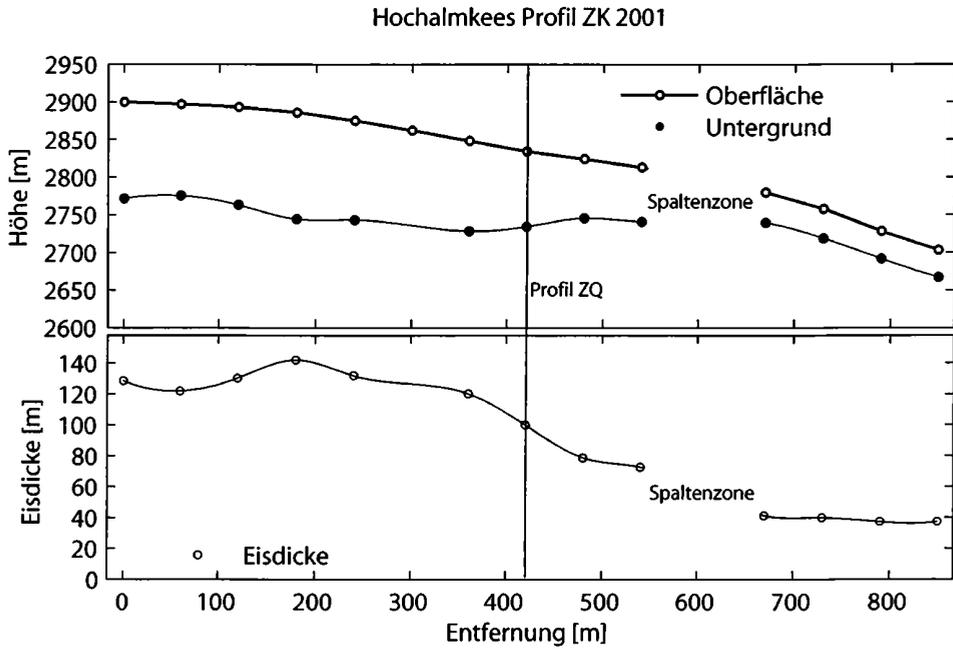


Abbildung 7.13. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1998), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils ZK am Hochalmkees.

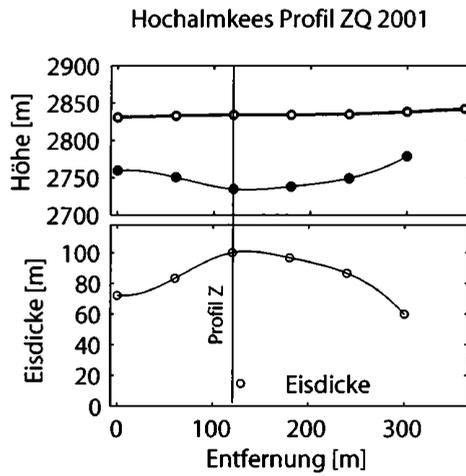


Abbildung 7.14. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1998), gemessene Eisdicken 2000 und berechneter Untergrund entlang des Profils ZQ am Hochalmkees.

Eisdicke am Hochalmkees

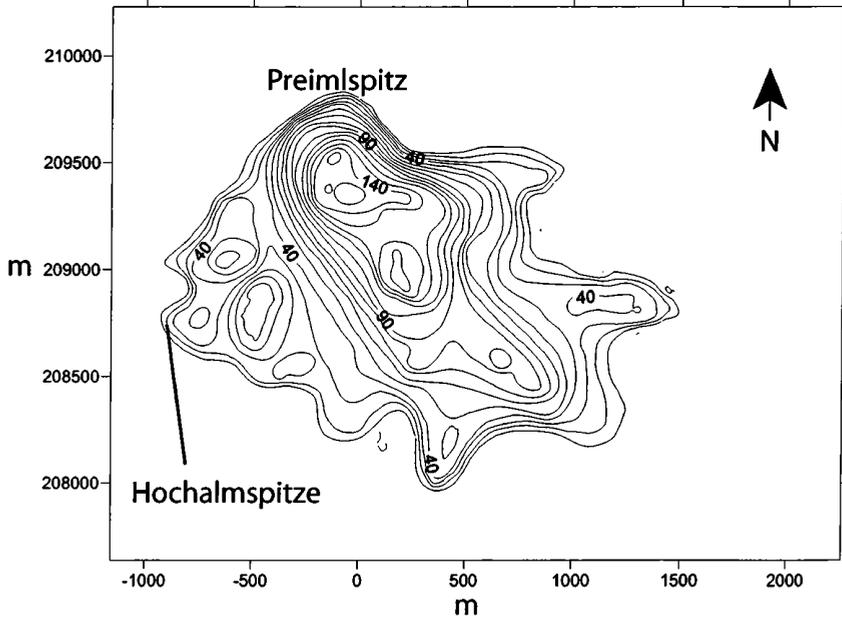


Abbildung 7.15. Aus den Messungen konstruierte Karte der Eisdicken am Hochalmkees.

8.1 Schwarzmilzferner

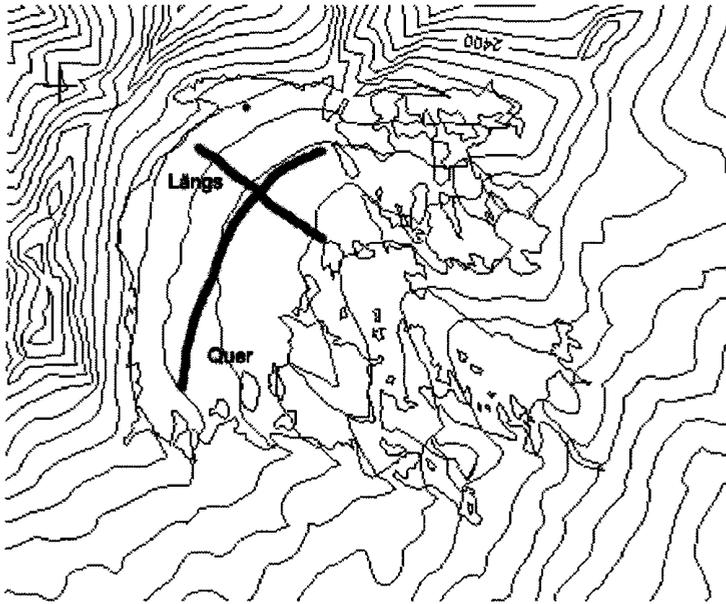
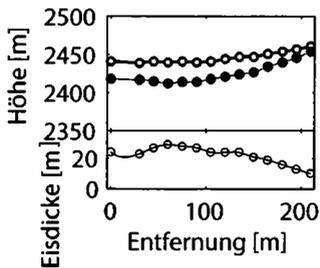


Abbildung 8.1. Karte des Schwarzmilzferners (Allgäuer Alpen) mit Lage der Radarprofile. Quelle: Österreichisches Gletscherinventar 1998.

Schwarzmilzferner Querprofil 2003



Schwarzmilzferner Längsprofil 2003

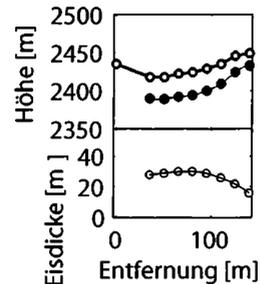


Abbildung 8.2. Gletscheroberfläche (Gletscherstand 1997), gemessene Eisdicken und berechneter Untergrund entlang der Profile Q und L am Schwarzmilzferner.

Der Schwarzmilzferner ($47^{\circ} 18' N$ $10^{\circ} 18' O$) liegt südöstlich von Mädegabel und Hochfrottspitze in den Allgäuer Alpen. Die mittlere Höhe liegt bei 2400 Metern. Der Gletscher ist etwa 8 Hektar groß und ostexponiert. Die Fläche ändert sich aber seit 1952 nur unwesentlich. Die Eisdicke wurde bereits 1985 von Dr. Christoph Mayer mit Geoelektrik gemessen. In den Jahren 1981 bis 1985 führte Joachim Schug im Rahmen seiner Diplomarbeit am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck glaziologisch - meteorologische Messungen zur der rückwirkenden Massenhaushaltsbestimmung aus den Aufzeichnungen der umliegenden Wetterstationen durch [31], [32]. Nach einer im Jahr 1985 durchgeführten geophysikalischen Untersuchung wies der Schwarzmilzferner damals eine vertikale Mächtigkeit von 20 - 30 m auf. Mittels Geoelektrik fand Christoph Mayr in seiner Studienarbeit an der TU Clausthal zudem heraus, dass der Schwarzmilzferner offenbar stark ausgehöhlt ist [19]. Die geometrischen Veränderungen der Gletscheroberfläche des Schwarzmilzferners wurden von Roland Mader in seiner Diplomarbeit am Lehrstuhl für Kartographie und Reproduktionstechnik an der Technischen Universität München untersucht [18]. Zur Rekonstruktion der geometrischen Veränderungen wurden alle verfügbaren

Informationen zusammengetragen und ausgewertet. Es sind dies Möränenstände, alte topographische Karten und Luftbilder. Im Zuge der Diplomarbeit wurde die Gletscheroberfläche 1985 exakt vermessen. Eine Wiederholungsvermessung führte Roland Mader im Sommer 1997 durch.

An der Eisdickenmessung am 16. 10. 2003 nahmen Dr. Astrid Lambrecht (Alfred Wegener Institut, Bremerhaven) und Dr. Christoph Mayer (GEUS, Kopenhagen) teil, die seit 1985 das Massenbilanzprogramm am Schwarzmilzferner durchführen. Die Qualität der Radardaten ist sehr gut, sowohl was das Signal-Rausch-Verhältnis als auch die Interpretierbarkeit des reflektierten Signals belangt. Am Kreuzungspunkt von Längs und Querprofil wurde die maximale Eisdicke von 30 Metern gemessen.

Literatur

1. ARIC, K.: Ergebnisse der seismischen Eisdickenmessungen im Gebiet der Stubai Alpen (Daunkogelferner), der Venedigergruppe (Schlatenkees und Untersulzbachkees) und der Silvrettagruppe (Vermuntgletscher). *Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik*, Heft 70(312), 1987.
2. ARIC, K. UND E. BRÜCKL: *Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik 1851-2001. 150 Jahre Meteorologie und Geophysik in Österreich*. Leykam Verlag, Graz, 2001.
3. BAUDER, A.: Bestimmung der Massenbilanz von Gletschern mit Fernerkundungsmethoden und Fliessmodellierungen. VAW Mitteilungen 169, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, 2001.
4. BRÜCKL, E. UND K. ARIC: Die Ergebnisse der seismischen Gletschermessungen am Hornkees in den Zillertaler Alpen im Jahre 1975. *Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik*, ZAMG Wien, 256, 1981.
5. BRÜCKL, E., UND G. GANGL UND W. SEIBERL UND C. GNAM: Seismische Eisdickenmessungen auf dem Ober- und Untersulzbachkees in den Sommern der Jahre 1973 und 1974. *Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik*, 45, 1980.
6. BRUNNER, K. UND RENTSCH, H.: Das Verhalten des Waxeggkees in den Zillertaler Alpen von 1950 - 2000. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Band 38(Heft 1):63-68, 2002.
7. ERSCHBAUMER, B. UND W. BITTERLICH UND C. RAFFL: Die Vegetation als Indikator für die Bodenbildung im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Obergurgl, Ötztal, Nordtirol). *Bericht Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein Innsbruck*, 86:107122, 1999.
8. FELDBACHER, B.: Glaziologische und fotogrammetrische Auswertung des Hochalmkees in den östlichen Hohen Tauern. Diplomarbeit, Institut für Angewandte Geologie der Universität für Bodenkultur Wien, 2002.
9. FISCHER, A. UND N. SPAN: A volume inventory of glaciers in the Austrian Alps. *Presentation at EGU General Assembly 2005, Vienna*, 2005.
10. HEUBERGER, H.: *Naturkundlicher Führer Gletscherweg Berliner Hütte*. Österreichischer Alpenverein, 2004.
11. KAUFMANN, R. UND M. FUCHS UND N. GOSTERXEIER: The soil fauna of an Alpine glacier foreland: Colonization and succession. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 34:242-250, 2002.
12. KUHN, M. UND ESCHER-VETTER, H.: Die Reaktion der österreichischen Gletscher und ihres Abflusses auf Änderungen von Temperatur und Niederschlag. *Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft*, Heft 1-2 Jan/Feb 2004, 56. Jahrgang:1-7, 2004.
13. KUHN, M., UND G. MARKL: Jamtalferner, Massenhaushalt 1995/96. Bericht über Messungen des Inst. f. Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck. *Mitteilungsblatt, Hydrographischer Dienst in Österreich*, 76:61-73, 1998.
14. KUHN, M., UND G. MARKL: Jamtalferner, Massenhaushalt 1996/97. Bericht über Messungen des Inst. f. Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck. *Mitteilungsblatt, Hydrographischer Dienst in Österreich*, 78:77 90, 1999.
15. LAMBRECHT, A. UND M. KUHN: Glacier changes in the Austrian Alps during the last three decades, derived from the new Austrian glacier inventory. *Annals of Glaciology*, 46, in Druck.
16. LASSACHER, E.: Glaziologische und fotogrammetrische Auswertung des Hochalmkees in den östlichen Hohen Tauern. Diplomarbeit, Institut für Angewandte Geologie der Universität für Bodenkultur Wien, 2002.
17. LEITNER, W.: Ötzi - der Mann im Eis und die Steinzeitjäger von Vent. *Alpendruck Imst*, 1999.
18. MADER, R.: Der Schwarzmilzferner in den Allgäuer Alpen, Orthofotokarte 1971. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 27/28, 1992.
19. MAYER, C.: Geoelektrische Tiefensondierungen auf dem Schwarzmilzferner, Allgäuer Alpen. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 29(1):75 - 84, 1993.

20. MOSER, H. UND W. PLATZER UND H. SEIDLER UND K. SPINDLER: *Der Mann im Eis*. Springer Wien - New York, 1994.
21. NAROD, B.B., UND G.K.C. CLARKE: Miniature high-power impulse transmitter for radio-echo sounding. *Journal of Glaciology*, 40(134):190194, 1994.
22. PATZELT, G.: Die neuzeitlichen Gletscherschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 9:5–57, 1973.
23. PATZELT, G.: The Austrian glacier inventory: status and first results. *IAHS-AISH Publication*, 26:181–184, 1978.
24. PATZELT, G.: Gletscherbericht 2004/2005. Sammelbericht über die Gletschermessungen des Österreichischen Alpenvereins im Jahre 2005. *Bergauf, Zeitschrift des Österreichischen Alpenvereins*, 2:6–11, 2006.
25. RICHTER, E.: Beobachtungen an den Gletschern der Ostalpen 1. Der Obersulzbach-Gletscher 1880–1882. *Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins*, 14:38–92, 1883.
26. RICHTER, E.: Beobachtungen an den Gletschern der Ostalpen 4. Der Obersulzbach-Gletscher 1885–1887. *Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins*, 19:37–41, 1888.
27. RICHTER, E.: Die Gletscher der Ostalpen. *Handbücher zur Landes- und Volkskunde*, 24:473–485, 1888.
28. RICHTER, E.: Bericht über die Schwankungen der Gletscher der Ostalpen 1888–1892. *Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins*, 24:473–485, 1893.
29. ROSE, G.C., UND R.S. VICKERS: Calculated and experimental response of resistively loaded V antennas to impulsive excitation. *Int. J. Electron.*, 37:261 – 271, 1974.
30. RUDEL, E.: Der Obersulzbach-Gletscher in der Venediger-Gruppe seit dem letzten Vorstosse. *Zeitschrift für Gletscherkunde*, 5:203–206, 1911.
31. SCHUG, H.-J.: Der Schwarzmilzferner: meteorologisch-glaziologische Untersuchung an einem Kleingletscher in den Allgäuer Alpen. *Diplomarbeit an der Universität Innsbruck*, 1987.
32. SCHUG, J. UND KUHN, M.: Der Schwarzmilzferner in den Allgäuer Alpen: Massenbilanz und klimatische Bedingungen. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 29(1):55 – 74, 1993.
33. SLUPETZKY, H.: Gletscherweg Obersulzbachtal. *Naturkundlicher Führer zum Nationalpark Hohe Tauern*, 4:80, 1986.
34. SPAN, N. UND A. FISCHER UND M. KUHN UND M. MASSIMO UND M. BUTSCHEK: Radarmessungen der Eisdicke Österreichischer Gletscher. Band I: Messungen 1995 bis 1998. *Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik*, 33:145, 2005.
35. THYSSEN, F., UND H. KOHNEN: Eisseismische Untersuchungen auf dem Schmiedinger Kees. *Polarforschung*, 6:78–82, 1968.
36. WU, T.T., UND R.W.P. KING: The cylindrical antenna with non-reflecting resistive loading. *IEEE Trans. Antennas Propag. AP-*, 1965.
37. YILMAZ, O.: *Seismic Data Processing*. Society of Exploration Geophysicists, P.O. Box 702740, Tulsa, 1987.

Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik

bisher erschienen:

Heft	Publ.Nr.	Fachgebiet	Autor	Titel und Umfang	Preis in Euro
1	329	Meteorologie		<i>Tagungsbericht EURASAP, Wien, 14.-16. Nov. 1988, Evaluation of Atmospheric Dispersion Models Applied to the Release from Chernobyl.</i> Wien 1989, 20 Beiträge, 198 S., 100 Abb., 17 Tab.	14,53
2	332	Geophysik		<i>Tagungsbericht über das 5. Internationale Alpengravimetrie Kolloquium - Graz 1989.</i> Herausgeber: H. LICHTENEGGER, P. STEINHAUSER und H. SÜNKEL, Wien 1989, 256 S., 100 Abb., 17 Tab.	vergriffen
3	336	Geophysik		<i>Schwerpunktprojekt S47-GEO: Präalpidische Kruste in Österreich, Erster Bericht.</i> Herausgeber: V. HÖCK und P. STEINHAUSER, Wien 1990, 15 Beiträge, 257 S., 104 Abb., 17 Tab., 23 Fotos	20,35
4	338	Meteorologie	LANZINGER, A. et al:	<i>Alpex-Atlas.</i> FWF-Projekt P6302 GEO, Wien 1991, 234 S., 23 Abb., 2 Tab., 200 Karten	18,17
5	341	Meteorologie	BÖHM, R.:	<i>Lufttemperaturschwankungen in Österreich seit 1775.</i> Wien 1992, 95 S., 34 Abb., 24 Tab.	vergriffen
6	343	Geophysik	MEURERS, B.:	<i>Untersuchungen zur Bestimmung und Analyse des Schwerefeldes im Hochgebirge am Beispiel der Ostalpen.</i> Wien 1992, 146 S., 72 Abb., 9 Tab.	11,63
7	351	Meteorologie	AUER, I.:	<i>Niederschlagsschwankungen in Österreich seit Beginn der instrumentellen Beobachtungen durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.</i> Wien 1993, 73 S., 18 Abb., 5 Tab., 6 Farbkarten	23,98
8	353	Meteorologie	STOHL, A., H. KROMP-KOLB:	<i>Analyse der Ozonsituation im Großraum Wien.</i> Wien 1994, 135 Seiten, 73 Abb., 8 Tabellen	23,98
9	356	Geophysik		<i>Tagungsbericht über das 6. Internationale Alpengravimetrie-Kolloquium, Leoben 1993.</i> Herausgeber: P. STEINHAUSER und G. WALACH, Wien 1993, 251 Seiten, 146 Abb.	23,98
10	357	Meteorologie	ZWATZ-MEISE, V.:	<i>Contributions to Satellite and Radar Meteorology in Central Europe.</i> Wien 1994, 169 Seiten, 25 Farbabb., 42 SW-Abb., 13 Tab.	23,98
11	359	Geophysik	LENHARDT W. A.:	<i>Induzierte Seismizität unter besonderer Berücksichtigung des tiefen Bergbaus.</i> Wien 1995, 91 S., 53 Abb.	23,98
12	361	Meteorologie	AUER, I., R. BÖHM, N. HAMMER †, W. SCHÖNER., WIESINGER W., WINIWARTER W.:	<i>Glaziologische Untersuchungen im Sonnblickgebiet: Forschungsprogramm Wurtenkees.</i> Wien 1995, 143 S., 59 SW-Abb., 13 Farbabb., 9 SW-Fotos, 47 Tab.	23,98
13	372	Meteorologie	PIRINGER, M.:	<i>Results of the Sodar Intercomparison Experiment at Dürnröhr, Austria.</i> Wien 1996	23,98
14	373	Geophysik	MEURERS, B.:	<i>Proceedings of the 7th International Meeting on Alpine Gravimetry, Vienna 1996.</i> Wien 1996	23,98
15	374	Meteorologie	RUBEL, F.:	<i>PIDCAP - Quick Look Precipitation Atlas.</i> Wien 1996	23,98

Heft	Publ.Nr.	Fachgebiet	Autor	Titel und Umfang	Preis in Euro
16	378	Meteorologie	DOBESCH, H., KURY G.:	<i>Wind Atlas for the Central European Countries Austria, Croatia, Czech Republic, Hungary, Slovak Republic and Slovenia</i> , Wien 1997	23,98
17	382	Meteorologie		<i>Proceedings of the 9th International Symposium on Acoustic Remote Sensing and Associated Techniques of the Atmosphere and Oceans</i> , Vienna 1998, 329 Seiten, Wien 1998	23,98
18	383	Meteorologie	RUBEL, F.:	<i>PIDCAP - Ground Truth Precipitation Atlas</i> . 84 Seiten, 99 Farbkarten, Wien 1998	36,34
19	384	Meteorologie		<i>Proceedings of the 2nd European Conference on Applied Climatologie</i> , 19 to 23 Oct. 1998, Vienna. CD-ROM, Wien 1998	23,98
20	387	Meteorologie		<i>Proceedings of the 2nd International Conference on Experiences with Automatic Weather Stations</i> , 27 to 29 Sept. 1999, Vienna. CD-ROM, Wien 1999	23,98
21	388	Meteorologie		<i>Bericht über den Workshop Umweltforschung im Hochgebirge - Ergebnisse von GAW-Dach und verwandten Projekten</i> , 05. bis 06. Okt. 1999, Wien. 147 Seiten, Wien 1999	23,98
22	389	Meteorologie	DOBESCH, H., H. V. TRAN:	<i>The Diagnostic Wind Field Model ZAWIMOD2</i> . 47 Seiten, 8 Farbbabb., Wien 1999	23,98
23	392	Meteorologie		<i>Proceedings of the 26th International Conference on Alpine Meteorology</i> ; 11 to 15 Sept. 2000, Innsbruck. CD-ROM, Wien 2000	23,98
24	395	Meteorologie	SABO, P.:	<i>Hochnebelprognose mittels eines objektiven Inversionsindexes für die synoptische Praxis</i> , 80 Seiten, Wien 2000	23,98
25	397	Meteorologie	AUER, I., R. BÖHM, W. SCHÖNER:	<i>Austrian long-term climate 1767-2000 - Multiple instrumental climate time series from central Europe</i> , 160 Seiten, 31 Farbseiten, CD-ROM, Wien 2001	25,00
26	398	Geophysik	MEURERS, B.:	<i>Proceedings of the 8th International Meeting on Alpine Gravimetry</i> , Leoben 2000, 240 Seiten, 4 Farbseiten, Wien 2001	25,00
27	399	Meteorologie		<i>Proceedings of the Deutsch-Österreichisch-Schweizerische Meteorologentagung</i> ; 18 to 21 Sept. 2001, Vienna. CD-ROM, Wien 2001	25,00
28	408	Meteorologie	AUER, I., R. BÖHM, M. LEYMÜLLER, W. SCHÖNER:	<i>Das Klima des Sonnblicks – Klimaatlas und Klimatographie der GAW Station Sonnblick einschliesslich der umgebenden Gebirgsregion</i> , 305 Seiten, 130 Farbbildungen, CD-ROM, Wien 2002	50,00
29	409	Meteorologie		<i>Scientific Contributions of Austria to the Mesoscale Alpine Programme (MAP)</i> , 74 Seiten, 38 Farbseiten, Wien 2003	25,00
30	411	Meteorologie	HUBER-POCK, F.:	<i>Die atmosphärischen Gleichungen in den meteorologischen Koordinatensystemen</i> , 160 Seiten, 1 Farbseite, Wien 2003	25,00

Heft	Publ.Nr.	Fachgebiet	Autor	Titel und Umfang	Preis in Euro
31	412	Geophysik	MEURERS, B., R. PAIL:	<i>Proceedings of the 1st Workshop on International Gravity Field Research, Graz 2003</i> , 204 Seiten, 3 Farbseiten, Wien 2004	25,00
32	413	Meteorologie	BAUMANN-STANZER, K.:	<i>Qualitätsprüfung, Verifikation und Anwendung von Windprofilerdaten in Österreich</i> , 133 Seiten, 29 Farbseiten, Wien 2004	25,00
33	414	Meteorologie	SPAN, N., A. FISCHER, M. KUHN, M. MASSIMO, M. BUTSCHEK:	<i>Radarmessungen der Eisdicke österreichischer Gletscher, Band I: Messungen 1995 bis 1998</i> , 154 Seiten, Wien 2005	25,00
34	415	Meteorologie	DOBESCH, H., D. NIKOLOV, L. MAKKONEN:	<i>Physical Processes, Modelling and Measuring of Icing Effects in Europe</i> , 75 Seiten, 18 Farbseiten, Wien 2005	25,00
35	416	Meteorologie	KAISER, A., E. PETZ, I. CUHALEV:	<i>Ermittlung der Gesamtbelastung durch Luftschadstoffe im Kurzzeitmittel anhand von Zeitreihen der Vor- und Zusatzbelastung; Vergleich mit statistischen Methoden Das zur Berechnung von Zeitreihen der Zusatzbelastung adaptierte ÖNORM M 9440 Modell ONGAUSSplus</i> ; 61 Seiten, 6 Farbseiten, Wien 2005	25,00
36	417	Meteorologie	SVABIK, O., A. HOLZER:	<i>Kleinräumige, konvektiv verursachte Stürme und Wirbelstürme (Tornados) in Österreich</i> , 97 Seiten, 14 Farbseiten, Wien 2005	25,00
37	418	Meteorologie	WANG Y., T. HAIDEN, A. KANN:	<i>The operational Limited Area Modelling system at ZAMG: ALADIN-AUSTRIA</i> , 39 Seiten, 9 Farbseiten, Wien 2006	25,00
38	419	Meteorologie	DOBESCH H., G. KURY:	<i>Basic meteorological concepts and recommendations for the exploitation of wind energy in the atmospheric boundary layer</i> , 128 Seiten, Wien 2006	25,00
39	420	Meteorologie	FISCHER, A. N. SPAN, M. KUHN, M. BUTSCHEK:	<i>Radarmessungen der Eisdicke österreichischer Gletscher, Band II: Messungen 1999 bis 2006</i> , 151 Seiten, Wien 2007	25,00

