

# **GLETSCHERSCHIGEBIETE ÖSTERREICHS**

**Bestandsaufnahme  
und chemisch-analytische  
Untersuchungen**

**Monographien Bd. 32**

Wien, September 1993

**Bundesministerium für Umwelt,  
Jugend und Familie**



**Autoren:** Eduard Frank, Helmut Herlicska, Helmut Hojesky, Gundi Lorbeer, Wolfgang Moche, Rosemarie Pescheck (Umweltbundesamt),  
K. Nicolussi, G. Patzelt (Institut für Hochgebirgsforschung, Universität Innsbruck)

**Probenahme:**

Eduard Frank, Wolfgang Moche, Gottfried Brandner (Umweltbundesamt),  
Ch. Lanegger, G. Winkler (Österreichischer Alpenverein)

**Analytik Umweltbundesamt Wien:**

Abt. Analytik I: A. Hanus

E. Auer, R. Bürkl, S. Spellitz (Schwermetalle)

Abt. Analytik II: G. Lorbeer

E. Frank, M. Schöndorfer, R. Oppolzer, S. Hotowec,  
K. Heilingbrunner (Grundparameter)

W. Moche, M. Heinrich (Screening)

W. Hartl (HKW)

Abt. Analytik III: S. Scharf, P. Seif

C. Schütz (IC)

G. Hobiger, R. Eckhard, R. Viktorik (Titrationsen)

S. Stapleton, G. Handl (Spektroskopie)

**Bakteriologische Untersuchung:**

Hygiene-Institut der Universität Wien

**Literaturvergleich:** Helmut Herlicska

**EDV-Graphik:** Felix Lux, Johannes Mayer

**Textsatz und editorische Betreuung:** Birgit Lackner, Johannes Mayer, Christine Pfeiffer

**Titelbild:** Blick vom Gletscherschigebiet Kitzsteinhorn nach Westen (Anfang Oktober);  
alle Photos: E. Frank, W. Moche.

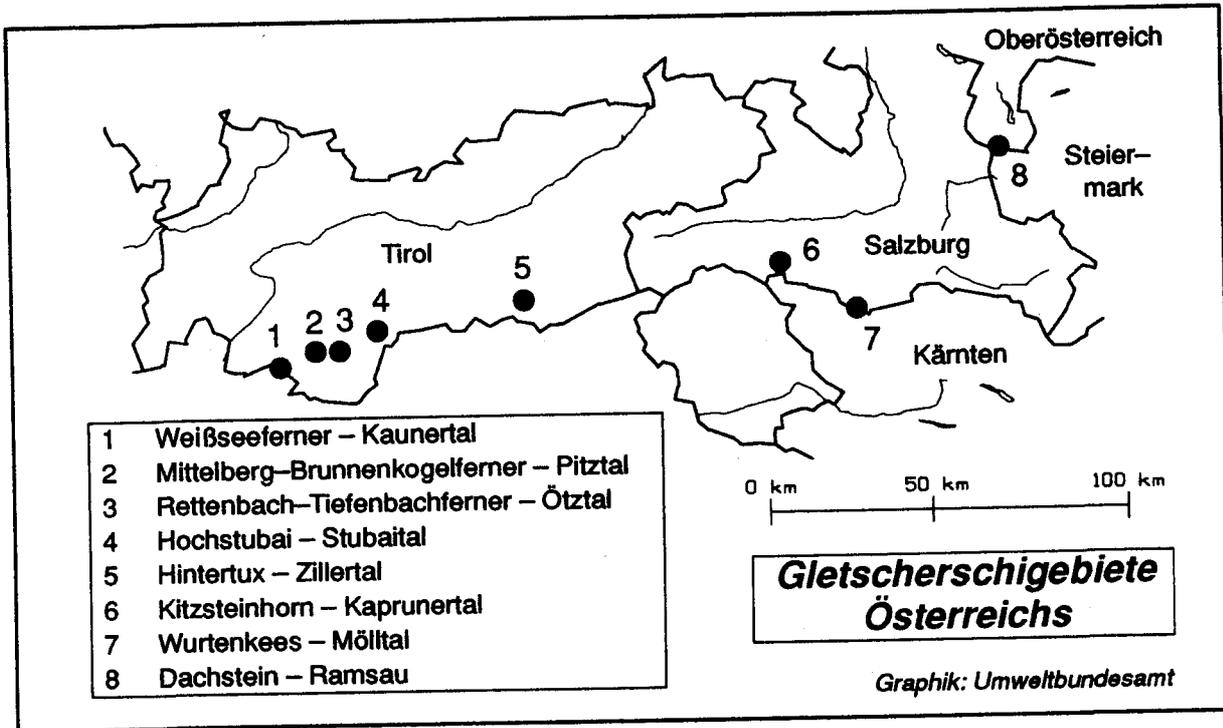
**Impressum:**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5  
Druck: Riegelnik, 1080 Wien.

© Umweltbundesamt, Wien, September 1993  
Alle Rechte vorbehalten  
ISBN 3-85457-105-4

## Gletscherschigebiete Österreichs – Zusammenfassung

Mit diesem Bericht liegt erstmals eine Erhebung zur Umweltsituation auf allen acht österreichischen Gletscherschigebieten vor. Gletscherkundliche Angaben sowie Daten zur Infrastruktur ergänzen die Analysenergebnisse. Das Untersuchungsprogramm wurde im Verlauf des Projekts unter Berücksichtigung der Zwischenergebnisse schrittweise erweitert.



Im Jahre 1966 wurde auf dem Kitzsteinhorn das erste Ganzjahresschigebiet eröffnet. Bis 1990 sind Gletscher mit einer Gesamtfläche von 1560 ha erschlossen worden, die jährlich von mehreren Millionen Menschen besucht werden.

Das pistenmäßig befahrbare Gebiet entspricht ca. 2,9 % der gesamten in Österreich vergletscherten Fläche. Nach der Eröffnung des Schigebietes Kitzsteinhorn wurden in weiterer Folge Dachstein, Hintertux, Hochstubai, Rettenbachferner, Tiefenbachferner, Weißseeferner, Mittelberg– und Brunnenkogelferner sowie das Wurtenkees erschlossen. Dadurch wird in das sensible und bisher kaum genutzte Ökosystem der hochalpinen Lagen durch technische Maßnahmen zum Teil massiv eingegriffen.

Die für den Betrieb von Gletscherschigebieten notwendige Infrastruktur in den Tälern erforderte den entsprechenden Ausbau von Zubringerstraßen sowie die Errichtung von Parkplätzen. Dadurch wurde u.a. der Autoverkehr in zum Teil abgeschiedene Gegenden geführt; weiters bringt die notwendige Infrastruktur nicht nur Probleme der Ver- und Entsorgung mit sich, sondern erhöht auch die Verschmutzungsgefahr in Bereichen, die dem Massentourismus bis dahin nicht zugänglich waren.

### – Pistenpräparierung

Ein zentrales Problem stellte in der Vergangenheit die Präparierung der Schipisten auf den Gletschern dar. Dazu wurden Schneeverfestiger (das sind im wesentlichen Stick-

stoffdünger) oder Auftaumittel (Kochsalz bzw. Calciumchlorid) eingesetzt. Da diese Produkte Natrium, Calcium, Chlorid, Nitrat, Ammonium, Kalium und Phosphat enthalten, wurde der Analyse dieser Parameter in der vorliegenden Arbeit großes Augenmerk geschenkt.

Nach Angaben der Gletscherbahngesellschaften wird das Präparieren von Pisten teilweise sogar den Rennmannschaften ausdrücklich verboten. Der eingetretene Bewußtseinswandel bewirkt, daß heute in allen Gebieten der Einsatz von chemischen Mitteln nicht mehr betrieben bzw. nicht mehr erlaubt wird.

Der Verzicht auf chemische Pistenpräparierung wird durch die Ergebnisse der Untersuchungen der anorganischen Parameter bestätigt. Die Differenzen zwischen den Werten der Referenz- und der Pistenproben lassen erkennen, daß zur Zeit der Untersuchung keine chemischen Pistenpräparierungsmittel eingesetzt worden sind. Diese Aussage wird durch die Tatsache erhärtet, daß die aufgetretenen Differenzen innerhalb der Schwankungsbreiten liegen, die die einschlägige Literatur als natürlich beschreibt.

#### – *Gletscherbäche*

Von den zur Zeit der Probenahmen vorhandenen und untersuchten Gletscherbächen erwiesen sich im Jahre 1989 die Abflüsse des Rettenbach- und Tiefenbachferners als mit häuslichen Abwässern verunreinigt.

Bei der Probenahme im August 1990, bei der der Tiefenbachferner unzugänglich war, beim Rettenbachferner aber zwei Abflüsse vorhanden waren, wurden nur mehr geringe und gegenüber der Probenahme 1989 stark verminderte Beeinträchtigungen festgestellt. Die im Jahre 1990 gleichzeitig vorgenommene bakteriologische Untersuchung weist auf eine Belastung des Gletscherbaches 1 mit häuslichen Abwässern hin: neben Fäkalkeimen konnten Kohlenwasserstoffe und Tenside nachgewiesen werden. Im Gletscherbach 2 traten zwar Tenside in Spuren auf, ein anderer Hinweis auf die Einbringung von Abwässern war nicht vorhanden. Eine ähnliche Situation wie im Gletscherbach 1 des Rettenbachferners wurde auch im Hintertuxer Gletscherbach festgestellt: der Gehalt von Kohlenwasserstoffen korreliert mit einem leicht erhöhten Anteil an organischem Gesamtkohlenstoff.

Der Vergleich der Untersuchungen der Jahre 1989 (Oktober) und 1990 (August) zeigt, daß sich die Ionengehalte in den Gletscherbächen durch die im August 1990 auftretende Abschmelzperiode stark vermindert hatten. Während im Herbst 1989 vor allem Calcium und Sulfat aber auch Kalium, Natrium und Magnesium in größeren Konzentrationen auftraten, waren ihre Anteile im August 1990 wesentlich vermindert.

#### – *Abwasserentsorgung*

Nach Inbetriebnahme der Ableitung der Abwässer der Schigebiete Rettenbach- und Tiefenbachferner bestehen nun in allen Schigebieten Kläranlagen (Kاونertal, Hochstubaier, Wurtenkees) oder Ableitungen bzw. Abtransporte zu im Tal gelegenen Kläranlagen (Pitztal, Ötztal, Zillertal, Kitzsteinhorn, Dachstein). Dabei sind Ableitungen ins Tal den z.T. in etwa 2800 m Höhe gelegenen, klimatischen Einflüssen und starken Schwankungen beim anfallenden Abwasser ausgesetzten Kläranlagen sicherlich vorzuziehen. Werden diesbezügliche Pläne im Stubaital verwirklicht, bleiben nur noch in den Schigebieten Kاونertal und Wurtenkees Kläranlagen in großer Höhe bestehen.

### – Blei

Die im August 1990 entnommenen Referenz- und Pistenrandproben wurden auch auf ihren Bleigehalt (unfiltrierte Probe) untersucht. Das Schwermetall konnte in allen Probenarten in unterschiedlichen Konzentrationen nachgewiesen werden. Besonders auffällig war das Ergebnis für den Rettenbachferner, mit 0,210 mg/l Pb in der Referenzprobe und 0,100 mg/l Pb in der Pistenrandprobe. Ein ähnlich hoher Wert (0,154 mg/l Pb) war in der Pistenrandprobe des Hintertuxer Gletschers festzustellen. Die bei den übrigen Gletschern gefundenen Anteile lagen im Bereich zwischen 0,004 und 0,088 mg/l Pb. Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, daß sowohl Fern-einträge als auch lokale Emissionsquellen für die gemessenen Bleiwerte verantwortlich sind.

### – Mineralöle

Wiederholt wird behauptet, daß Flugzeuge über den Alpen Kerosin ablassen. Um festzustellen, ob organische Mikroschadstoffe anthropogener Herkunft und Flugzeug-treibstoff in den Gletscherregionen auftreten, wurden organische Screeninganalysen durchgeführt. In den untersuchten Gletschern wurden keine Kerosinspuren gefunden.

Sie zeigten hingegen aber deutlich, daß Reste von Mineralölen bzw. deren Abbau- und Folgeprodukte auf allen untersuchten Gletschern auftreten. Was schon bei den bereits diskutierten Parametern auffiel, konnte auch bei der Screeninganalyse festgestellt werden: sowohl im August 1990 als auch im Oktober 1989 war das für Mineralölprodukte charakteristische Muster deutlich vorhanden, wenngleich auch 1990 weniger stark ausgeprägt. An beiden Untersuchungsterminen konnten außerdem Einzelsubstanzen nachgewiesen werden. Die zum Teil – vor allem 1989 registrierte – hohe Basisbelastung durch eine komplexe, chromatographisch nicht aufgelöste Substanzmischung gibt deutliche Hinweise auf das Auftreten anderer organischer Verbindungen von vermutlich anthropogener Herkunft. Nach dem derzeitigen Stand der Untersuchungen kann von einer Überlagerung flächenhafter Einträge mit jenen aus örtlichen Verunreinigungsquellen gesprochen werden.

Allen Gletscherbahngesellschaften ist die Problematik "Mineralöl" bewußt: z.T. wird – folgt man den Angaben der Gletscherbahnen – durch Druck auf die Gerätehersteller versucht, hier eine Verbesserung herbeizuführen, ansonsten wird zumindest für den Fall der Lösung der technischen Probleme, die der Einsatz biologisch abbaubarer "Schmiermittel" mit sich bringt, die Bereitschaft zum Austausch der bisherigen Pisten-geräte durch entsprechend geeignete Maschinen bekundet.

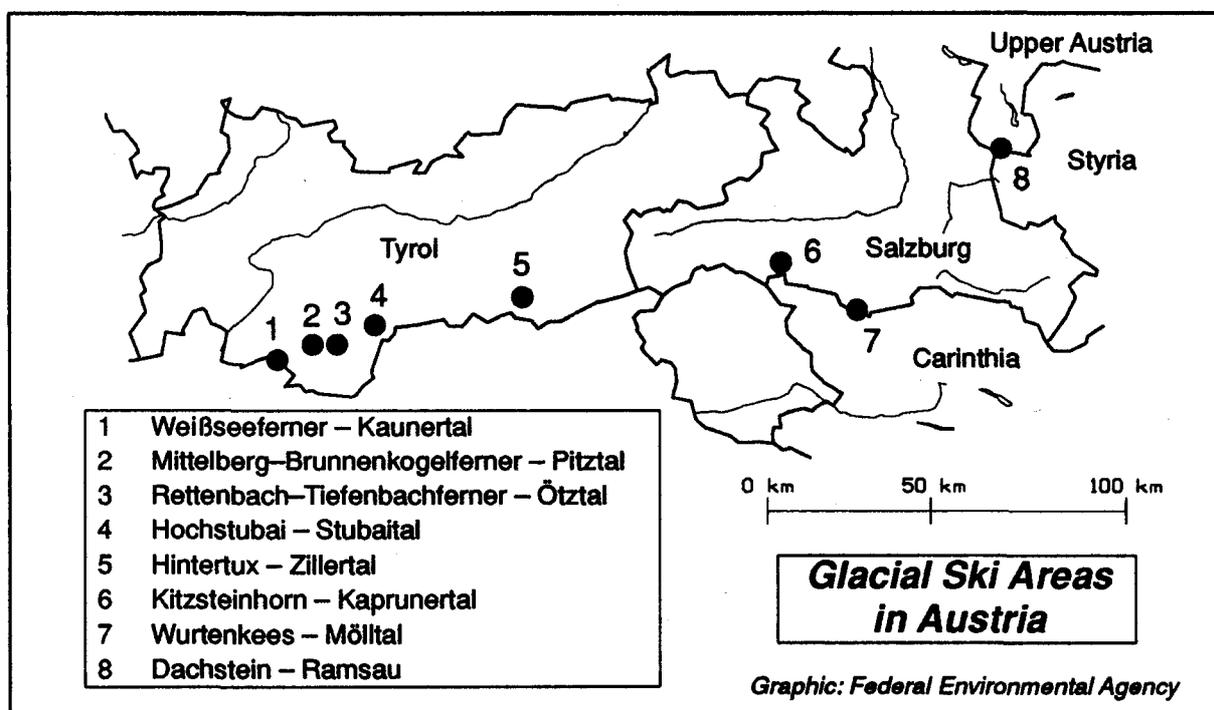
### – Ferntransport organischer Schadstoffe

Bei den im Jahre 1990 entnommenen Proben wurde das Untersuchungsprogramm um die Erfassung halogenierter Einzelsubstanzen erweitert. Dabei wurden in erster Linie flüchtige Chlorkohlenwasserstoffe (CKW), aber auch Bromdichlormethan, Dibrom-chlormethan und zwei aromatische Verbindungen (1,4-Dichlorbenzol und 1,2-Dichlorbenzol) untersucht. In sämtlichen Referenz- und Pistenrandproben wurden mit einer Ausnahme (3,3 µg/l Chloroform in der Pistenrandprobe am Kitzsteinhorn 1990) Chloroform, 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethylen und Perchlorethylen in Konzentrationen unter 1 Mikrogramm pro Liter nachgewiesen. Diese Ergebnisse stehen in guter Überein-

stimmung mit Werten, die in der BRD in Niederschlägen gemessen wurden; es kann daraus auf Ferntransport und großräumigen Eintrag dieser organischen Schadstoffe geschlossen werden.

### **Glacial Ski Areas in Austria – Summary**

This report provides, for the first time, an insight into the environmental situation of all eight glacial ski areas in Austria. The analytical results of the investigations are supplemented by details on glaciology as well as by data on the infrastructure. In the course of the project the investigation programme was gradually expanded by taking into account preliminary results.



#### **– Glacial Ski Areas in Austria**

The opening of the first all-year ski area on the Kitzsteinhorn glacier was in the year 1966. Until 1990 glaciers with a total area of 1560 ha have been opened up for skiing and are visited annually by several million people.

The surfaces which can be used for ski-runs correspond roughly to 2.9% of the entire glaciated area of Austria. Following the opening of the Kitzsteinhorn ski area, the Dachstein, Hintertux, Hochstubai, Rettenbachferner, Tiefenbachferner, Weißseeferner, Mittelbergferner, Brunnenkogelferner and Wurtenkees glaciers were also made accessible to skiers. Until then hardly used, these high alpine ecosystems which are very sensitive were thereby subject in part to massive encroachment and disruption by technical operations.

The infrastructure in the valleys which is necessary for the operation of these glacial ski areas required a corresponding extension of feeder roads as well as the construction

of parking sites. As a result, motor traffic was introduced into remote areas; further, the required infrastructure entails not only problems of supply and disposal but also increases the danger of contamination in areas which up to this point had not been accessible to mass tourism.

#### – *Ski-run Preparation*

In the past, the preparation of ski-runs on glaciers was a major problem. In addition, snow stabilizers (essentially, nitrogenous fertilizers) or thawing agents (sodium chloride or calcium chloride) were employed. Since these products contain sodium, calcium, chloride, nitrate, ammonium, potassium and phosphate, the analysis of these substances was given special attention in the present investigation.

According to the glacier railway companies the preparation of ski-runs is partly prohibited even for the racing teams. The new awareness has resulted in a discontinuation of, or ban on, the use of chemical agents.

The renunciation of chemicals in the preparation of ski-runs is confirmed by the results obtained from an investigation of the anorganic parameters. The differences between the values of the reference and ski-run samples show clearly that, at the time of the investigations, no chemical agents had been used in ski-run preparation. This assertion is strengthened by the fact that the measured differences lie within the bands of variation which the relevant literature describes as natural.

#### – *Glacial Creeks*

Of the glacial creeks that were investigated at the time of sampling in 1989, those of the Rettenbachferner and Tiefenbachferner were found to be contaminated with domestic sewage.

During the sampling in August 1990 the Tiefenbachferner was inaccessible but there were two glacial water flows from the Rettenbachferner. This time only slight contamination was detected, a considerable reduction compared to the values obtained in 1989. The bacteriological investigation, undertaken at the same time in 1990, indicates pollution with domestic sewage in glacial creek 1; besides faecal spores, hydrocarbons and tensides could be detected. In glacial creek 2 traces of tensides were present but there was no further evidence for the introduction of sewage. A similar situation to that obtained for glacial creek 1 of the Rettenbachferner was established for the Hintertux glacial creek: the concentration of hydrocarbons correlates with a slightly higher proportion of total organic carbon.

A comparison of the investigations of 1989 (October) with those of 1990 (August) indicates that the ion concentration in the glacial creeks had been considerably reduced by the thaw periods which occurred in August 1990. In the autumn of 1989 the highest concentrations were recorded, especially for calcium and sulphate, but also for potassium, sodium and magnesium, whereas in August 1990 the amounts of these substances were fundamentally reduced.

### – *Sewage Disposal*

Following the initiation of drainage of sewage from the ski areas at Rettenbachferner and Tiefbachferner there are now either purification plants in all ski areas (Kaunertal, Hochstuba, Wurtenkees) or drainage or removal to sewage plants in the valley (Pitztal, Oetztal, Zillertal, Kitzsteinhorn, Dachstein). Here, drainage to the valley is preferable to the purification plants some of which lie at about 2800 m and which are thus exposed to harsh climatic influences and strong variations with the existing sewage. If plans in this direction are realised for the Stubaital, the only remaining sewage plants at high altitude will be those in the ski areas of Kaunertal and Wurtenkees.

### – *Lead*

The reference and ski-run samples taken in August 1990 were also investigated for their lead content (unfiltered samples). The heavy metal could be detected in all sample types in different concentrations. Especially remarkable was the result obtained for the Rettenbachferner with 0.210 mg/l Pb in the reference sample and 0.100 mg/l Pb in the sample from the ski-run periphery. A similarly high value (0.154 mg/l Pb) was obtained for the ski-run periphery of the Hintertux glacier. The amounts found in all other samples ranged between 0.004 and 0.088 mg/l Pb. It can be concluded from these results that both distant inputs and local emission sources are responsible for the measured lead values.

### – *Mineral Oil*

It is repeatedly claimed that airplanes jettison their fuel over the alps. In order to ascertain the occurrence of micropollutants of anthropogenic origin and aviation fuel, organic screening analysis was carried out. In the glaciers that were investigated no traces of kerosine were found.

On the other hand, the analysis clearly showed the presence of residues of mineral oil or of its decomposition and related by-products on all investigated glaciers. What was already apparent from the parameters previously discussed, could also be observed in the screening analysis, namely, the characteristic pattern for petroleum products established in October 1989 was also present in August 1990, although less well defined. Furthermore, at both investigation dates individual substances were also identified. The high basic contamination – above all in 1989 – by an unresolved complex mixture, points to the existence of other organic compounds of apparently anthropogenic origin. In terms of the current state of investigation, one can speak of extensive areal inputs overlaid by those originating from local sources of contamination.

All glacier railway companies are aware of the “mineral oil” problem: in part, the attempt has been made (according to statements of the glacier railway companies) to bring about improvements by putting pressure on the equipment manufacturers; otherwise, at least as far as resolving technical problems is concerned – a step made possible by employing biologically degradable “lubricants” – the companies have declared their readiness to exchange the existing ski-run preparing machinery with the correspondingly suitable machines.

– *Long-range Transport of Organic Pollutants*

With the samples taken in 1990 the investigation programme was extended to include halogenated individual substances. In the first place, volatile chlorinated hydrocarbons and bromodichloromethane, dibromochloromethane and two aromatic compounds (1,4-dichlorobenzene and 1,2-dichlorobenzene) were investigated. Throughout the entire reference and ski-run periphery samples, with one exception (3.3 µg/l chloroform in the ski-run periphery sample of 1990 from Kitzsteinhorn), it was possible to determine the presence of chloroform, 1,1,1-trichloroethane, trichloroethylene and perchloroethylene in concentrations below 1 microgramme per litre. These results correspond well with the values which have been recorded in precipitation in the Federal Republic of Germany; this correlation permits the conclusion that the wide-spread input of such organic contaminants results from long-range transport.



**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung und Problemstellung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Die Gletscher der österreichischen Alpen .....</b>	<b>3</b>
2.1	Begriffsbestimmungen .....	3
2.1.1	Massenhaushalt .....	3
2.1.2	Schneegrenze .....	6
2.1.3	Gletschervorfeld .....	6
2.1.4	Abfluß von und in Gletschern .....	6
2.2	Gletschergeschichte .....	8
2.3	Glaziologische Forschungen .....	12
2.4	Gletscherflächen .....	12
<b>3</b>	<b>Erfassen und Erkennen von Schadstoffeinträgen mittels ausgewählter Untersuchungsparameter .....</b>	<b>14</b>
3.1	Natürlicher Gehalt an gelösten anorganischen Inhaltsstoffen in Gletscherabflüssen .....	15
3.2	Anorganische Inhaltsstoffe – Herkunft, Vorkommen und Schwankungsbereiche .....	15
3.2.1	Sulfat .....	15
3.2.1.1	Natürliche Einträge .....	15
3.2.1.2	Anthropogene Einträge .....	16
3.2.1.3	Schwankungsbereich .....	16
3.2.2	Natrium und Chlorid .....	17
3.2.2.1	Natürliche Einträge .....	17
3.2.2.2	Anthropogen bedingte Einträge .....	17
3.2.2.3	Schwankungsbereich .....	17
3.2.3	Phosphat und Kalium .....	18
3.2.3.1	Natürliche Einträge .....	18
3.2.3.2	Anthropogene Einträge .....	18
3.2.3.3	Schwankungsbereich .....	18
3.2.4	Nitrat und Ammonium .....	18
3.2.4.1	Natürliche Einträge .....	18
3.2.4.2	Anthropogene Einträge .....	19
3.2.4.3	Schwankungsbereich .....	19
3.2.5	Calcium und Magnesium .....	25
3.2.5.1	Natürliche Einträge .....	25
3.2.5.2	Anthropogene Einträge .....	25
3.2.5.3	Schwankungsbereich .....	25

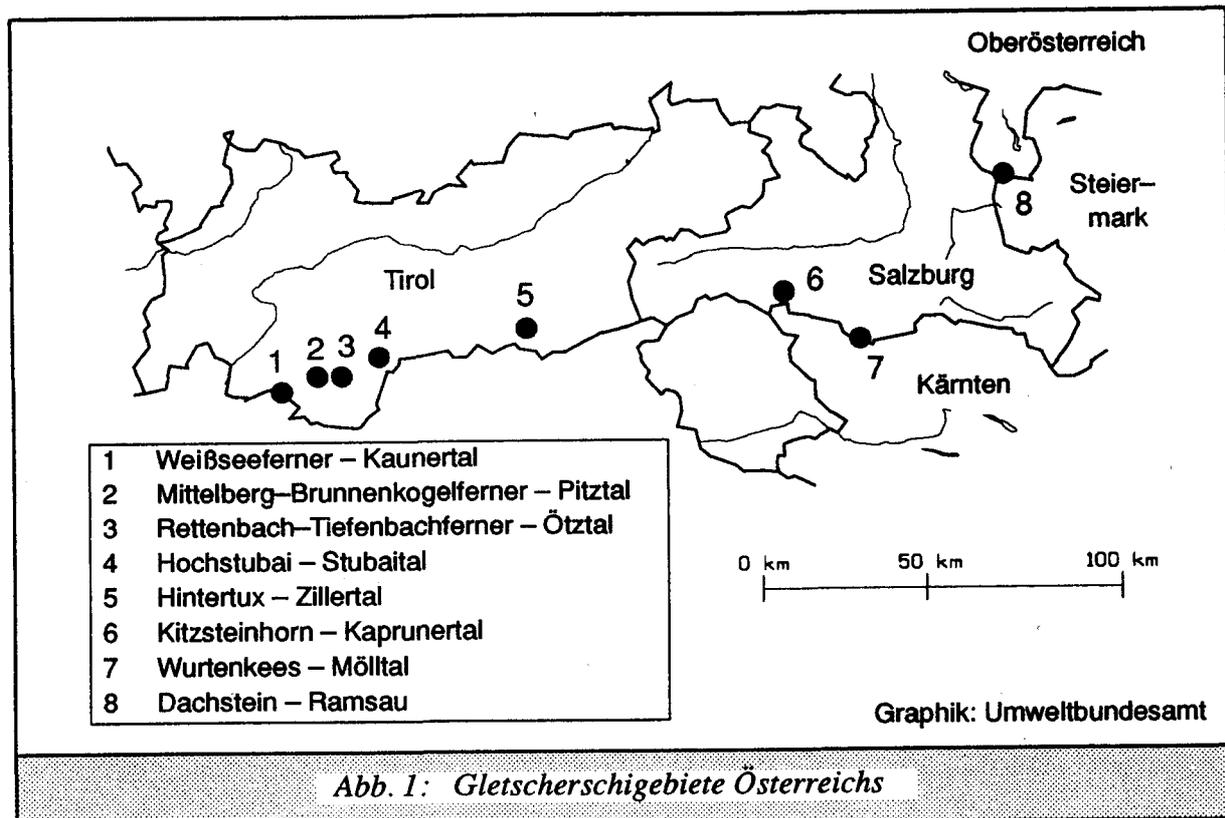
3.2.6	Bor .....	25
3.2.7	Blei .....	25
3.2.8	Jodid .....	26
3.2.9	Gesamter anorganischer Kohlenstoff (TIC) und gelöster anorganischer Kohlenstoff (DIC) .....	26
3.3	Erfassung organischer Verunreinigungen .....	26
3.3.1	Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC) und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) .....	26
3.3.2	Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) .....	26
3.3.3	Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB <sub>5</sub> ) .....	26
3.3.4	Kohlenwasserstoffe (CH) .....	26
3.3.5	Methylenblauaktive Substanzen (MBAS) .....	27
3.3.6	Lineares Alkylbenzolsulfonat (LAS) .....	27
3.3.7	Halogenierte Kohlenwasserstoffe (HKW) .....	27
3.4	Meteorologische Einflüsse auf den Schadstoffeintrag .....	27
<b>4</b>	<b>Untersuchungsgebiete, Probenahme und Analytik .....</b>	<b>29</b>
4.1	Untersuchungsgebiete und Probenarten .....	29
4.2	Ziel und Durchführung der Probenahme .....	30
4.3	Durchführung der chemischen Analysen .....	34
4.3.1	Anorganische und organische Parameter .....	34
4.3.2	Überblicksanalyse auf organische Schadstoffe .....	35
4.3.3	Laborversuche zur Plausibilitätssteigerung .....	36
4.3.3.1	Analyse von Kerosin .....	38
4.3.3.2	Analyse von Schiwachsen .....	39
4.3.3.3	Analysen von Motoren- und Hydraulikölen .....	40
4.3.3.4	Kontrolle auf Phthalatkontamination .....	40
4.3.4	Darstellung und Interpretation der Screeningergebnisse .....	41
<b>5</b>	<b>Die österreichischen Gletscherschigebiete .....</b>	<b>42</b>
5.1	Weißseeferner – Kaunertal .....	43
5.1.1	Infrastruktur und Besucherzahlen .....	44
5.1.2	Die Gletscher des Schigebietes .....	49
5.1.3	Untersuchung 1989 .....	52
	Organische Überblicksanalyse .....	55
5.1.4	Zusammenfassung der Untersuchung .....	57

5.2	Mittelberg–Brunnenkogelferner – Pitztal .....	58
5.2.1	Infrastruktur und Besucherzahlen .....	59
5.2.2	Die Gletscher des Schigebietes .....	65
5.2.3	Untersuchung 1989 .....	67
	Organische Überblicksanalyse .....	69
5.2.4	Untersuchung 1990 .....	71
	Organische Überblicksanalyse .....	75
5.2.5	Zusammenfassung der Untersuchungen .....	75
5.3	Rettenbachferner und Tiefenbachferner – Ötztal .....	77
5.3.1	Infrastruktur und Besucherzahlen .....	78
5.3.2	Die Gletscher des Schigebietes .....	83
5.3.3	Untersuchung 1989 .....	85
5.3.3.1	Rettenbachferner .....	87
	Organische Überblicksanalyse .....	89
5.3.3.2	Tiefenbachferner .....	91
	Organische Überblicksanalyse .....	93
5.3.4	Untersuchung 1990 .....	95
	Organische Überblicksanalyse .....	100
5.3.5	Zusammenfassung der Untersuchungen .....	102
5.4	Hochstubai – Stubaital .....	103
5.4.1	Infrastruktur und Besucherzahlen .....	104
5.4.2	Die Gletscher des Schigebietes .....	109
5.4.3	Untersuchung 1989 .....	113
	Organische Überblicksanalyse .....	118
5.4.4	Zusammenfassung der Untersuchung .....	120
5.5	Hintertux – Zillertal .....	121
5.5.1	Infrastruktur und Besucherzahlen .....	122
5.5.2	Die Gletscher des Schigebietes .....	128
5.5.3	Untersuchung 1989 .....	131
	Organische Überblicksanalyse .....	134
5.5.4	Untersuchung 1990 .....	136
	Organische Überblicksanalyse .....	140
5.5.5	Zusammenfassung der Untersuchungen .....	142
5.6	Kitzsteinhorn – Kaprunertal .....	143
5.6.1	Infrastruktur und Besucherzahlen .....	144
5.6.2	Der Gletscher des Schigebietes .....	150

5.6.3	Untersuchung 1989 .....	152
	Organische Überblicksanalyse .....	155
5.6.4	Untersuchung 1990 .....	156
	Organische Überblicksanalyse .....	160
5.6.5	Zusammenfassung der Untersuchungen .....	161
5.7	Wurtenkees – Mölltal .....	163
5.7.1	Infrastruktur und Besucherzahlen .....	164
5.7.2	Der Gletscher des Schigebietes .....	167
5.7.3	Untersuchung 1989 .....	171
	Organische Überblicksanalyse .....	174
5.7.4	Sonderproben 1990 .....	176
5.7.5	Zusammenfassung der Untersuchungen .....	177
5.8	Dachstein – Ramsau .....	178
5.8.1	Infrastruktur und Besucherzahlen .....	179
5.8.2	Der Gletscher des Schigebietes .....	184
5.8.3	Pilotuntersuchung 1988 .....	187
5.8.4	Untersuchung 1990 .....	190
	Organische Überblicksanalyse .....	193
5.8.5	Zusammenfassung der Untersuchungen .....	194
5.9	Vergleichende Darstellung der Analysen anorganischer Inhaltsstoffe ..	195
<b>6</b>	<b>Vergleichende Diskussion der organischen Screening-</b> <b>Analysen</b> .....	<b>200</b>
6.1	“Basisbelastung” – abgeleitet aus den normierten Chromatogrammen .	201
6.2	“Alkanmuster” – abgeleitet aus den Originalchromatogrammen .....	202
6.3	“Einzelsubstanzen” – abgeleitet aus den Originalchromatogrammen ..	204
6.4	Beurteilung .....	205
<b>7</b>	<b>Auswirkungen des Gletschertourismus in den österreichischen</b> <b>Gletscherschigebieten</b> .....	<b>214</b>
7.1	Entwicklung und Maßnahmen gegen anthropogen bedingten Schadstoffeintrag .....	214
7.2	Entwicklung der Besucherzahlen sowie die Bedeutung der Gletscherschigebiete für die Gemeinden .....	215
7.3	Untersuchungsergebnisse .....	217
	<b>Literatur</b> .....	<b>219</b>

## 1 Einleitung und Problemstellung

Der Österreichische Alpenverein trat mit der Bitte an die Frau Bundesministerin für Umwelt, Jugend und Familie heran, alle österreichischen Gletscherschigebiete auf mögliche Verschmutzungen untersuchen zu lassen. Das Umweltbundesamt führte daraufhin ein Untersuchungsprogramm in Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Alpenverein auf den zu Schigebieten ausgebauten Gletscherregionen durch.



Ziel der vorliegenden Untersuchungen war eine möglichst repräsentative Erhebung der anthropogen verursachten Beeinträchtigungen der für den Schisport intensiv genutzten Flächen. Die Probenahmestellen wurden nach der aktuellen Lage der Trainingspiste und der Fahrstrecken der Pistenfahrzeuge ausgewählt. Bei der Entnahme der Referenzproben wurde sorgfältig darauf geachtet, sie in möglichst unberührten Gebieten zu ziehen. Wegen der Unzugänglichkeit des Geländes war dies aber nicht immer möglich.

Im Herbst 1989 und im Sommer 1990 wurden von den so ermittelten Flächen Mischproben entnommen und untersucht.

Beeinträchtigungen der Gletscher durch intensive Nutzung können unterschiedliche Ursachen haben:

- Einsatz von chemischen Pistenpräparierungsmitteln, die Natrium-, Calcium-, Kalium- und Ammoniumverbindungen als Chlorid, Nitrat und Phosphat enthalten
- Öl- und Treibstoffverluste von Pistengeräten und Aufstiegshilfen
- Abwässer und Abfälle aus Restaurants und Hotelbetrieben am Rande der Schigebiete

- Emissionen von Generatoren und Heizungsanlagen
- Autoabgase im Fall von Zubringerstraßen und Auffangparkplätzen
- Abrieb von Schiwachs auf den Pisten

Außerdem können flächenhafte nicht im kausalen Zusammenhang mit der Gletschernutzung stehende Belastungen durch Fernverfrachtungen von Luftschadstoffen nicht ausgeschlossen werden. Weiters treten in der Öffentlichkeit immer wieder Vermutungen über Verschmutzung hochalpiner Regionen durch abgelassene Flugzeugtreibstoffe (Kerosin) auf.

Um einen umfassenden Überblick über die Situation auf den Gletscherschigebieten zu erhalten, wurden als Untersuchungsziele Antworten auf folgende Fragen gesucht:

- 1) Ist der Einsatz von chemischen Pistenpräparierungsmitteln im Untersuchungszeitraum analytisch nachweisbar?
- 2) Können Verunreinigungen z.B. durch kommunale Abwässer in den Gletscherbächen nachgewiesen werden?
- 3) Kommt es bei durch Tropfverluste von Pistengeräten und Aufstiegshilfen bzw. durch Verluste bei Manipulation und Lagerung verursachten Mineralölkontaminationen zu einer flächenhaften Verteilung auf dem Gletscher oder bleibt es bei punktuellen Verunreinigungen?
- 4) Sind Verunreinigungen durch abgelassenes Kerosin – verursacht durch den Flugverkehr – in hochalpinen Gletscherregionen feststellbar?
- 5) Können organische Verbindungen in den alpinen Gletscherregionen nachgewiesen werden? Wenn ja, sind sie spezifischen Verunreinigungsquellen zuzuordnen?

**Schibetrieb im  
Hochsommer**



**Die Schaffung  
touristischer  
Infrastrukturen  
verursacht  
erhebliche  
Eingriffe in die  
hochalpine  
Landschaft.**





## 2 Die Gletscher der österreichischen Alpen

### 2.1 Begriffsbestimmungen

#### 2.1.1 Massenhaushalt

Der Massenhaushalt gibt an, wie sich die Masse eines Gletschers bzw. eines bestimmten Schnee- oder Gletschergebietes in einer bestimmten Zeitspanne ändert (KUHN, 1985). In der Regel wird der Massenhaushalt eines Jahres, meist jener des hydrologischen Jahres, welches vom 1. Oktober bis zum 30. September des folgenden Kalenderjahres dauert, betrachtet. Die Massenbilanz stellt Massengewinne und -verluste gegenüber.

Massengewinne (*Akkumulation*) werden erzielt durch: (a) Schneefall, (b) windverfrachteten Schnee, (c) Lawinen.

Massenverluste (*Ablation*) erfolgen durch: (a) Schmelzen, (b) Winderosion, (c) Verdunstung, (d) Abriß von Lawinen.

Schmelzen wird vor allem durch Sonnenstrahlung verursacht. Hier spielt das Reflexionsvermögen (*Albedo*) der Schnee- bzw. Gletscheroberfläche eine wesentliche Rolle. Die Albedo gibt an, wieviel der eingestrahnten Energie reflektiert wird. Helle Flächen, z.B. Neuschnee, reflektieren mehr und absorbieren entsprechend weniger Energie und schmelzen daher langsamer als relativ dunkle Bereiche, wie z.B. verschmutztes Gletschereis (KUHN, 1985). Für die Albedo spielt auch die Verschmutzung der Gletscheroberfläche eine Rolle. Diese Verunreinigungen durch Staub bzw. Feinmaterial, in Gletscherschigebieten auch durch den Ruß aus Dieselmotoren, erhöhen aufgrund ihrer dunklen Farbe die Strahlungsabsorption der Schnee- und Eisflächen und führen so zu einer Ablationsverstärkung. Dicke Schuttauflagen hingegen bieten einen Ablationsschutz und können beispielsweise bei Mittelmoränen eine Aufhöhung im Vergleich zur umgebenden Gletscheroberfläche bewirken.

Ist das Ergebnis der Massenbilanz über mehrere Jahre negativ, verliert der Gletscher also im unteren Teil, dem Ablations- oder Zehrgebiet, mehr Masse als er im oberen Teil, dem Akkumulations- oder Nährgebiet, dazugewinnt, so wird der Gletscher an Größe verlieren. Die Massengewinne im Akkumulationsgebiet, die durch die Gletscherbewegung in das Ablationsgebiet transportiert werden, reichen dann nicht mehr aus, um die dortigen Massenverluste auszugleichen. Diese Entwicklung wird solange anhalten, bis wiederum ein Gleichgewicht zwischen Akkumulation und Ablation erreicht ist. Umgekehrt reagiert der Gletscher auf positive Massenbilanzen mit einer Vergrößerung, die Gletscherzunge stößt vor.

Diese Anpassungsprozesse der Gletscher an veränderte Ernährungsbedingungen können, abhängig von der Gletschergröße, bis zu mehreren Jahrzehnten dauern.

Durch die längerfristigen Änderungen der Massenbilanzen werden nicht nur die Gletscherflächen verändert, auch die Eisbewegung wird beeinflusst. Auf positive Massenhaushalte reagieren Gletscher beispielsweise mit einer Zunahme der Eisdynamik, die Spaltenbildung nimmt entsprechend zu. Demgegenüber weisen kleine und relativ flache Gletscher, z.B. der Schladminger Gletscher am Dachstein, nur

geringe Fließgeschwindigkeiten von wenigen Metern pro Jahr und damit verbunden auch eine Spaltenarmut auf. Größere Gletscher der österreichischen Alpen weisen maximale Fließgeschwindigkeiten von mehreren Zehnermetern pro Jahr auf.

Bestimmt werden die Schwankungen des Massenhaushalts in den Alpen vor allem durch die Faktoren Jahresniederschlag und Sommertemperatur. Dabei spielen auch sommerliche Neuschneefälle auf den Gletschern eine bedeutsame Rolle, da durch diese die Albedo der Gletscheroberfläche deutlich erhöht und somit die Ablation gebremst wird.

Der Massenhaushalt eines Gletschers kann durch 3 Methoden bestimmt werden:

- a) Die direkte glaziologische Methode: Hier wird im Ablationsgebiet an Pegelstangen, die in das Eis eingebohrt sind, der Eisverlust bestimmt; im Akkumulationsgebiet wird in Schneeschächten durch Wägen die Massenzunahme bestimmt. Daraus wird die Massenbilanz des Gletschers errechnet, die auch als 'spezifische Massenbilanz', als Masse pro Flächeneinheit oder als Höhe des entsprechenden Schmelzwassers angegeben wird ( $1\text{kg/m}^2 = 1\text{mm Wasseräquivalent}$ ) (KUHNS, 1985). An Gletschern mit relativ tiefliegenden Zungen kann der Eisverlust während eines Jahres mehrere Meter betragen.
- b) Durch die hydrologische Methode: Gemessen wird der Abfluß des Gletschers und der Gebietsniederschlag. Unter Berücksichtigung der Verdunstung wird als Restwert der Massenhaushalt des Gletschers bestimmt.
- c) Die kartographische Methode: Hier werden zwei meist mehrere Jahre auseinanderliegende Kartenaufnahmen eines Gletschers miteinander verglichen und aus den Höhendifferenzen der Gletscheroberfläche die inzwischen aufgetretenen Volumsänderungen berechnet.

Massenhaushaltsbestimmungen nach der direkten glaziologischen Methode sind aufwendig und werden demnach relativ selten durchgeführt. Die längste auf diese Art erstellte Meßreihe der Ostalpen, begonnen 1952/53, liegt für den Hintereisferner/Ötztal vor.

Abbildung 2 zeigt für das Massenhaushaltsjahr 1975/76 die Verteilung der Ablations- und Akkumulationsflächen am Hintereisferner. Am Gletscherrand sind jeweils die Höhenangaben des Gletscherrandes – der Hintereisferner erstreckt sich von über 3700 m bis unter 2500 m – verzeichnet. Auf der Gletscherfläche sind jeweils die Isolinien gleicher Ablation bzw. Akkumulation eingetragen, wobei die Bereiche mit überwiegender Ablation durch eine Schraffur kenntlich gemacht sind. Die verwendeten Maßangaben für die Ablation bzw. Akkumulation sind nicht Volumenswerte, sondern die Einheit ist 'cm Wasseräquivalent'.

Die Massenbilanz des Jahres 1975/76 war negativ im mittleren Bereich, als spezifische Massenbilanz ergab sich ein Betrag von  $-31,4$  cm Wasseräquivalent; am Hintereisferner wurden bereits negative spezifische Massenbilanzen mit etwa  $-120$  cm Wasseräquivalent bestimmt.

Abbildung 2 zeigt, daß 1975/76 an der Gletscherzunge ein Eisverlust von ca. 6 m – der Hintereisferner hat aufgrund seiner Größe von knapp  $9\text{ km}^2$  eine relativ tiefliegende Gletscherzunge – gemessen wurde. Dieser Wert gibt den Eisverlust im Vergleich zur

Eisoberfläche im vorhergehenden Massenhaushaltsjahr an, stellt jedoch kein Maß für die absolute Änderung der Höhe der Eisoberfläche dar.

Ein Gletscher, der im Gleichgewicht ist und somit seine Größe nicht ändert, ersetzt den Eisverlust mit Hilfe der Eisbewegung, die absolute Höhe der Eisoberfläche bleibt somit gleich.

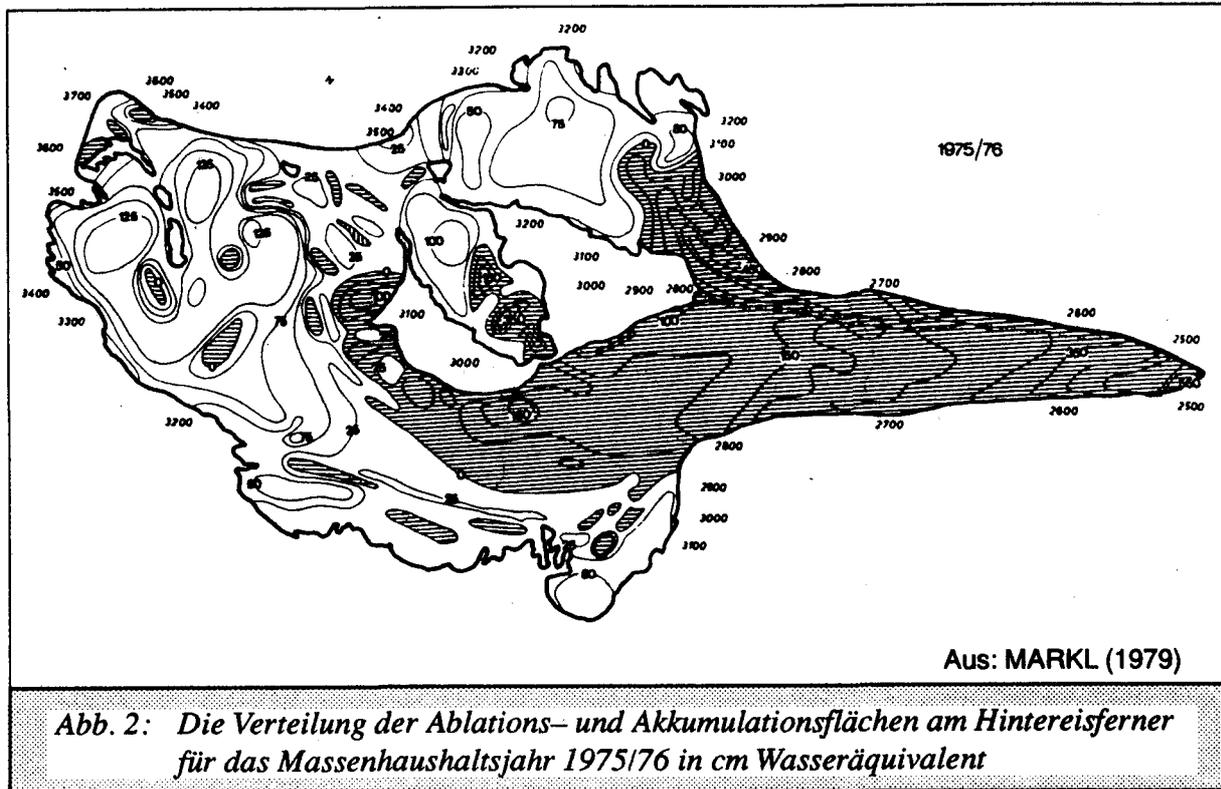


Abb. 2: Die Verteilung der Ablations- und Akkumulationsflächen am Hintereisferner für das Massenhaushaltsjahr 1975/76 in cm Wasseräquivalent

Ein Gletscher, der vorrückt, hat an seiner Zunge zwar auch Eisverluste durch Schmelzung – wenn die Gletscherzunge im Laufe des Sommers ausapert –, die aufgrund der Gletscherbewegung herangeführten Eismengen überwiegen jedoch den Verlustbetrag und bewirken insgesamt einen Vorstoß der Gletscherzunge.

Veränderte Massenhaushaltsergebnisse bewirken Längen- und Flächenänderungen der Gletscher. Diese Anpassungen an die veränderten Ernährungsbedingungen werden mit einer gewissen, von Gletscher zu Gletscher verschiedenen Reaktionszeit – zwischen einem Jahr und wenigen Jahrzehnten – wirksam.

Während die Gletscher im Akkumulationsgebiet immer vom Schnee des gerade aktuellen Massenhaushaltsjahres bedeckt sind, apert im Laufe des Sommers die unteren Teile der Gletscher immer weiter aus. Durch diese *Ausaperung* kommen Eisflächen und Firnschichten aus früheren Haushaltsjahren zutage.

Die in Abbildung 2 eingetragenen maximalen Werte für die Akkumulation sind im Vergleich zu den maximalen Ablationsbeträgen relativ gering. Demgegenüber betrug die Akkumulationsfläche im Haushaltsjahr 1975/76 ca. 58 % der Gletschergesamtfläche des Hintereisfernens. Um einen ausgeglichenen Massenhaushalt zu erreichen, braucht ein Gletscher eine Akkumulationsfläche, die etwa 2/3 der Gletschergesamtfläche beträgt, bzw. ein Flächenverhältnis von Akkumulations- zu Ablationsgebiet von 2:1.

Die *Gleichgewichtslinie* ist eine Linie, die alle Punkte eines Gletschers verbindet, deren Akkumulation und Ablation – und damit die Massenbilanz – gleich 0 ist (GROSS et al., 1976). Da in natura, wie in Abbildung 2 zu sehen ist, die Gleichgewichtslinie keine höhenlinienparallele Grenze darstellt, sondern u.a. aufgrund der Gletschertopographie z.T. in Einzelfiguren aufgelöst ist, wird ihre Höhe auf der Basis der Massenbilanzwerte einzelner Höhenstufen errechnet.

### 2.1.2 Schneegrenze

Für den Begriff 'Schneegrenze' gibt es unterschiedliche Definitionen. Meint man die Schneegrenze auf Gletschern, ist jene Definition am sinnvollsten, bei der die Schneegrenzhöhe als Höhe der Gleichgewichtslinie eines Gletschers im Mittel über mehrere Jahre betrachtet wird. Eine solche Schneegrenzbestimmung wäre somit nur an den wenigen Gletschern, für die Höhen der Gleichgewichtslinien vorliegen, anwendbar.

Mit dem oben erwähnten Flächenverhältnis von Akkumulations- zu Ablationsgebiet von 2:1 kann man aber an Gletschern die Höhe der Gleichgewichtslinie im Mittel mehrerer Jahre – und damit die Schneegrenzhöhe – bestimmen. Diese 'Flächenteilungsmethode 2:1' liefert an Gletschern, die im oder nahe einem Gleichgewichtszustand sind, ausreichend genaue Resultate. Mit dieser Methode wurden auch die im Österreichischen Gletscherinventar angegebenen Schneegrenzhöhen berechnet.

Expositionsunterschiede spielen bei der Schneegrenzhöhe eine wichtige Rolle: auf südexponierten Gletschern liegt die Schneegrenze in der Größenordnung von ca. 150 Höhenmetern über jener von benachbarten, nordseitig gelegenen Gletschern. Sonst ist die Höhe der Schneegrenze in den österreichischen Alpen hauptsächlich eine Funktion der Niederschlagsmenge.

### 2.1.3 Gletschervorfeld

Mit dem Begriff 'Gletschervorfeld' wird jener Geländebereich bezeichnet, der zwischen dem heutigen Gletscherrand und der Eisausdehnung zu Gletscherhochstandszeiten liegt. Dieser Bereich wird nach außen meist durch Moränen, also Schuttablagerungen, begrenzt. Vereinfachend wird auch die Gletscherausdehnung zur Mitte des 19. Jahrhunderts, als die Alpengletscher letztmals einen Hochstand aufwiesen, als Außen-grenze des Gletschervorfeldes bezeichnet. Das Gletschervorfeld hebt sich vom übrigen Gelände durch seine relative Vegetationsarmut und spezielle Pflanzengesellschaften ab. Bedingt sind diese Phänomene, die, je näher am heutigen Eisrand, desto ausgeprägter sind, durch die relativ kurze Zeit der Eisfreiheit des Geländes.

### 2.1.4 Abfluß von und in Gletschern

Der überwiegende Anteil der österreichischen Gletscher ist als temperiert einzustufen. Sie sind somit nahe dem Schmelzpunkt. Im Sommer findet in allen Gletscherhöhenstufen Schmelzung und in weiterer Folge auch Abfluß dieser Schmelzwässer statt. BEHRENS (1975, 1982) unterscheidet beim Abfluß von und in Gletschern im wesentlichen zwischen zwei Bereichen:

- a) Schmelzwasser, das im Ablationsgebiet an der Eisoberfläche anfällt, fließt oberflächlich auf dem wasserundurchlässigen Eiskörper ab, bzw. tritt in das intraglaziale Abflußsystem ein und erreicht so das Gletscherende bzw. den Gletscherbach. Dieser Abfluß im Eiskörper des Gletschers erfolgt relativ rasch mit Geschwindigkeiten zwischen ca. 0,5 und 1,0 m/s (BEHRENS et al., 1975).
- b) In den Firngebieten der Gletscher anfallendes Schmelzwasser fließt deutlich langsamer ab. Das Schmelzwasser braucht etwa 1–7 Tage, um durch die Schnee- und Firnschicht zu sickern und eine wassergesättigte Firntafel zu erreichen. Diese Wassertafel bildet sich durch den Schmelzwasseranfall auf dem wasserundurchlässigen Eiskörper aus. Die Fließgeschwindigkeiten in diesem wassergesättigten Firn sind gering und liegen bei etwa 6 m/d. Das Schmelzwasser verweilt ca. 7–20 Tage in dieser Firnschicht und gelangt dann in das intraglaziale Gerinnesystem des Gletschers, in welchem es wiederum rasch abfließt (BEHRENS et al., 1982).

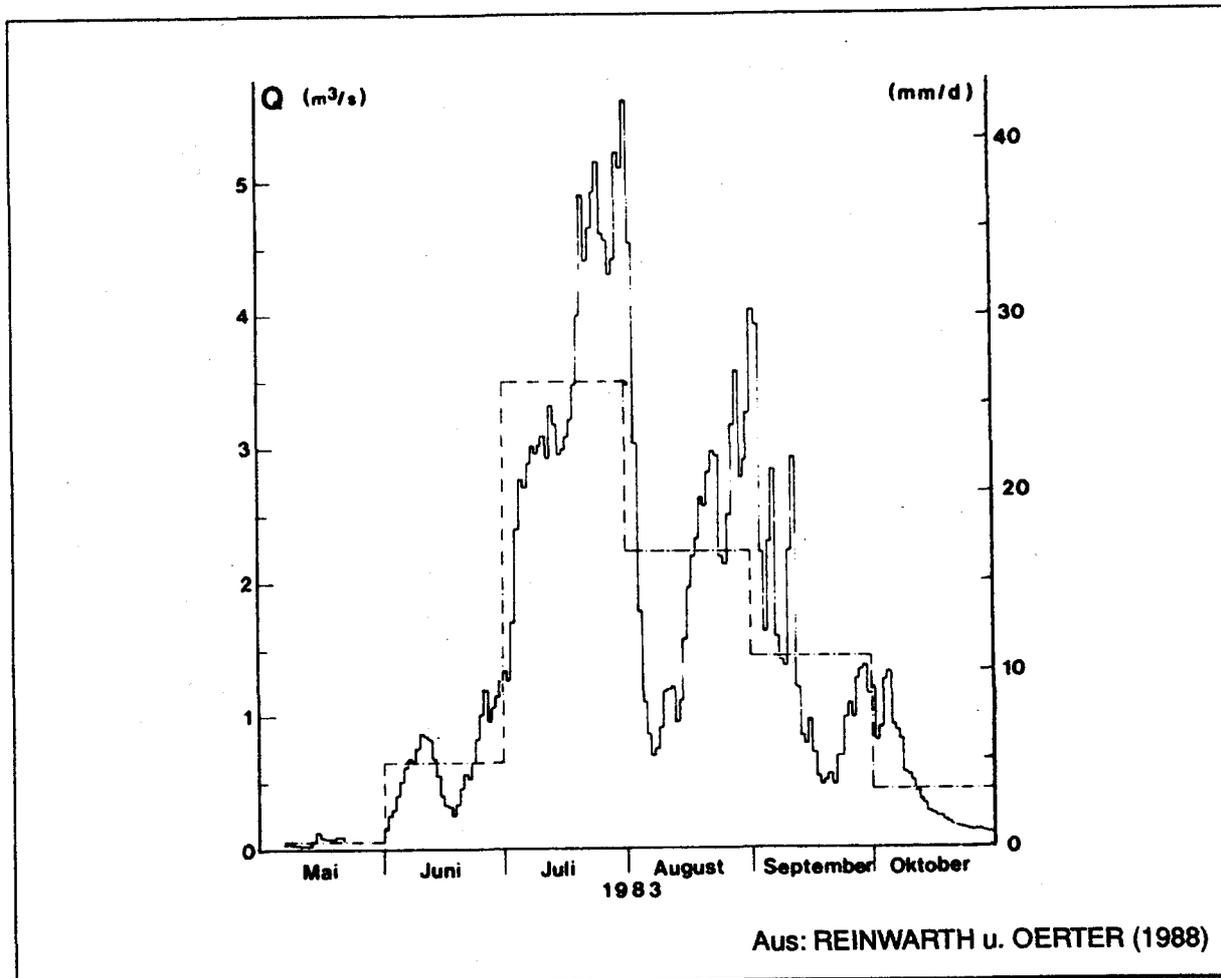


Abb. 3: Ganglinie der Tagesmittelwerte des Abflusses ( $Q$ ) an der Pegelstation Vernagtbach in den Monaten Mai bis Oktober 1983

METCALF (1986) teilt die Gletscherabflüsse in eine Oberflächenkomponente und in eine subglaziale Abflußkomponente ein. Die Oberflächenkomponente dominiert den Gesamtabfluß bei Hochwasser, während die subglaziale Komponente des Abflusses

oft sehr lange Verweilzeiten im Gletscherinneren aufweisen kann. Die subglaziale Komponente des Abflusses dringt mehr oder weniger senkrecht in den Gletscher vor, wobei sich hier das Wasser in oft stark verzweigten Eisröhrensystemen und Eisklüften bewegt und an der Gletscherbasis mit Moränenmaterial von sehr unterschiedlicher Korngröße in Kontakt kommt, bevor es an der Gletscherfront wieder ins Freie tritt.

Der Abfluß eines Gletschers wird sowohl aus den Niederschlägen des aktuellen Haushaltsjahres, als auch aus dem Abschmelzen von in früheren Jahren gebildeter Gletschermasse gespeist. Der Anteil des Abflusses aus der Gletschersubstanz am Gesamtabfluß ist relativ gering: für den Vernagtferner/Öztaler Alpen wurde als Mittel der Jahre 1974–1985 ein Betrag von 16 % bestimmt. In gletscherunfreundlichen Jahren kann sich dieser Prozentwert jedoch deutlich erhöhen: im Jahr 1982 lag der Abflußanteil aus der Gletschermasse bei 34 % (REINWARTH u. OERTER, 1988).

Die Abflußmenge aus Gletschern ist sehr ungleich über die Monate verteilt. Abbildung 3 zeigt die täglichen Abflußmengen im Sommer 1983 für den Vernagtbach/Öztaler Alpen. Das Einzugsgebiet dieses Baches ist stark vergletschert. Über 90 % der Jahreswassermenge an dieser Pegelstation fällt in den Monaten Mai bis September an, von Jänner bis April ist der Schmelzwasseranfall vernachlässigbar gering und wird nicht registriert. Die starken Schwankungen im Tagesabfluß sind witterungsbedingt. Bei sommerlichem Schönwetter steigt die Wasserführung aufgrund des Schmelzwasseranfalles stark an, bei Kälteeinbrüchen bzw. sommerlichen Neuschneefällen geht die Wassermenge im Gletscherbach entsprechend zurück (REINWARTH und OERTER, 1988).

## 2.2 Gletschergeschichte

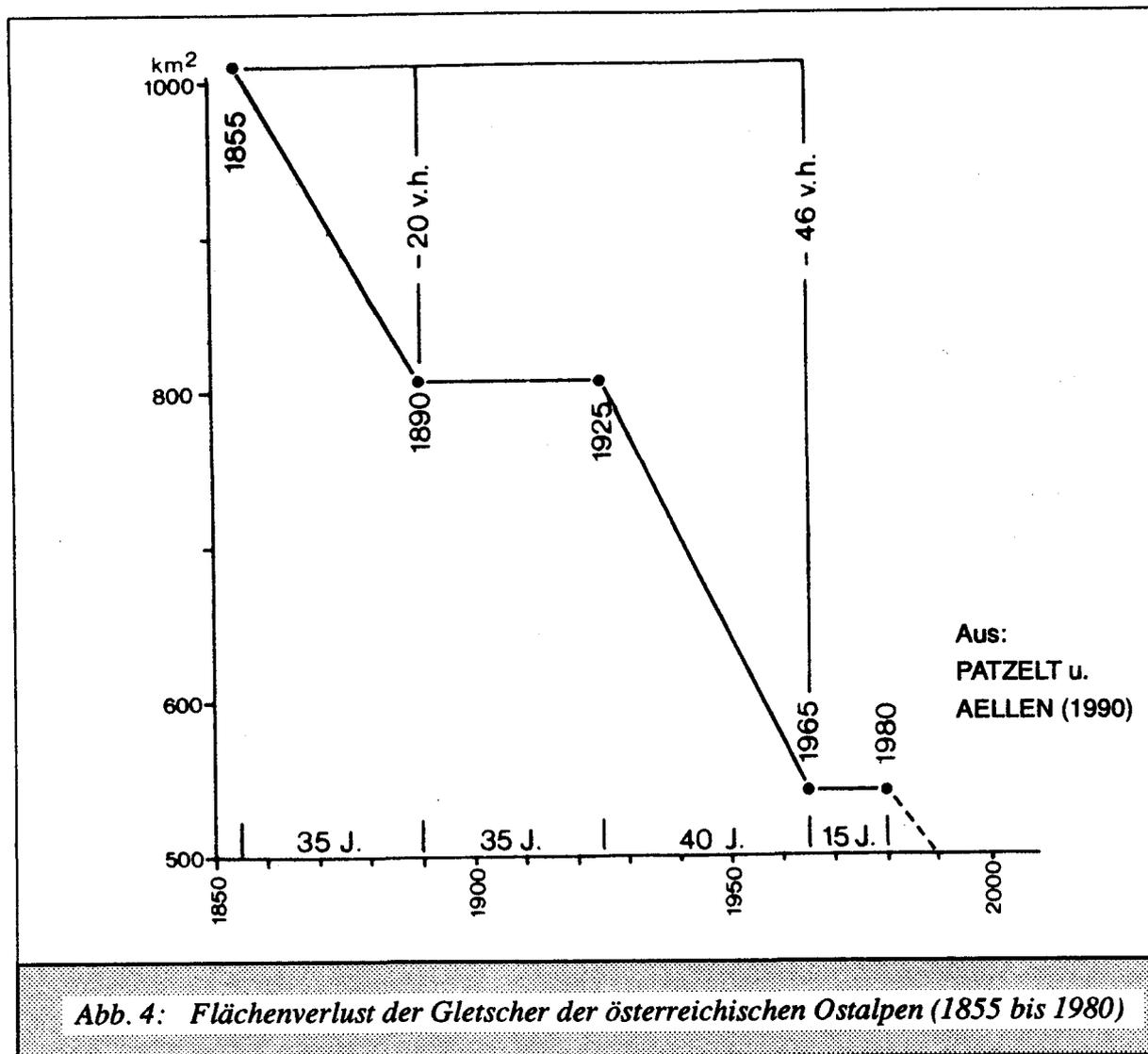
Zur Mitte des letzten Jahrhunderts, kurz '1850' genannt, erreichten die Alpengletscher letztmals einen Hochstand. Dieser '1850er' Hochstand war der letzte der sogenannten 'neuzeitlichen Gletscherhochstandsperiode', die auch wenig zutreffend englisch 'Little Ice Age' genannt wird. Diese Hochstandsperiode wird im allgemeinen mit dem Zeitraum zwischen 1600 und 1850 abgegrenzt. Ausdehnungen wie um '1850' erreichten die Alpengletscher in der Nacheiszeit mehrmals, nie waren sie jedoch wesentlich größer als zur Mitte des letzten Jahrhunderts.

Nach '1850' erfolgte der Flächen- und Längenrückgang der Gletscher in mehreren Phasen. Abbildung 4 faßt diese Entwicklung zusammen.

Nach '1850' verzeichneten die österreichischen Gletscher einen Flächenverlust von ca. 20 %. Um 1890 setzte eine Phase mit Wiedervorstößen bzw. annähernd stationärem Zustand der Gletscher ein, die um 1920 mit einem allgemeinen Vorstoß endete. Weitere etwa 26 % der Fläche von '1850' – oder ca. 33 % bezogen auf die Gletschergesamtfläche von '1920' – betrug der Flächenrückgang zwischen 1925 und 1965. Zwischen 1965 und 1980 rückte die Mehrzahl der Gletscher der österreichischen Alpen wieder vor. Seit 1980 überwiegt wiederum der Flächenverlust (PATZELT u. AELLEN, 1990).

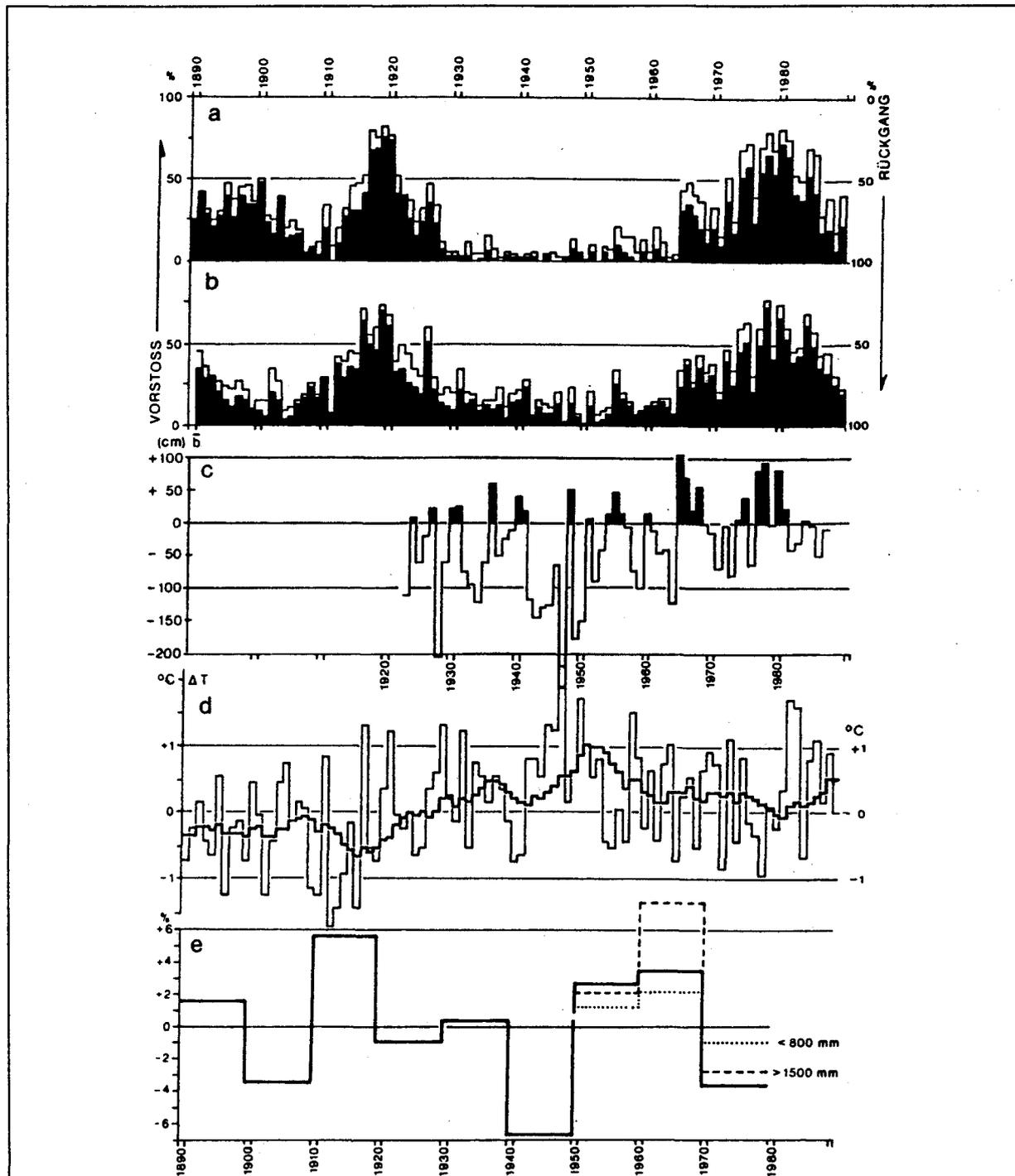
Das Österreichische Gletscherinventar beruht vor allem auf den Auswertungen von Luftaufnahmen aus dem Jahr 1969. Die Auswertungen wurden etwa 1980 abgeschlossen. Im österreichischen Alpenanteil wurden 925 Gletscher erfaßt, die eine Gesamtfläche von 542 km<sup>2</sup> aufweisen (Stand 1969). Der Flächenverlust der österrei-

chischen Gletscher zwischen '1850' und 1969 konnte auf 46 % beziffert werden. Dieser Flächenverlust wurde hauptsächlich durch einen langfristigen Anstieg der Sommertemperatur um ca. 0.7 °C bewirkt. Diese Temperaturerhöhung hatte einen Schneegrenzanstieg von ca. 100 Höhenmetern zur Folge.



Bei kleineren Gletschern wirkte sich dieser Schneegrenzanstieg stärker aus, da ein prozentmäßig großer Gletscherteil nun zum Ablationsgebiet wurde. Bei großen Gletschern war aufgrund der deutlichen Höhendifferenz zwischen oberem und unterem Ende die Verringerung der Akkumulationsgebiete relativ gering. Somit hielt sich der prozentuelle Flächenverlust in Grenzen.

Ab etwa 1890 wurden in den Alpen, organisiert von den alpinen Vereinen, an Gletscherzungen Längenänderungen gemessen. In Abbildung 5 sind in Teil a die Ergebnisse für den österreichischen, in Teil b für den schweizerischen Alpenanteil zusammengestellt. Teil c der Figur enthält spezifische Massenbilanzwerte von alpinen Gletschern, Teil d zeigt die mittlere Sommertemperatur von Bergstationen sowohl als jährliche Werte als auch als 10-jähriges Mittel, in Teile sind in 10-Jahresintervallen die Niederschlagsvariationen dargestellt (PATZELT u. AELLEN, 1990).



a-c) Gletscherveränderungen: Statistik der Längenänderungen 1890-1989: a) Österreichische Alpen, b) Schweizer Alpen; c) mittlere spezifische Massenbilanzen 1922-1987. d,e) Klima: Abweichungen vom Mittelwert 1851-1950, d) für Lufttemperatur im Sommer (Mai-September) an alpinen Bergstationen, jährlich (dünne Linie) und in 10-jährigen übergreifenden Mittelwerten (fette Linie), e) für Jahresmenge des Niederschlags in vergleicherten Gebirgsgruppen der Ostalpen, 10-jähriges Mittel punktiert für Stationen mit Jahressumme unter 800 mm, strichliert für Stationen mit Jahressumme über 1500 mm.

Aus: PATZELT u. AELLEN 1990

Abb. 5: Gletscherveränderungen und Klima im Alpenraum seit 1890

Deutlich erkennbar ist der Vorstoß der Alpengletscher in den 1920er-Jahren, der durch einen Temperaturrückgang und eine Niederschlagszunahme ausgelöst wurde. Diesem Vorstoß folgte eine etwa 40-jährige Rückzugsperiode – bis 1965 –, die durch einen deutlichen Temperaturanstieg und einen Rückgang der Niederschläge gekennzeichnet war. Extrem gletscherfeindlich waren die 1940er Jahre mit einer Häufung stark negativer Massenhaushaltsjahre. Ab 1965 nahmen die Jahre mit positiven Massenhaushalten wieder zu, was zu einer kleinen Vorstoßperiode führte, die 1980 mit ca. 75 % vorstoßender Gletscher ihren Höhepunkt fand. Ab etwa diesem Zeitpunkt beginnt wieder zunehmendes Rückschmelzen.

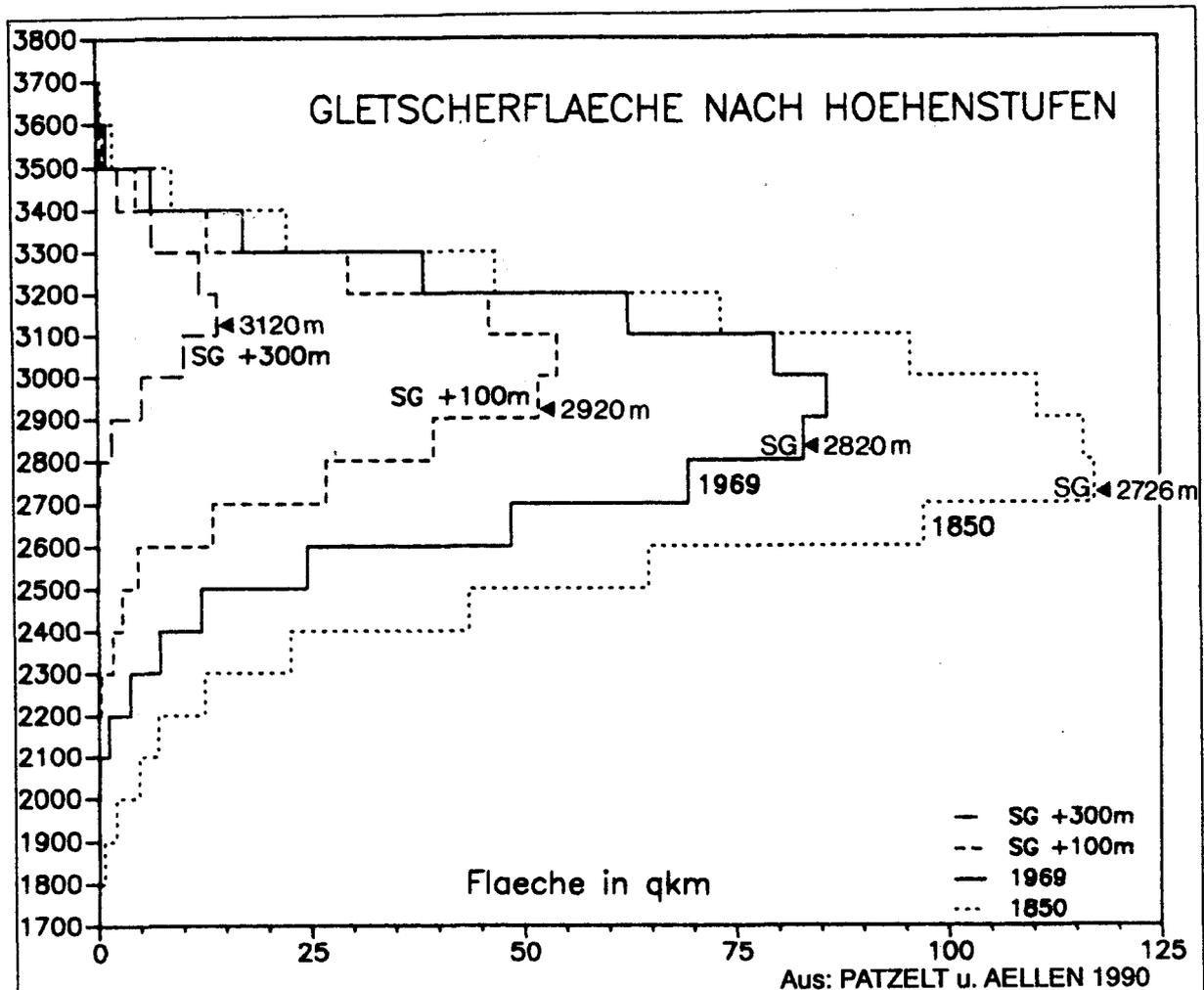


Abb. 6: Höhenverteilung der Gletscherfläche der österreichischen Alpen: aktueller Stand 1969 (beobachtet), Maximalstand '1850' (rekonstruiert) und zu erwartende Stände bei Anstieg der Schneegrenze (SG) um 100 m bzw. 300 m (extrapoliert)

Abbildung 6 zeigt die vergletscherte Fläche Österreichs – als Fläche pro Höhenstufen aufgetragen – für '1850' und 1969 mit den entsprechenden Angaben für die mittlere Höhe der Schneegrenze (SG). Ebenfalls eingetragen sind die zu erwartenden vergletscherten Flächen pro Höhenstufe für Schneegrenzwerte, die um 100 m bzw. 300 m über dem Niveau von 1969 liegen. Ein Anstieg der Schneegrenze um 300 m, der als

Resultat einer Erhöhung der Durchschnittstemperatur um ca. 2 °C eintreten würde, hätte eine Reduktion der vergletscherten Fläche in Österreich auf 10 % des Ausmaßes von 1969 zur Folge.

Durch Extrapolation der Ergebnisse von relativ wenigen Eisdickenmessungen an Gletschern läßt sich auf der Basis der bekannten Gesamtgletscherfläche in Österreich von 542 km<sup>2</sup> die in den Gletschern gespeicherte Wassermenge auf ca. 21 km<sup>3</sup> Eis oder 19 km<sup>3</sup> Wasser schätzen. Dies entspricht gerade etwa 1/5 der Jahresniederschlagsmenge auf dem österreichischen Staatsgebiet und ist somit relativ gering (PATZELT, 1990).

### 2.3 Glaziologische Forschungen

Über die Gletscher der österreichischen Gletscherschgebiete befinden sich detaillierte Daten im Österreichischen Gletscherinventar. Diese Angaben beziehen sich unter anderem auf die Fläche, Fläche pro Höhenstufe, Länge, Breite, höchsten und tiefsten Punkt, Schneegrenzhöhe usw. der Gletscher. Das aktuelle Gletscherinventar bezieht sich auf den Zustand der Gletscher im Jahr 1969, daneben liegen für die meisten der österreichischen Gletscher aber auch Auswertungen für den letzten Gletscherhochstand – '1850' – und für die Gletscherausdehnung von etwa 1920 vor.

Für eine Reihe der als Schiareale genutzten Gletscher liegen auch Längenänderungsstatistiken des Österreichischen Gletschermessdienstes vor, der vom Österreichischen Alpenverein organisiert wird und eine Auswahl von österreichischen Gletschern alljährlich beobachtet.

Daneben liegen für mehrere Gletscher – Gefrorene Wand Kees, Schladminger Gletscher, Wurtenkees – auch seismische Eisdickenmessungen vor.

Am Wurtenkees werden auch seit mehreren Jahren Massenbilanzen nach der direkten glaziologischen Methode gemessen. Im Auftrag der Tauernkraftwerke wurden am Schmiedinger Kees und am Gefrorene Wand Kees z.T. auch Massenhaushaltsbeobachtungen durchgeführt.

Das vorliegende Datenmaterial zu den für den Schilaufl genutzten Gletschern wurde jeweils bei den entsprechenden Schigebietskapiteln eingearbeitet.

### 2.4 Gletscherflächen

In Tabelle 1 sind einige Flächendaten der 8 österreichischen Gletscherschgebiete zusammengefaßt.

Insgesamt werden in diesen Schigebieten 18, z.T. sehr kleine Gletscher für den Schilaufl genutzt. Diese 18 Gletscher stellen ca. 6,3 % der Gesamtfläche der österreichischen Gletscher von 542 km<sup>2</sup> – Stand 1969 – dar. Die erschlossenen Gletscherflächen machen ca. 2,9 % der Gletschergesamtfläche von 542 km<sup>2</sup> aus. Die geringe Bedeutung des Sommerschilaufls in den österreichischen Gletscherschgebieten läßt sich auch an den im Sommer zur Verfügung stehenden Flächen ersehen. Im Sommer reduziert sich der Anteil der genutzten Flächen bis auf 0,4 % der Fläche aller österreichischen Gletscher. Der Anteil an den im Winter zum Schilaufl zur Verfügung stehenden Flächen liegt bei ca. 13 %.

Tab. 1: Gletscherflächen der österreichischen Gletscherschgebiete im Vergleich

Gletscherschgebiet	Anzahl der Gletscher	Gletscherfläche gesamt	erschlossene Gletscherfläche	Anteil an Gesamtfläche	erschlossene Sommerfläche
Kaunertal	3	3,027 km <sup>2</sup>	1,10 km <sup>2</sup>	36 %	0,15 km <sup>2</sup>
Pitztal	2	12,583 km <sup>2</sup>	2,55 km <sup>2</sup>	20 %	0,35 km <sup>2</sup>
Ötztal	3	3,104 km <sup>2</sup>	2,28 km <sup>2</sup>	73 %	0,30 km <sup>2</sup>
Stubaital	5	6,273 km <sup>2</sup>	3,00 km <sup>2</sup>	48 %	0,30 km <sup>2</sup>
Zillertal	2	5,232 km <sup>2</sup>	4,02 km <sup>2</sup>	77 %	0,40 km <sup>2</sup>
Kitzsteinhorn	1	1,812 km <sup>2</sup>	1,35 km <sup>2</sup>	75 %	0,25 km <sup>2</sup>
Dachstein	1	0,812 km <sup>2</sup>	0,50 km <sup>2</sup>	60 %	0,08 km <sup>2</sup>
Wurtenkees	1	1,473 km <sup>2</sup>	0,80 km <sup>2</sup>	55 %	0,25 km <sup>2</sup>
Summe	18	34,316 km <sup>2</sup>	15,60 km <sup>2</sup>	45 %	2,08 km <sup>2</sup>

Im Bundesland Tirol befinden sich 5 der 8 österreichischen Gletscherschgebiete, die zwischen 2 und 5 Gletscher für den Schilauflauf nutzen. Den anderen österreichischen Gletscherschgebieten steht jeweils nur ein Gletscher zur Verfügung. Die Gesamtfläche aller genutzten Gletscher beträgt ca. 34,3 km<sup>2</sup>. Etwa 88 % dieser Flächen befinden sich in Tirol. Von den Gletscherschgebieten werden Gletscherflächen mit einer Ausdehnung von insgesamt etwa 15,6 km<sup>2</sup> erschlossen, der Anteil der davon in Tirol liegenden Flächen liegt bei ca. 83 %. Der Tiroler Anteil an der gesamten vergletscherten Fläche Österreichs beträgt demgegenüber nur 70,5 % (HASSLACHER u. LANEGGER, 1988).

### 3 Erfassen und Erkennen von Schadstoffeinträgen mittels ausgewählter Untersuchungsparameter

Um die im Rahmen dieser Studie erhaltenen Analyseergebnisse interpretieren, die Abschätzung und Einordnung der natürlichen Grundlast (Backgroundbelastung) bzw. der anthropogenen Verunreinigungen durchführen zu können, wurden aus der Literatur Vergleichswerte bezüglich der Inhaltsstoffe in Niederschlägen sowie in Schnee herangezogen.

Zu diesem Zweck wurden Literaturrecherchen in verschiedenen Bibliotheken und in den EDV-Datenbanken ULIT, ULIDAT, MOLARS, GEOBASE und CHEMICAL ABSTRACTS vorgenommen, die eine relativ große Anzahl von Daten über Backgroundbelastung von Niederschlägen und Gletscherabflüssen erbrachten. Über eventuelle Auswirkungen des Gletscherschilafes oder der intensiven Hüttenbewirtschaftung auf die Umwelt sind keine Literaturhinweise vorhanden.

Im vorliegenden Kapitel werden die natürlichen Konzentrationsschwankungen der gelösten Inhaltsstoffe in Gletscherbächen, die Herkunft sowie der Gehalt dieser Stoffe in Niederschlägen und Schneedecken des Hochgebirges behandelt und mit den Werten aus der Literatur verglichen.

#### *In der Literatur vorhandene Vergleichsuntersuchungen*

Die bei den einzelnen im Rahmen dieser Studie untersuchten Proben erhaltenen Meßergebnisse wurden mit bereits in der Literatur beschriebenen Daten verglichen. Dazu wurde für die Referenz- bzw. die Pistenproben die chemische Zusammensetzung der Niederschläge im Hochgebirge herangezogen (siehe Tab. 2).

Die Ergebnisse der Gletscherbachproben wurden mit Meßwerten von in demselben Einzugsgebiet liegenden hochalpinen Seen (Versauerung von Hochgebirgsseen in kristallinen Einzugsgebieten Tirols und Kärntens, PSENNER, R. et al., BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, 1988) verglichen.

*Tab. 2: Mittlere chemische Zusammensetzung von Niederschlägen an Hochgebirgsstationen in Tirol (Höhenlagen: 2500 – 3200 m ü.A.; Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in  $\text{mg/l}$  umgerechnet) (aus: PSENNER, R., 1988)*

<i>Parameter</i>	<i>Einheit</i>	<i>Mittelwerte</i>	<i>Parameter</i>	<i>Einheit</i>	<i>Mittelwerte</i>
<i>Chlorid</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,21</i>	<i>Natrium</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,05</i>
<i>Nitrat</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,50</i>	<i>Kalium</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,04</i>
<i>Sulfat</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,58</i>	<i>Calcium</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,28</i>
<i>Ammonium</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,10</i>	<i>Magnesium</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,02</i>

Weiters sind noch, so entsprechende Unterlagen zur Verfügung standen, die Daten der in dem Einzugsgebiet liegenden Gewässer (Gewässergüte Tirol [Stand 1979/80], WWK, BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT) zu Vergleichszwecken verwendet worden.

Untersuchungen von KUMMERT, R. et al. (1989) von Wässern aus verschiedenen Einzugsgebieten zeigten, daß Oberflächengewässer aus kristallinem Gestein Inhaltsstoffe in folgenden Konzentrationen enthalten:

<i>Parameter</i>	<i>Einheit</i>	<i>Mittelwerte</i>	<i>Parameter</i>	<i>Einheit</i>	<i>Mittelwerte</i>
<i>Calcium</i>	<i>mg/l</i>	<i>6,0</i>	<i>Chlorid</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,4</i>
<i>Magnesium</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,5</i>	<i>Ammonium</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,03</i>
<i>Natrium</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,5</i>	<i>Nitrat</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,3</i>
<i>Kalium</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,8</i>	<i>gel. org. Kohlenstoff</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,5</i>
<i>Hydrogencarbonat</i>	<i>mg/l</i>	<i>12,0</i>	<i>Gesamtposphat</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,01</i>
<i>Sulfat</i>	<i>mg/l</i>	<i>7,0</i>			

Auch diese Werte wurden für die Interpretation der eigenen Untersuchungsergebnisse herangezogen.

### 3.1 Natürlicher Gehalt an gelösten anorganischen Inhaltsstoffen in Gletscherabflüssen

Der Abfluß von Gletschern setzt sich aus einer Oberflächenkomponente und einer subglazialen Komponente zusammen. Die Oberflächenkomponente des Abflusses weist nur geringe Ionenkonzentrationen auf und dominiert den Gesamtabfluß bei erhöhter Wasserführung. Im Gegensatz dazu sind in der subglazialen Komponente des Abflusses zuweilen hohe Ionenkonzentrationen gegeben, welche durch den intensiven Kontakt der subglazialen Wässer mit dem geologischen Untergrund bedingt sind (METCALF, R.C., 1986).

Das Drainagenetzwerk eines Gletschers, welches die Bewegungspfade für die subglazialen Wässer darstellt, ist als äußerst dynamisches System zu betrachten und unterliegt in seiner Ausbildung starken saisonalen Schwankungen. Dadurch sind auch die Aufenthaltszeiten von Wässern im hydroglazialen System stark unterschiedlich, wodurch sich wiederum eine starke Variabilität in der chemischen Zusammensetzung der subglazialen Komponente ergibt (BROWN, G.H., TRANTER, M., 1990).

### 3.2 Anorganische Inhaltsstoffe – Herkunft, Vorkommen und Schwankungsbereiche

#### 3.2.1 Sulfat

##### 3.2.1.1 Natürliche Einträge

- *vulkanische Aktivitäten* (LAIRD, L.B. et al., 1986)
- *Austrag aus den Møeren* (DELMAS, R.J., 1982)
- *Saharastaubverfrachtung* (WAGENBACH, D. 1981 und RYABOSHAKO, A.G., 1983)
- *geogen bedingter Eintrag*

### 3.2.1.2 Anthropogene Einträge

#### – *Verbrennungsvorgänge*

Diese führten vor allem in den letzten Jahrzehnten zu eindeutigen Erhöhungen der Sulfat- und damit der Schwefelgehalte in der Atmosphäre (NEFTEL, A. et al., 1985, SCHOTTERER, U. et al., 1985).

Durch Reaktionen von Schwefeldioxidverbindungen mit Ammonium können Ammoniumsulfat- sowie Ammoniumbisulfatverbindungen entstehen (LAIRD, L.B. et al., 1986; ZÜRCHER, F., 1986), was die gute Korrelation zwischen dem Gehalt an Sulfat und Ammonium in Schneeproben des Hochgebirges erklärt. Ebenso bestehen gute Korrelationen zwischen der Protonenkonzentration und dem Sulfatgehalt (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986).

#### – *Pistenpräparierung*

Werden Düngemittel zur Pistenpräparierung in Gletscherschichtgebieten aufgebracht, ist eine Erhöhung des natürlichen Sulfatgehaltes in diesem Bereich des Gletschers bzw. in den Gletscherabflüssen möglich. Düngemittel mit einem hohen Sulfatanteil sind vor allem Ammonsulfat, verschiedene Kalidünger sowie Mischdünger (ÖSTERREICHISCHE DÜNGERBERATUNGSSTELLE, 1979; Tab. 5).

#### – *Abwässer*

In Gletscherbächen treten bei Verunreinigungen mit Abwässern stark erhöhte Sulfatwerte auf. Dabei kommt es u.a. gleichzeitig zu einer Erhöhung des Chlorid-, Phosphat- sowie Ammoniumgehaltes und der organischen Belastung.

### 3.2.1.3 Schwankungsbereich

Die in der Literatur für Niederschläge im Hochgebirge (Tab. 2) sowie für Gletscher (Tab. 4) angegebenen Sulfatwerte schwanken in einem Bereich von 0,10 bis 4,0 mg/l. (Die Literaturangabe bezieht sich wie auch bei den anderen angeführten Inhaltsstoffen auf das Wasservolumen der geschmolzenen Proben.)

Der untere Wertebereich repräsentiert die Backgroundbelastung. Der am Wurtenkees gefundene Maximalwert von 4 mg/l (WERNER, R., PUXBAUM, H. 1985) liegt weit über den Sulfatwerten vergleichbarer Untersuchungen (Tab. 2). Im Durchschnitt bewegen sich die Sulfatwerte im Niederschlag (Schnee und Regen) in den nach Norden hin offenen Tälern der nördlichen Ostalpen um 2,8 mg/l (PUXBAUM, H. et al., 1987).

Für die Probenahmen der zitierten Arbeit sind Meßstationen in Seehöhen zwischen 900 und 1730 m ü.A. herangezogen worden (PUXBAUM, H. et al., 1987). Bei Analyseergebnissen von österreichischen Gletscherregionen in Seehöhen um 3000 m ü.A. ist zu berücksichtigen, daß mit zunehmender Höhe der Gehalt an Sulfat in Niederschlägen abnimmt. Dieser Effekt kann oft von meteorologischen, geographischen und anthropogen bedingten Einflüssen überlagert werden, sodaß eine gesetzmäßige Abhängigkeit oft nicht direkt erkennbar ist (PARRIAUX, A., DUBOIS, J.D., 1990).

Für eindeutig durch Staub beeinflusste Schneedecken in den Gletscherregionen der Alpen werden in der Literatur Sulfatgehalte von 1,4 mg/l angegeben (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986).

### 3.2.2 Natrium und Chlorid

#### 3.2.2.1 Natürliche Einträge

##### – *Austrag aus den Meeren*

Wie der Gehalt an Natrium, ist auch der natürlich bedingte Gehalt an Chlorid in den Niederschlägen auf die Meere zurückzuführen. Bei der Verdunstung von Meeressgisch bleiben Salzpartikel in der Atmosphäre zurück, deren Zusammensetzung allerdings bereits am Ort ihres Entstehens oder nahe der Küste geringfügig von der Salzzusammensetzung des Meeres abweicht (MATTHESS, G., 1990). Die gemeinsame Herkunft aus dem Meer ist der Grund dafür, daß sich in weitgehend anthropogen unbeeinflussten Regionen gute Korrelationen zwischen diesen beiden Inhaltsstoffen ergeben (LAIRD, L.B. et al., 1986; JENKINS, M.D. et al., 1987), deren Gehalte aber mit zunehmender Entfernung vom Meer rasch abnehmen (RIEHM, H., 1961, in: MATTHESS, G., 1990).

##### – *Saharastaubverfrachtung* (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986)

##### – *geogener Eintrag* (MAYEWSKY, P.A. et al., 1984)

#### 3.2.2.2 Anthropogen bedingte Einträge

##### – *Luftverunreinigungen*

Das natürliche Verhältnis von Natrium zu Chlorid wird mit einem Mol Natrium zu einem Mol Chlorid angegeben. Was bei der Angabe in mg/l einer Verhältniszahl Cl : Na von etwa 1,5 entspricht. Verschiebungen dieser Relation in Richtung Chlorid weisen auf anthropogen bedingte Luftverunreinigungen hin (PARRIAUX, A., DUBOIS, J.D., 1990), in Richtung Natrium auf eine Beeinflussung durch geogene Krustenverwitterungsprodukte.

##### – *Dünge- und Auftaumittel*

Düngemittel und Auftaumittel (z.B. NaCl) werden zur Pistenpräparierung verwendet. Beim Einsatz dieser Mittel kann es zu einer Erhöhung der Natrium- und Chloridwerte in den Schneedecken der behandelten Gletscherflächen bzw. in den Gletscherabflüssen kommen.

Natrium und Chlorid sind beispielsweise in *Kalidüngern* (z.B. Magnesia-Kainit) in größeren Anteilen vorhanden (ÖSTERREICHISCHE DÜNGERBERATUNGSSTELLE, 1979; Tab. 5). Dabei sind allerdings die Gehalte an Chlorid meist weit höher als jene an Natrium.

##### – *Abwässer*

Bei Verunreinigungen von Gletscherbächen mit Abwässern treten stark erhöhte Gehalte an Natrium und Chlorid bei gleichzeitiger Erhöhung anderer Parameter auf.

#### 3.2.2.3 Schwankungsbereich

Die in der Literatur angegebenen Natriumgehalte von Niederschlägen und Schneedecken im Hochgebirge (Tab. 4) bewegen sich in einem Bereich von 0,003 bis 0,24 mg/l. Die mittleren Natriumgehalte liegen zumeist unter 0,1 mg/l.

Die Chloridwerte schwanken zwischen 0,06 mg/l und maximal 0,95 mg/l. Maximalwerte wurden bei gleichzeitigem Vorhandensein von Saharastaub (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986) bzw. bei starken anthropogen bedingten Luftverunreinigungen (LAIRD, L.B. et al., 1986) gemessen. Der durchschnittliche Chloridgehalt von Schnee im Hochgebirge ist praktisch immer kleiner als 0,5 mg/l.

### 3.2.3 Phosphat und Kalium

#### 3.2.3.1 Natürliche Einträge

Der Phosphatgehalt in Niederschlägen und Schneedecken des Hochgebirges stammt aus feinem, mit dem Wind verfrachteten Bodenmaterial, aus biogenen Emissionen sowie dem Verbrennen von Ölprodukten (DAVIDSON, C.I., et al., 1981).

Als Quelle für Kalium kommt Pflanzenmaterial, das mit dem Wind verfrachtet wird, in Frage (LAIRD, L.B. et al., 1986).

Der Wert korreliert meist mit jenem des DOC— (dissolved organic carbon) sowie mit dem Mangangehalt.

#### 3.2.3.2 Anthropogene Einträge

##### – *Pistenpräparierung*

Phosphat und Kalium liegen in einer Vielzahl von Phosphat- und Kalidüngern in zum Teil sehr hohen Anteilen vor (ÖSTERREICHISCHE DÜNGERBERATUNGSSTELLE, 1979; Tab. 5). Beim Einsatz dieser Düngemittel zur Pistenpräparierung kann es zu einer Erhöhung des Gehaltes an Phosphat und Kalium in den Schneedecken und in weiterer Folge in den Gletscherabflüssen kommen.

##### – *Abwässer*

Stark erhöhte Werte an Phosphat und Kalium können in Gletscherbächen bei oft gleichzeitiger Erhöhung anderer Verunreinigungen durch die Belastung mit häuslichen Abwässern auftreten.

#### 3.2.3.3 Schwankungsbereich

Die Kaliumwerte der Schneedecken liegen zwischen kleiner als 0,006 bis maximal 0,20 mg/l. Die meisten Werte sind um einen Wertebereich unter 0,1 mg/l.

Die geogen bedingt erhöhten Kaliumwerte der Gletscherabflüsse sind meist, verursacht durch den intensiven Kontakt der subglazialen Abflußkomponente mit dem Untergrund (s. 3.1), weit höher als die Kaliumgehalte der Schneedecke an der Gletscheroberfläche.

### 3.2.4 Nitrat und Ammonium

#### 3.2.4.1 Natürliche Einträge

##### – *atmosphärische Entladungen (z.B. Gewitter)*

##### – *Windverfrachtungen*

Relativ hohe Nitratwerte in Bohrkernen des Gletschers am Colle Gnifetti (4450 m ü.M.) dürften wahrscheinlich auf die starken, aus dem Süden kommenden Luftströmungen

zurückzuführen sein. Subtropische Luftmassen sind unter anderem durch sehr hohe Nitratgehalte gekennzeichnet (RYABOSHAKO, A.G., 1983, in: SCHOTTERER, U. et al., 1985).

### 3.2.4.2 Anthropogene Einträge

#### – *Verbrennungsvorgänge*

Die Stickstoffverbindungen der Niederschlagswässer liegen hauptsächlich als Ammonium und Nitrat vor, die ihren Ursprung derzeit überwiegend in den anthropogen bedingten  $\text{NO}_x$ -Emissionen haben (z.B. Autoverkehr). Verschiedentlich wird in der Literatur auf die guten Korrelationen zwischen dem Protonen- und Nitratgehalt (Versauerung) hingewiesen (ZÜRCHER, F., 1986; LAIRD, L.B. et al., 1986).

#### – *Pistenpräparierung*

Sowohl Nitrat als auch Ammonium sind gemeinsam zu großen Anteilen in einer Reihe von Stickstoffdüngern enthalten (ÖSTERREICHISCHE DÜNGERBERATUNGSSTELLE, 1979; Tab. 5).

Werden derartige Düngemittel zur Pistenpräparierung auf Gletschern eingesetzt, kommt es zu einer Erhöhung der genannten Inhaltsstoffe in den Schneedecken und möglicherweise auch in den Gletscherabflüssen.

#### – *Abwässer*

Bei Verunreinigungen durch Abwässer treten erhöhte Werte an Nitrat bzw. Ammonium in Verbindung mit anderen Parametern auf.

### 3.2.4.3 Schwankungsbereich

Bereits im Abschnitt 3.2.1.2 wurde auf die Korrelation zwischen Ammonium und Sulfat hingewiesen. Ammonium liegt praktisch vollständig als Ammoniumsulfat im Niederschlag vor (ZÜRCHER, F., 1986). Die in der Literatur angegebenen Nitratwerte für Niederschläge im Hochgebirge und in Gletschern (Tab. 4) schwanken in einem Bereich von ca. 0,05 bis 3,40 mg/l.

Der kleinere Wert repräsentiert die Backgroundbelastung. Der Maximalwert von 3,4 mg/l am Wurtenkees, welcher von WERNER, R., PUXBAUM, H., 1985 angegeben wird, liegt sehr weit über den Nitratgehalten aller anderen angeführten Untersuchungen (Tab. 4). Durchschnittliche Nitratwerte des Niederschlages (Schnee und Regen) von bis zu 1,99 mg/l finden sich in den nach Norden hin offenen Tälern der nördlichen Ostalpen Österreichs. Zu berücksichtigen ist dabei noch die relativ geringe Höhenlage der Meßstationen (900 bis 1730 m ü.A.) (PUXBAUM, H. et al., 1987).

Die Nitratwerte in den Hochgebirgslagen alpiner Gletscherregionen weisen zwar eine hohe Variabilität auf, liegen aber in den meisten Fällen in einem Wertebereich von kleiner 1,0 mg/l.

Die in der Literatur angegebenen Ammoniumwerte von Schnee und Gletschern in hochalpinen Lagen (Tab. 4) schwanken in einem Wertebereich von ca. 0,01 bis 0,85 mg/l, innerhalb dessen die Ammoniumgehalte eine hohe Variabilität aufweisen.

Tab. 4: Anorganische Inhaltsstoffe von Niederschlägen im Hochgebirge, Schneedecken und Gletscher

Untersuchungs- gebiet	Bemerkungen		pH	LF µS/cm	HCO <sub>3</sub> mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Cl mg/l
Hintereisferner, Tirol	Teufelseck MW (obere 75 cm)		5,68	8,1	2,36	0,66	0,32
	3070 m ü.A. MW (gesamte Schneedecke)				0,87	0,61	0,33
	1984 MAX (gesamte Schneedecke)				8,11	1,40	0,95
	Badeeis MW (obere 60 cm)		5,09		0,41	0,62	0,10
	3150 m ü.A. MW (gesamte Schneedecke)				0,77	0,59	0,25
	1984 MAX (gesamte Schneedecke)				8,11	1,40	0,95
Wurtenkees, Goldberggruppe, Kärnten	Probenahmen an	MIN	3,7			0,50	
	13 Schneeschächten	MW	4,6	8		1,26	
	Winter 1982/83	MAX	5,9	24		4,00	
Kühtai, Tirol, Österreich	2417 m ü.A.	MIN	4,5				
	Schneeproben	MW	5,0				
	11.1984 bis 7.1985	MAX	6,0			0,46	
Hochgebirgs- stationen in Tirol	durchschnittliche Zusammensetzung der Niederschläge					0,576	0,213
Innervillgraten, Osttirol	1730 m ü.A.; Schnee + Regen Jahresmittelwerte 1984/85		4,7			2,28	0,34
Nöflach, Tirol	1420 m ü.A.; Schnee + Regen Jahresmittelwerte 1984/85		4,8			1,83	0,52
Werfenweng, Salzburg	900 m ü.A.; Schnee + Regen Jahresmittelwerte 1984/85		4,9			2,67	0,74
St. Koloman, Salzburg	900 m ü.A.; Schnee + Regen Jahresmittelwerte 1984/85		4,3			2,81	
Einzugsgebiet der Rhone, Westschweiz	1000 – 4000 m a.s.L.	MIN	3,7			0,21	0,08
	Schneeproben t = 1,7 m	MW	4,2			0,37	0,29
	14 Probenahmestellen Winter 1987/88	MAX	5,2			0,74	0,43
Alpstein (Säntis), Kanton Appenzell, Ostschweiz	1300 – 2450 m a.s.L.	MIN	4,3	3			
	Winter 1989	MAX	6,1	32			
Weissfluhjoch, Davos, Schweiz	2540 m a.s.L., Winter 1985/86						
	t = 0 – 25 cm	Profil 3				0,46	0,08
		Profil 1				0,19	0,08
	t = 25 – 50 cm	Profil 2				0,19	0,08
	Profil 3				0,18	0,06	
Colle Gnifetti (Monte Rosa), Schweiz	4450 m ü.M.						
	2 Gletscherkernbohrungen 1982						
	t1 = 66 m t2 = 124 m						
	(aktueller Wert)	MIN				0,20	
	(aktueller Wert)	MAX				1,05	
	(vorindustrieller Wert)	MW				0,10	
Colle Gnifetti, Schweiz	4450 m ü.M. Durchschnitt Niederschläge 1982		5,4			0,479	0,079
Jungfrauojoch, Schweiz	3570 m a.s.L. Durchschnitt Niederschläge 1982		5,4			1,14	0,42

Tab. 4: Fortsetzung

$NO_3$ mg/l	$NH_4$ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Mn µg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l	Literatur- Zitat Nr.
0,31	0,11	0,95	0,06	0,12	0,05							1)
0,48	0,10	0,40	0,04	0,12	0,06							
1,12	0,23	3,17	0,25	0,23	0,12							
0,31	0,13	0,11	0,02	0,02	0,03							
0,38	0,09	0,32	0,03	0,06	0,03							
1,12	0,23	3,17	0,25	0,23	0,12							
0,05												2)
0,46												
3,40												
												3)
0,57	0,07											
0,504	0,095	0,281	0,024	0,046	0,039							4)
												5)
1,59	0,61											
												5)
1,28	0,85											
												5)
1,68	0,64											
												5)
1,99	0,73											
0,16		0,005	0,001	0,003	n.n.	n.n.	0,70	0,10	n.n.	n.n.	n.n.	6)
0,61		0,01	0,002	0,013	0,006	0,11	0,96	0,64	0,15	0,27	0,18	
1,47		0,05	0,003	0,024	0,018	0,40	2,20	0,80	1,1	0,9	0,7	
	0,01											7)
	0,65											
												8)
0,83	0,08	0,09		0,03	0,02							
0,34	0,02	0,05		0,03	0,01							
0,34	0,02	0,04		0,03	0,01							
0,32	0,01	0,06		0,02	0,01							
												9)
0,15												
0,45												
0,10												
												10)
0,301	0,109	0,086	0,010	0,050	0,060							
												10)
0,62	0,24	0,69	0,06	0,24	0,20							

(Literatur-Zitate  
und Anmerkungen  
auf S. 23)

n.n.: nicht nachweisbar  
MIN: Minimalwert  
MW: Mittelwert  
MAX: Maximalwert

Literatur-Zitate zu Tab. 4 (S. 21/22):

- 1) PSENNER, R., NICKUS, U.; 1986 "Snow chemistry of a glacier in the central eastern Alps"; Hintereisferner, Tirol, Austria
- 2) WERNER, R.; PUXBAUM, M.; 1985 "Variabilität von Schneehaltsstoffen auf dem Wurtenkees (Goldberggruppe) im Winter 1982/83, S. 125-131
- 3) Österreichisches Eutrophieprogramm II, 1983 - 1986, "Akkumulation und Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen aus einer hochalpinen Schneedecke"
- 4) PSENNER, R.; et al, 1988 "Versauerung von Hochgebirgsseen in kristallinen Einzugsgebieten Tirols und Kärntens"
- 5) PUXBAUM, H.; VITOVEC, W.; KOVAR, A.; 1987 "Chemical composition of wet deposition in the eastern alpine region"
- 6) PARRIAUX, A.; DUBOIS, J.D., 1990 "Chemical composition of snowcover on the western Swiss Alps"
- 7) LANGENEGGER, O.; 1990 "Chemical composition of precipitation in a prealpine area of eastern Switzerland"
- 8) ZÜRCHER, F.; 1986 "Acid deposition on a snowfield at 2500 m a.s.L. in Switzerland"
- 9) SCHOTTERER, U.; et al, 1985 "Information on paleo-precipitation on a high altitude glacier, Monte Rosa, Switzerland"
- 10) ZOBRI, 1983 in PSENNER, R.; NICKUS, U.; 1986 "Snow chemistry of a glacier in the Central Eastern Alps"

Anmerkungen: Die in der Tabelle angegebenen Werte wurden, wenn sie in der Literatur in anderen Einheiten angegeben waren, einheitlich auf (mg/l) bzw. ( $\mu$ g/l) umgerechnet. Volumangaben beziehen sich immer auf das Wasservolumen der geschmolzenen Probe. Die hier angegebene Anzahl der Nachkommastellen richtet sich nach der Genauigkeit der Angaben in den Originaltexten.

**Tab. 5: Durchschnittliche Zusammensetzung ausgewählter Düngemittel**  
(aus: Österreichische Düngemittelberatungsstelle, 1979)

(Die folgenden Analysenbeispiele sind durchschnittliche Gehaltswerte, die in Abhängigkeit von Herstellungsverfahren und verwendeten Rohstoffen gewissen Schwankungen unterworfen sein können).

**STICKSTOFFDÜNGER**

Nitramoncal	28 %	Reinstickstoff = ca. 80 % Ammoniumnitrat
(Kalkammonsalpeter)	18-19 %	CaCO <sub>3</sub> und MgCO <sub>3</sub> (Calciumcarbonat u. Magnesiumcarbonat)
	1 %	CaSO <sub>4</sub> (Calciumsulfat)
	1 %	SiO <sub>2</sub> (Siliziumdioxid)
	bis 0,5 %	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (Calciumnitrat) + Spurenelemente und Reststoffe
Ammonsulfat	99-100 %	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Ammoniumsulfat)
	0-1 %	Kristallwasser
Harnstoff	99-100 %	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (Harnstoff) mit Kristallwasser
	0-1 %	(CO) <sub>2</sub> (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NH Imidodicarbonsäurediamid (Biuret)
Kalkstickstoff	59-61 %	CaNCN (Calciumcyanamid)
	8-12 %	C (Kohlenstoff)
	8-22 %	CaO (Calciumoxid)
	2-3 %	SiO <sub>2</sub> (Siliziumdioxid)
	4-6 %	diverse Oxide von Fe, Al, Mg
		Bei geöltem Kalkstickstoff Zusatz von ca. 3 % Öl oder Fett
		Bei geperltem Kalkstickstoff Zusatz von ca. 2,5 % Calciumnitrat

Tab. 5: (Fortsetzung)

**PHOSPHATDÜNGER**

<b>Superphosphat</b>	18 %	wasserlösliche Phosphorsäure ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ und $\text{H}_3\text{PO}_4$ )
	1–1,5 %	säurelösliches Phosphat
	52 %	$\text{CaSO}_4$ (Calciumsulfat)
	1,5 %	$\text{CaF}_2$ (Calciumfluorid)
	1,0 %	$\text{SiO}_2$ (Siliziumdioxid)
	9 %	Wasser (als Feuchtigkeit und als Kristallwasser)
	1–2 %	Spurenelemente und sonstige Stoffe
<b>Doppelsuperphosphat</b>	34–38 %	wasserlösliche Phosphorsäure (als $\text{P}_2\text{O}_5$ )
	0,7–3,5 %	$\text{Fe}_2\text{O}_3$ (Eisen(III)oxid)
	0,9–2,8 %	$\text{Al}_2\text{O}_3$ (Aluminiumoxid)
	17,1–21,7 %	$\text{CaO}$ (Calciumoxid)
	0,16–0,5 %	$\text{SO}_3$ (Sulfit)
	1,1–2,2 %	F (Fluorid)
<b>Thomasphosphat</b>	0,1–0,7 %	$\text{MgO}$ (Magnesiumoxid)
	14,5 %	zitronensäurelösliche Phosphorsäure (als $\text{P}_2\text{O}_5$ )
	8,5 %	$\text{SiO}_2$ (Siliziumdioxid)
	47 %	$\text{CaO}$ (Calciumoxid)
	2 %	$\text{MgO}$ (Magnesiumoxid)
	4 %	$\text{MnO}$ (Manganoxid)
	16 %	$\text{Fe}_2\text{O}_3$ (Eisen(III)oxid) außerdem in Spuren Kupfer, Kobalt, Schwefel, Bor, Jod
<b>Hyperphosphat</b>	30 %	Phosphorsäure (als $\text{P}_2\text{O}_5$ ), davon
	42 %	zitronensäurelöslich bzw.
	80 %	ameisensäurelöslich
	45 %	$\text{CaO}$ (Calciumoxid)
	1–2 %	$\text{MgO}$ (Magnesiumoxid)
	1–2 %	$\text{SiO}_2$ (Siliziumdioxid)
2–4 %	$\text{SO}_3$ (Sulfit) sowie Spurenelemente	

**KALIDÜNGER**

<b>40er Kalidüngesalz</b>	61 %	$\text{KCl}$ (Kaliumchlorid)
	2 %	$\text{K}_2\text{SO}_4$ (Kaliumsulfat)
	1 %	$\text{CaSO}_4$ (Calciumsulfat)
	13 %	$\text{MgSO}_4$ (Magnesiumsulfat)
	1 %	$\text{MgCl}_2$ (Magnesiumchlorid)
	14 %	$\text{NaCl}$ (Natriumchlorid)
	4 %	salzsäureunlösliche Stoffe
	4 %	Wasser
	<b>60er Kalidüngesalz</b>	95 %
2 %		$\text{MgSO}_4$ (Magnesiumsulfat)
1 %		$\text{NaCl}$ (Natriumchlorid)
1 %		salzsäureunlösliche Stoffe
1 %		Wasser
<b>Schwefelsaurer Kalk</b>	93 %	$\text{K}_2\text{SO}_4$ (Kaliumsulfat)
	4 %	$\text{MgSO}_4$ (Magnesiumsulfat)
	1 %	$\text{KCl}$ (Kaliumchlorid)
	1 %	$\text{NaCl}$ (Natriumchlorid)
	1 %	Wasser

Tab. 5: (Fortsetzung)

<b>Patentkali</b>	52 %	$K_2SO_4$ (Kaliumsulfat)
	38 %	$MgSO_4$ (Magnesiumsulfat)
	1 %	$KCl$ (Kaliumchlorid)
	1 %	$CaSO_4$ (Calciumsulfat)
	1 %	$NaCl$ (Natriumchlorid)
	1 %	salzsäureunlösliche Stoffe
	6 %	Wasser
<b>Magnesia-Kainit</b>	20 %	$KCl$ (Kaliumchlorid)
	26 %	$MgSO_4$ (Magnesiumsulfat)
	48 %	$NaCl$ (Natriumchlorid)
	1 %	$K_2SO_4$ (Kaliumsulfat)
	1 %	salzsäureunlösliche Stoffe
	4 %	Wasser
<b>MISCHDÜNGER</b>		
<b>Vollkorn rot 12:12:18</b>	12 %	Reinstickstoff in Form von Ammoniumnitrat
	12 %	$P_2O_5$ (Phosphorpentoxid) in wasser- und zitratlöslicher Form
	18 %	$K_2O$ (Kaliumoxid) in Sulfat- und Chloridform
	11 %	$CaO$ (Calciumoxid)
	13 %	$SO_4$ (Sulfat)
	0,5 %	$MgO$ (Magnesiumoxid)
	1,5 %	$SiO_2$ (Siliziumdioxid)
	0,3 %	$Fe_2O_3$ (Eisen(III)oxid)
		sowie B, Mn und andere Spurenelemente und Reststoffe
<b>Volldünger 13:13:21</b>	13 %	Reinstickstoff in Form von Ammoniumnitrat
	13 %	$P_2O_5$ (Phosphorpentoxid) in wasser- und zitratlöslicher Form
	21 %	$K_2O$ (Kaliumoxid) in Chloridform
	10 %	$CaO$ (Calciumoxid)
	4 %	$SO_4$ (Sulfat)
	1,4 %	$SiO_2$ (Siliziumdioxid)
		sowie Mg, Fe, Al und andere Spurenelemente und Reststoffe
<b>Vollkorn orange 15:10:20</b>	15 %	Reinstickstoff in Form von Ammoniumnitrat
	10 %	$P_2O_5$ (Phosphorpentoxid) in wasser- und zitratlöslicher Form
	20 %	$K_2O$ (Kaliumoxid) in Chloridform
	6 %	$CaO$ (Calciumoxid)
	5 %	$SO_4$ (Sulfat)
	1 %	$SiO_2$ (Siliziumdioxid)
		sowie Mg, Fe und andere Spurenelemente und Reststoffe
<b>Volldünger 15:15:15</b>	15 %	$P_2O_5$ (Phosphorpentoxid) in wasser- und zitratlöslicher Form
	15 %	$K_2O$ (Kaliumoxid) in Chloridform
	8 %	$CaO$ (Calciumoxid)
	1 %	$SO_4$ (Sulfat)
	1 %	$SiO_2$ (Siliziumdioxid)
		sowie Mg, Fe und andere Spurenelemente und Reststoffe
<b>DC 45 0:15:30</b>	15 %	$P_2O_5$ (Phosphorpentoxid) in wasserlöslicher Form
	30 %	$K_2O$ (Kaliumoxid) in Chloridform
	38 %	$CaO$ (Calciumoxid)
	10 %	$SO_4$ (Sulfat)
		sowie Natrium und andere Spurenelemente und Reststoffe

### 3.2.5 Calcium und Magnesium

#### 3.2.5.1 Natürliche Einträge

Calcium und Magnesium treten in Niederschlägen bzw. in von Gesteinsstaub nicht direkt beeinflussten Schneedecken des Hochgebirges nur in geringen Konzentrationen auf, wobei der Calcium- stets ein Mehrfaches des Magnesiumgehaltes beträgt.

#### 3.2.5.2 Anthropogene Einträge

Calcium sowie Magnesium sind in den verschiedensten Düngemitteln in unterschiedlich hohen Anteilen enthalten (Tab. 5). Durch eine Aufbringung von Düngemitteln zur Pistenpräparierung kann es zu einer Erhöhung ihres Gehaltes in den Schneedecken der Gletscherschgebiete sowie in weiterer Folge in den Gletscherabflüssen kommen.

#### 3.2.5.3 Schwankungsbereich

Der Calciumanteil in durch Gesteinsstaub weitgehend unbeeinflusstem Schnee ist – wie aus den vorliegenden Veröffentlichungen ersichtlich –, (s. auch Tab. 4), immer kleiner als 0,5 mg/l bzw. zum Teil noch weit geringer. Bei durch Staublagen beeinflussten Schneeproben wurden Calciumgehalte von über 3 mg/l gemessen (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986).

Magnesiumgehalte von durch Gesteinsstaub unbeeinflussten Proben liegen stets unter 0,1 mg/l. Auch bei durch Staublagen beeinflussten Proben betragen die in der Literatur angegebenen Werte nicht mehr als maximal 0,3 mg/l (Tab. 4).

Der in der Literatur angegebene Wertebereich in den Gletscherabflüssen beträgt für Calcium 0,73 bis 10,75 mg/l und für Magnesium 0,08 bis 0,91 mg/l (HASNAIN, S.I. et al., 1989; LEMMENS, M., ROGER, M., 1978).

### 3.2.6 Bor

Bor ist in der Natur in niedrigen Konzentrationen weit verbreitet (mittlerer Gehalt in Flüssen: 10 µg Bor/l). Höhere Borkonzentrationen deuten in der Regel auf den Einfluß von Abwässern hin. Der Hauptanteil des Bors im häuslichen Abwasser stammt aus Waschmitteln, wo Perborat als Bleichmittel eingesetzt wird.

### 3.2.7 Blei

Die Analyse auf Blei, das unter anderem durch den Kfz-Verkehr emittiert wird, wurde bei einigen Proben in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Somit wurde dieser Parameter als Tracer zur Identifizierung von Schadstoffquellen untersucht.

Neben den natürlichen Vorkommen (geogene Herkunft) kommen anthropogene Quellen wie metallverarbeitende Industrien, Müllverbrennungsanlagen und der Straßenverkehr in Frage. Vergleicht man die anthropogene Bleiemission in Europa mit natürlichen Emissionsquellen, so sieht man, daß der anthropogene Bleieintrag in die Umwelt wesentlich höher ist als der natürliche. Die überregionale Verteilung von Blei geschieht primär über die Atmosphäre, wobei der größte Teil durch Sedimentation und Naßreinigung aus der Atmosphäre entfernt wird.

### 3.2.8 Jodid

Im Zuge der Untersuchungen wurde auch auf Jodid untersucht, da es als Nebenbestandteil in technisch hergestellten Chloridverbindungen vorkommen kann.

### 3.2.9 Gesamter anorganischer Kohlenstoff (TIC) und gelöster anorganischer Kohlenstoff (DIC)

Der TIC (total inorganic carbon) ist ein Maß für den Gehalt an anorganischem Kohlenstoff einer Wasserprobe, in Form von z.B. elementarem Kohlenstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Carbiden, Carbonaten.

Unter dem DIC (dissolved inorganic carbon) ist der anorganische Kohlenstoffgehalt einer Wasserprobe nach Filtration angegeben.

## 3.3 Erfassung organischer Verunreinigungen

### 3.3.1 Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC) und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)

Der TOC (total organic carbon) ist ein Maß für die organische Belastung von Wässern z.B. durch Abwasser. Bei der Interpretation geringer TOC-Werte ist zu beachten, daß diese nicht nur aus anthropogen bedingten Belastungen herrühren, sondern auch biogenen Ursprungs sein können.

Der DOC (dissolved organic carbon) ist der Kohlenstoffgehalt einer Wasserprobe nach Filtration und ebenfalls ein Maß für die organische Belastung von Wässern.

### 3.3.2 Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)

Dieser Parameter zählt zu den summarischen Wirkungs- und Stoffkenngrößen der Wasseranalytik. Die CSB-Bestimmung dient zur Quantifizierung im Wasser enthaltener chemisch oxidierbarer Stoffe. Meist handelt es sich dabei um organische Verunreinigungen. Somit kann aus den Ergebnissen der CSB-Messungen unter Berücksichtigung anderer Bestimmungen (BSB, TOC, DOC) auf Verschmutzungen der untersuchten Proben mit organischen Materialien geschlossen werden.

### 3.3.3 Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB<sub>5</sub>)

Der BSB<sub>5</sub> ist ebenfalls ein summarischer Wirkungsparameter der Wasseranalytik zur Erfassung organischer Verunreinigungen. Der Unterschied zum CSB besteht darin, daß mit dem BSB<sub>5</sub> jene Wasserinhaltsstoffe erfaßt werden, die biologisch oxidierbar (abbaubar) sind. Das Verhältnis von BSB<sub>5</sub> und CSB Werten charakterisiert die Abbaubarkeit der Inhaltsstoffe des zu untersuchenden Wassers.

### 3.3.4 Kohlenwasserstoffe (CH)

Mit dem Summenparameter "Kohlenwasserstoffe" (CH) erfaßt man alle in der Probe enthaltenen Kohlenwasserstoffe. Diese können einerseits durch unsachgemäße Verwendung von Mineralölprodukten oder über den atmosphärischen Eintrag infolge unvollständiger Verbrennung diverser Brennstoffe in Gewässer gelangen.

### 3.3.5 Methyleneblauaktive Substanzen (MBAS)

Der Begriff charakterisiert einen Summenparameter, der als Kenngröße zur Bestimmung von anionischen Tensiden (z.B. Seifen, LAS) in Wasserproben dient. Er wird häufig zum Nachweis von Gewässerverunreinigungen mit Haushaltsreinigungsmitteln herangezogen.

Dieser Summenparameter erfaßt auch andere anionische Verbindungen, die mit Methyleneblau einen mit Chloroform extrahierbaren Komplex bilden.

### 3.3.6 Lineares Alkylbenzolsulfonat (LAS)

Dieser Parameter erfaßt selektiv die zur Gruppe der anionischen Tenside zählenden Linearen Alkylbenzolsulfonate (LAS). Sie stellen den Hauptanteil in den derzeit im Handel erhältlichen Waschmitteln dar.

### 3.3.7 Halogenierte Kohlenwasserstoffe (HKW)

Im Zuge der Gletscheruntersuchung 1990 wurde weiters der Gehalt an halogenierten Kohlenwasserstoffen in Schnee- und Eisproben untersucht. Um eine Beurteilung der erhaltenen Meßresultate vornehmen zu können, wurden sie mit Literaturdaten von HKW's in Niederschlägen in der Bundesrepublik Deutschland verglichen (siehe Tab. 25).

## 3.4 Meteorologische Einflüsse auf den Schadstoffeintrag

Windströmungen und Niederschlagsverhältnisse beeinflussen maßgeblich die Höhe des Schadstoffeintrages insbesondere in den alpinen Gletscherregionen. Durch Stau-effekte, die beim Anströmen der Luftmassen an die Gebirgszüge entstehen, kann es zu einer Erhöhung der trockenen Deposition und infolge orographisch induzierter Niederschläge durch Hebung der Luft an den Bergflanken zusätzlich zu vermehrter nasser Deposition kommen. Die okkulte Deposition (Deposition durch abgesetzte Niederschläge wie z.B. Tau, Rauheif, Nebelfrost) hat im Hochgebirge besondere Bedeutung, da sich die Gipfelregionen bei Staulagen häufig in Wolken befinden werden.

Ist die Empfängerfläche des Schadstoffeintrags – im vorliegenden Fall ausgewählte Gletscher – der am häufigsten auftretenden Windrichtung entgegen geneigt, wird es dort zu höheren (trockenen) Depositionen kommen als an windabgewandten Flächen. Daher ist zum einen die Fließrichtung (Neigung) der untersuchten Gletscher von Interesse.

Zum anderen müssen die im österreichischen Alpenraum vorherrschenden Windrichtungen berücksichtigt werden. Die häufigsten Windrichtungen sind West bis Nordwest (wegen der häufigen Westwetterlagen), gefolgt von Ost- bis Südostwinden (wegen kontinentaler Hochlagen). In den Gipfelregionen treten noch durch Föhn bedingte Südwinde relativ oft auf. Die Luftmassen können mit Schadstoffen aus den westeuropäischen Industriezentren und aus Osteuropa belastet sein, die Föhnströmung aus Süden mit Schadstoffen aus dem Gebiet der Poebene.

Tab. 6: Fließrichtung der untersuchten Gletscher

<i>Gletschergebiet</i>	<i>Fließrichtung</i>	<i>Gletschergebiet</i>	<i>Fließrichtung</i>
<i>Weißseeferner/Kaunertal</i>	<i>Ost bis Süd</i>	<i>Kitzsteinhorn/Kaprunertal</i>	<i>Nord</i>
<i>Mittelberg–Brunnenkogel– ferner/Pitztal</i>	<i>Nordost bis Ost</i>	<i>Wurtenkees/Mölltal</i>	<i>Süd</i>
<i>Rettenbachferner/Ötztal</i>	<i>Nord</i>	<i>Hallstätter Gletscher /Dachstein</i>	<i>Nord</i>
<i>Tiefenbachferner/Ötztal</i>	<i>Südost bis Süd</i>	<i>Schladminger Gletscher /Dachstein</i>	<i>Nord bis Nordost</i>
<i>Hochstubaai/Stubaital</i>	<i>Nordost bis Südost</i>		
<i>Hintertux/Zillertal</i>	<i>Nord</i>		

Aus dieser Betrachtung folgt, daß die nach Nord exponierten Gletscher Rettenbachferner, Hintertux, Kitzsteinhorn und Dachstein hinsichtlich der trockenen Deposition geringer belastet sein müßten als die anderen untersuchten Gletscher.

Der Vorgang der trockenen Deposition wird aber überlagert durch den im Hochgebirge wesentlich wirksameren Vorgang der nassen und okkulten Deposition. In den untersuchten Gletschergebieten fallen im langjährigen Mittel (1900 bis 1960) zwischen 1500 und 2000 mm Niederschlag pro Jahr, am Dachsteinmassiv sogar mehr als 2000 mm jährlich. Die Neigung des Geländes spielt bei der nassen Deposition keine so große Rolle wie bei der trockenen Deposition, da die Stauniederschläge in der Regel auch auf die windabgewandte Seite eines Bergkammes übergreifen. Bei sommerlichen konvektiven Niederschlägen im Bergland sind Staueffekte zweitrangig.

Wegen der vergleichsweise hohen Niederschlagsmenge von 1500 bis 2000 mm pro Jahr und mehr (z.B. Weinviertel, Seewinkel weniger als 600 mm Niederschlag pro Jahr) ist der Beitrag durch die nasse und okkulte Deposition am Gesamtschadstoffeintrag viel höher als durch die trockene Deposition. Daher wäre aus meteorologischer Sicht der relativ höchste Schadstoffgehalt bei den beiden Dachsteingletschern zu erwarten (Niederschlagsmenge größer 2000 mm pro Jahr), gefolgt vom Wurtenkees (Niederschlagsmenge knapp unter 2000 mm pro Jahr, Südexponierung). Bei den weiter westlich gelegenen Gletschern sollte es lokal bedingt innerhalb dieser Gletschergebiete nur geringfügige Unterschiede beim Schadstoffeintrag geben.

## 4 **Untersuchungsgebiete, Probenahme und Analytik**

### 4.1 **Untersuchungsgebiete und Probenarten**

Folgende österreichische Gletscherregionen sind in den letzten Jahren zu acht Gletscherschigebieten ausgebaut worden:

- Weißseeferner – Kaunertal (Tirol)
- Mittelberg–Brunnenkogelferner – Pitztal (Tirol)
- Rettenbachferner/Tiefenbachferner – Ötztal (Tirol)
- Hochstubaier – Stubaital (Tirol)
- Hintertux – Zillertal (Tirol)
- Kitzsteinhorn – Kaprunertal (Salzburg)
- Wurtenkees – Mölltal (Kärnten)
- Dachstein – Ramsau (Steiermark, Oberösterreich)

Die Schigebiete Weißseeferner, Rettenbachferner, Tiefenbachferner und Wurtenkees sind durch Hochalpenstraßen erschlossen. Ihre Erreichbarkeit ist von der Schneelage abhängig, weshalb der Schibetrieb im Winter oft nicht möglich ist.

Auf den untersuchten Gletschern wurden mehrere Arten von Proben entnommen:

- Schnee– bzw. Eisproben aus dem Pistenbereich (Pistenprobe/P)
- Schnee– bzw. Eisproben aus dem Pistenrandbereich (Pistenrandprobe/PR)
- Schnee– bzw. Eisproben aus Bereichen abseits der Nutzung durch den Wintersport (Referenzprobe/R)
- Schnee– bzw. Wasserproben aus speziell ausgesuchten Bereichen, z.B. Umfeld von Restaurant (U), Eisseer (E), Liftspur (L), Vorfeld (V), Sonderproben (A, B)
- Wasserproben aus dem Gletscherbach (G) bei jenen Gletschern, wo dies zum Probenahmezeitpunkt möglich war.
- *Pistenprobe (P)*

Die Beprobung der Piste erfolgte im Hinblick auf den Einsatz chemischer Mittel (s. Tab. 5) auf jenen Teilen des Gletschers, auf denen zum Zeitpunkt der Probenahme Trainingspisten ausgesteckt waren. Über deren gesamte Länge wurden in möglichst regelmäßigen Abständen jeweils mehrere Schnee– bzw. Eisproben gleicher Menge gezogen und zu einer Mischprobe zusammengefügt.

- *Pistenrandprobe (PR)*

Die Pistenrandprobe wurde aus dem Bereich der Fahrtstrecke der Pistenfahrzeuge auf dem Gletscher entnommen. Dabei sind auf Teilbereichen der Fahrtstrecke in regelmäßigen Abständen unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten mehrere Einzelproben gleicher Menge gezogen und zu einer Mischprobe vereinigt worden.

#### – Referenzprobe (R)

Die Referenzprobenahmestellen wurden so ausgewählt, daß sie möglichst abseits vom Pistenbereich liegen und möglichst frei von jeglicher Verunreinigung aus dem Schibetrieb sind. Die Analyse von Referenzproben dient zur Feststellung der in den betreffenden Gebieten vorhandenen, vom lokalen Geschehen unbeeinflussten Hintergrunddaten, die auf meteorologische Einflüsse (z.B. Lufttransport von Schadstoffen) zurückgehen. Die bei der Probenahme 1989 vom ÖAV gewählten Referenzstellen wurden bei der Probenahme 1990 aus Vergleichbarkeitsgründen beibehalten.

Auf dem Mittelberg–Brunnenkogelferner und dem Rettenbachferner sowie den Gletscherschigebieten Hintertux und Kitzsteinhorn erwies sich die Wahl der Referenzstelle als ausgesprochen schwierig, da wegen der weiträumigen Gletschernutzung nicht mit Sicherheit lokale, anthropogen bedingte Verunreinigungen auszuschließen waren.

Für die Entnahme der Referenzprobe wurde etwa 1 m<sup>2</sup> Schnee bzw. Eisfläche abgesteckt und aus diesem Bereich die Probe als Mischprobe entnommen. In den bei den einzelnen Gletschern angeführten Probenahmetabellen ist für die Referenzprobe die Zahl der Einzelproben mit eins angegeben, weil nur 1 mal 1 m<sup>2</sup> Fläche für die Probenahme herangezogen wurde.

#### – Umfeldprobe (U)

Am Hochstubaibestand die Möglichkeit, direkt neben dem Restaurant aus dem Gletscher eine Probe zu entnehmen. Mit dieser "Umfeldprobe" sollte untersucht werden, ob eine durch das erhöhte Personenaufkommen bedingte oberflächliche Verunreinigung des Gletschers nachzuweisen ist.

#### – Gletscherbachprobe (G)

Bei allen Gletschern, wo ein Gletscherbach als Abfluß vorhanden war, wurde aus diesem eine Schöpfprobe entnommen.

#### – Liftspurprobe (L)

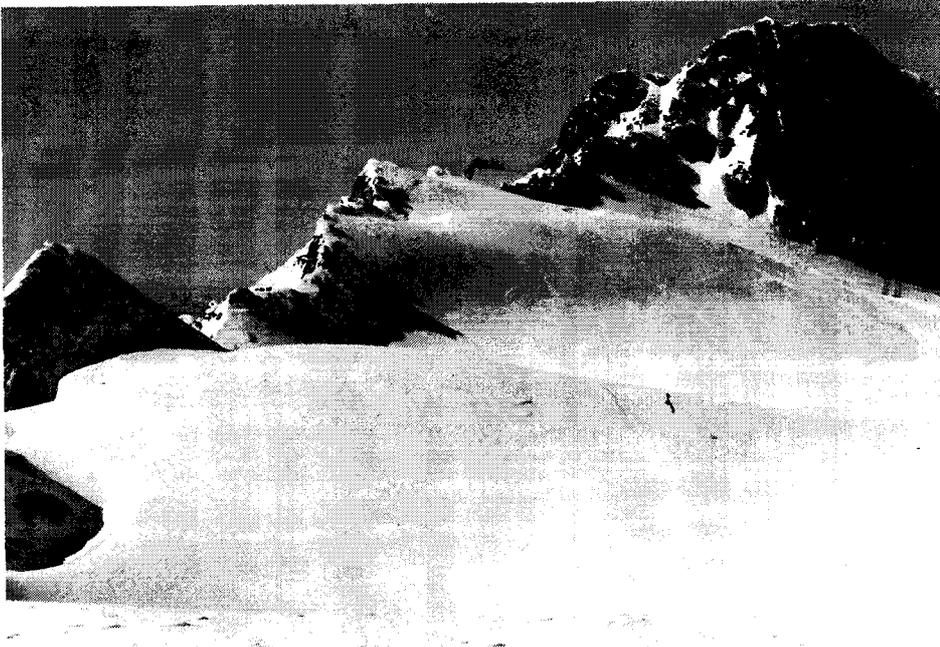
Am Dachstein wurde im Rahmen der Pilotuntersuchung 1988 auch aus dem Bereich der Schleppliftspur des Schiliftes Hunerkogel eine Schneeprobe entnommen.

#### – Vorfeldprobe (V)

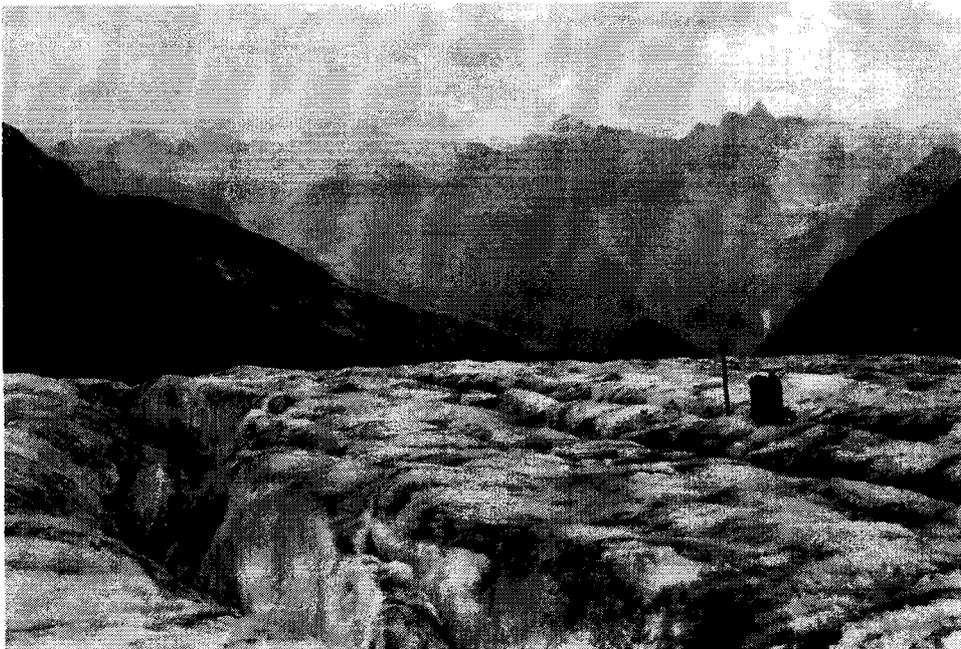
Am Dachstein wurde im Rahmen der Pilotuntersuchung 1988 auch aus dem Bereich der Garagenausfahrt der Pistenraupen eine Schneeprobe entnommen.

### 4.2 Ziel und Durchführung der Probenahme

Die Probenahmen erfolgten im Oktober 1989. Bei ausgewählten Gletschern wurden sie im August 1990 wiederholt und eine Erweiterung des Parameterumfanges vorgenommen. Im Rahmen eines Einspeisungsversuches für hydrogeologische Untersuchungen im Jahre 1988 wurden auf dem Schladminger Gletscher im Mai und September Proben zur chemischen Analyse genommen, deren Ziel es war, anthropogen bedingte Verunreinigungen durch Tourismus und Pistenbetrieb festzustellen. Dieser Gletscher wurde im Jahre 1990 ebenfalls beprobt.



*Referenzproben wurden aus nicht erschlossenen Bereichen  
der Gletscherschichtgebiete entnommen.*





Tab. 7: Übersicht über die durchgeführten Probenahmen

Gletscherschigebiet	Pistenprobe	Pistenrandprobe	Referenzprobe	Gletscherbachprobe	sonstige Probe	Probenahme durch*
Weißseeferner	P1-89	PR1-89	R1-89	G1-89		ÖAV
Mittelberg-Brunnenkogelferner	P2-89 P2-90	PR2-89 PR2-90	R2-89 R2-90	- -		ÖAV UBA
Rettenbachferner	P3-89 P3-90	PR3-89 PR3-90	R3/4-89 R3/4-90	G3/1-89 G3/1-90 G3/2-90		ÖAV UBA
Tiefenbachferner	P4-89	PR4-89	-	G4-89		ÖAV
Hochstubaï	P5-89	PR5-89	R5-89	G5/1-89 G5/2-89	U5-89	ÖAV
Hintertux	P6-89 P6-90	PR6-89 PR6-90	R6-89 R6-90	G6-89 G6-90		ÖAV UBA
Kitzsteinhorn	P7-89 P7-90	PR7-89 PR7-90	R7-89 R7-90	- -		ÖAV, UBA UBA
Wurtenkees	P8-89	PR8-89	R8-89	-	E8-89** A8-90*** B8-90***	ÖAV, UBA ÖAV ÖAV
Dachstein	P9-Mai88  P9-Sept.88 P9-90	-  - PR9-90	R9-Mai88  R9-Sept.88 R9-90	-  - -	L9-Mai88 V9-Mai88 L9-Sept.88 -	UBA  UBA UBA

\* UBA: Umweltbundesamt; ÖAV: Österreichischer Alpenverein; \*\* siehe Kap. 5.7.3; \*\*\* siehe Kap. 5.7.4

Die Probenahmen wurden vom Umweltbundesamt und vom Österreichischen Alpenverein durchgeführt. Zur eindeutigen Kennzeichnung der Proben wurden neben der Art der Probe P, PR und R die jeweiligen Gletscher mit einer Ziffer angegeben (s. Tab. 7).

Beprobt wurde die für das Untersuchungsziel repräsentative Schneesicht. Waren unberührte Neuschneeeauflagen vorhanden, wurden diese entfernt, wodurch sich unterschiedliche Probenahmetiefen ergaben.

War keine Schneeeauflage vorhanden, wurde das Gletschereis mechanisch aufgelockert und eine Probe entnommen.

Die Entnahme der Proben erfolgte mittels Aluminium- und Kunststoffschaufel sowie Pickel. Die Schnee- bzw. Eisproben wurden bei der Probenahme 1989 nach Probenart getrennt in einem verschließbaren Plastikeimer gefüllt und ins Tal transportiert.

Die Probenahme im August 1990 wurde aufgrund aufgetretener Fragen im Zusammenhang mit den Analyseergebnissen aus 1989 aufwendiger gestaltet.

Die Schnee- oder Eisproben einer Probenart wurden in sorgfältig gereinigte Aluminium- und Kunststoffflaschen gefüllt. Aluminiumgefäße dienten zum Transport des

Probematerials für die Untersuchungen auf organische, Kunststoffflaschen für diese auf anorganische Parameter. Glasgefäße konnten aufgrund des mühsamen Transportes und der damit gegebenen Bruchgefahr nicht eingesetzt werden.

**Tab. 8: Übersicht zur parameterabhängigen Probenstabilisierung und zum Probentransport (Parameter, Stabilisierung und Transportgefäße)**

Parameter	Stabilisierung (ÖNORM)	Transportgefäß	Parameter	Stabilisierung (ÖNORM)	Transportgefäß
Chlorid	M 6259	Kunststoff	CSB	M 6259	Glas
Nitrat	M 6259	Kunststoff	BSB <sub>5</sub>	M 6259	Glas
Sulfat	M 6259	Kunststoff	Bor	M 6259	Kunststoff
o-Phosphat	M 6259	Kunststoff	LAS	HENAU**)	Kunststoff
Jodid	M 6259	Glas	MBAS	HENAU**)	Kunststoff
Ammonium	Quentin*)	Glas	Natrium	M 6259	Kunststoff
Nitrit	M 6259	Glas	Kalium	M 6259	Kunststoff
Karbonathärte	Kühlung	Kunststoff	Calcium	M 6259	Kunststoff
CH	M 6259	Glas	Magnesium	M 6259	Kunststoff
DOC	Kühlung	Glas	Blei	M 6259	Kunststoff
DIC	Kühlung	Glas	GC-MS-Screening	Kühlung	Glas
TIC	Kühlung	Glas	HKW	Kühlung	Glas
TOC	Kühlung	Glas			

\*) QUENTIN, K.E.: *Trinkwasser, Untersuchung und Beurteilung von Trink- und Schwimmbadwasser*, Springer Verlag, 1988, S. 26 ff

\*\*) HENAU, H., MATTHIJS, E.: *Trace Analysis of Linear Alkylbenzenesulfonate (LAS) by HPLC, Detailed Results from two Municipal Sewage Treatment Plants in: Organic Contaminants in Waste Water, Sludge and Sediment: Occurrence, Fate and Disposal*, Elsevier Applied Science, London und New York, S 5 – 18, 1989

Für die Beprobung eines Gletschers waren 12 Stück 1 Liter-Aluflaschen und 2 Stück 3 Liter-Kunststoffflaschen erforderlich. Somit mußten 18 l Probenmaterial gesammelt und transportiert werden.

Alle Proben eines Schigebietes wurden am selben Tag entnommen, ins Tal gebracht und im Wasserbad vorsichtig geschmolzen, sodaß nur eine geringfügige Erwärmung der Probe (6 – 8 °C) stattfand. Die geschmolzenen Proben einer Probenart aus den (4x1 l) Aluflaschen wurden in verzinkten Blechkübeln gemischt und anschließend in die den Parametern entsprechenden Transportgefäße abgefüllt und gegebenenfalls stabilisiert.

Tabelle 8 gibt einen Überblick über die zur Stabilisierung des Probengutes in Abhängigkeit von zu analysierenden Parametern angewendeten Methoden.

Die geschmolzenen Proben einer Probenart aus den Kunststoffflaschen (1x3 l) wurden direkt in die den Parametern entsprechenden Transportgefäße abgefüllt und stabilisiert.

Die abgefüllten und stabilisierten (s. Tab. 8) Proben wurden noch in der Nacht in Kühlboxen per Bahn verschickt und konnten somit an dem der Probenahme folgenden Tag im Labor analysiert werden.

Die Untersuchungsparameter (Tab. 9) wurden im Hinblick auf mögliche Verschmutzungen infolge der Gletschernutzung ausgewählt.

Von den sieben im Jahr 1989 beprobten Gletscherschigebieten wurden vier Gebiete (Mittelberg–Brunnenkogelferner, Rettenbachferner, Hintertux und Kitzsteinhorn) im August 1990 nochmals untersucht. Auf dem Gletscherschigebiet Dachstein wurde im Jahre 1990 ebenfalls eine Probenahme durchgeführt.

*Tab. 9: Übersicht über die untersuchten Parameter*

<i>Referenzprobe</i>	<i>Pistenprobe</i>	<i>Pistenrandprobe</i>	<i>Gletscherbachprobe</i>
<i>Chlorid</i>	<i>Chlorid</i>	–	<i>Chlorid</i>
<i>Nitrat</i>	<i>Nitrat</i>	–	<i>Nitrat</i>
<i>Sulfat</i>	<i>Sulfat</i>	–	<i>Sulfat</i>
<i>Ammonium</i>	<i>Ammonium</i>	–	<i>Ammonium</i>
<i>o-Phosphat</i>	<i>o-Phosphat</i>	–	<i>o-Phosphat</i>
<i>Natrium</i>	<i>Natrium</i>	–	<i>Natrium</i>
<i>Kalium</i>	<i>Kalium</i>	–	<i>Kalium</i>
<i>Calcium</i>	<i>Calcium</i>	–	<i>Calcium</i>
<i>Magnesium</i>	<i>Magnesium</i>	–	<i>Magnesium</i>
<i>Jodid</i>	<i>Jodid</i>	–	<i>Jodid</i>
<i>Nitrit</i>	<i>Nitrit</i>	–	<i>Nitrit</i>
<i>Karbonathärte</i>	<i>Karbonathärte</i>	–	<i>Karbonathärte</i>
<i>Bor</i>	<i>Bor</i>	–	<i>Bor</i>
<i>Blei</i>	–	<i>Blei</i>	–
–	–	–	<i>TOC</i>
–	–	–	<i>DOC</i>
–	–	–	<i>DIC</i>
–	–	–	<i>TIC</i>
–	–	–	<i>CSB</i>
–	–	–	<i>BSB<sub>5</sub></i>
–	–	–	<i>CH</i>
–	–	–	<i>LAS, MBAS</i>
–	–	–	<i>hygienische Untersuchung</i>
<i>GC/MS–Screening</i>	–	<i>GC/MS–Screening</i>	–
<i>Halogenierte KW</i>	–	<i>Halogenierte KW</i>	–

### 4.3 Durchführung der chemischen Analysen

#### 4.3.1 Anorganische und organische Parameter

Alle in dieser Studie untersuchten Parameter sowie die verwendeten Analysemethoden mit den geltenden Nachweisgrenzen sind in nachfolgender Tabelle angeführt:

<i>Tab. 10a: Parameter, Durchführung der Analyse, Nachweisgrenzen, Geräte</i>			
<i>Parameter</i>	<i>Analysenmethode nach</i>	<i>Nachweisgrenze in mg/l</i>	<i>Geräte</i>
<i>Chlorid</i>	<i>EPA 300.0</i>	<i>0,1</i>	<i>Dionex 2010 i</i>
<i>Nitrat</i>	<i>EPA 300.0</i>	<i>0,1</i>	<i>Dionex 2010 i</i>
<i>Sulfat</i>	<i>EPA 300.0</i>	<i>0,1</i>	<i>Dionex 2010 i</i>
<i>o-Phosphat</i>	<i>ÖNORM M 6237</i>	<i>0,05</i>	<i>Lambda 17, PE</i>
<i>Nitrit</i>	<i>ÖNORM M 6282</i>	<i>0,01</i>	<i>Lambda 17, PE</i>
<i>Ammonium</i>	<i>ISO 7150 -</i>	<i>0,03</i>	<i>Lambda 17, PE</i>
<i>Natrium</i>	<i>DIN 38406 Teil 22</i>	<i>0,05</i>	<i>JY 38+ Jobin Yvon</i>
<i>Kalium</i>	<i>DIN 38406 Teil 22</i>	<i>0,02</i>	<i>JY 38+ Jobin Yvon</i>
<i>Calcium</i>	<i>DIN 38406 Teil 22</i>	<i>0,01</i>	<i>JY 38+ Jobin Yvon</i>
<i>Magnesium</i>	<i>DIN 38406 Teil 22</i>	<i>0,005</i>	<i>JY 38+ Jobin Yvon</i>
<i>TOC</i>	<i>ÖNORM M 6284</i>	<i>0,5</i>	<i>Astro 2001</i>
<i>DOC</i>	<i>ÖNORM M 6284</i>	<i>0,5</i>	<i>Astro 2001</i>
<i>CH</i>	<i>DIN 38409 Teil 18</i>	<i>0,1</i>	<i>IR 883, PE</i>
<i>GC-MS-Screening</i>		-	<i>HRGC 5300, Carlo Erba MAT 90 Finnigan MAT</i>
<i>TIC</i>	<i>ÖNORM M 6284</i>	<i>0,5</i>	<i>Astro 2001</i>
<i>DIC</i>		<i>0,5</i>	<i>Astro 2001</i>
<i>Jodid</i>	<i>DIN 38405 Teil 4</i>	<i>0,001</i>	<i>Lambda 17, PE</i>
<i>Bor</i>	<i>DIN 38405 Teil 17</i>	<i>0,03</i>	<i>Lambda 17, PE</i>
<i>Blei</i>	<i>DIN 38406 Teil 6</i>	<i>0,002</i>	<i>JY 38+ Jobin Yvon</i>
<i>LAS</i>	<i>HENAU**)</i>	<i>0,01</i>	<i>HPLC, Bruker*)</i>
<i>MBAS</i>	<i>Abott***)</i>	<i>0,01</i>	<i>Lambda 17, PE</i>
<i>Karbonathärte</i>	<i>DIN 38409 Teil 7</i>	-	-
<i>CSB</i>	<i>ÖNORM M 6265</i>	<i>15</i>	<i>Eltimer 40, Ströhlein</i>
<i>BSB<sub>5</sub></i>	<i>DIN 38409 Teil 52</i>	<i>10</i>	<i>Sapromat B12, Voith</i>
<i>Halogenierte Kohlenwasserstoffe:</i>	<i>DIN 38407 Teil 5 (Entwurf)</i>	<i>siehe Tab. 10b</i>	<i>HRGC 5300 Carlo Erba Dani Headspace im simultanen Zweisäulenbetrieb</i>
<p><i>*) Lösungsmittelfördersystem LC 21, Chromatographiedatensystem LC 41 DiCD, Automatischer Probengeber LC 51, UV-Detektor mit variabler Wellenlänge LC 313</i></p> <p><i>***) HENAU, H., MATTHIJS, E.: Trace Analysis of Linear Alkylbenzenesulfonate (LAS) by HPLC. Detailed Results from two Municipal Sewage Treatment Plants in: Organic Contaminants in Waste Water, Sludge and Sediment: Occurrence, Fate and Disposal, Elsevier Applied Science, London and New York, S 5 - 18, 1989</i></p> <p><i>***) Abbott, D.C., Analyst, 87, 286 (1962).</i></p>			

Tab. 10b: Nachweisgrenzen für Halogenierte Kohlenwasserstoffe ( $\mu\text{g/l}$ )

<i>Parameter</i>	<i>Nachweisgrenze in <math>\mu\text{g/l}</math></i>	<i>Parameter</i>	<i>Nachweisgrenze in <math>\mu\text{g/l}</math></i>
<i>1,1 Dichlorethylen</i>	<i>0,40</i>	<i>1,1,2 Trichlorethan</i>	<i>0,90</i>
<i>Chloroform</i>	<i>0,10</i>	<i>Dibromchlormethan</i>	<i>0,06</i>
<i>1,1,1 Trichlorethan</i>	<i>0,05</i>	<i>Perchlorethylen</i>	<i>0,10</i>
<i>1,2 Dichlorethan</i>	<i>6,60</i>	<i>1,4 Dichlorbutan</i>	<i>44,0</i>
<i>Tetrachlorkohlenstoff</i>	<i>0,01</i>	<i>1,2,3 Trichlorpropan</i>	<i>3,50</i>
<i>1,2 Dichlorpropan</i>	<i>5,20</i>	<i>1,4 Dichlorbenzol</i>	<i>2,80</i>
<i>Trichlorethylen</i>	<i>0,05</i>	<i>1,2 Dichlorbenzol</i>	<i>1,70</i>
<i>Bromdichlormethan</i>	<i>0,04</i>	<i>1,2,3,4 Tetrachlorbutan</i>	<i>2,80</i>

#### 4.3.2 Überblicksanalyse auf organische Schadstoffe

Die Überblicksanalyse (Screening, Profilanalyse) einer Probe dient dem Erkennen von unbekanntem Schadstoffen verschiedener Substanzklassenzugehörigkeit.

##### *Zielsetzung der Überblicksanalyse*

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Überblicksanalysen von Referenzprobe (R) (aus einem nicht erschlossenen Teil des Gletschers) und Pistenrandprobe (PR) sollte einen eventuellen organischen, vom Tourismusbetrieb verursachten Schadstoffeintrag aufzeigen.

Die Ergebnisse der Analysen der einzelnen Schigebiete werden bei der Beschreibung des jeweiligen Gletschers dargestellt und diskutiert.

Durch das Vorliegen von Meßergebnissen aus verschiedenen Gletscherschigebieten Österreichs wird eine vergleichende Diskussion möglich. Bei der Beurteilung der Schadstoffbelastung eines Gletschers müssen auch meteorologische und geographische Aspekte berücksichtigt werden. Einwirkungen auf die Umwelt stammen nicht immer aus direkten lokalen Quellen, sondern können durch über weite Strecken verfrachtete Ferneinträge verursacht werden.

Mit der im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Screeninguntersuchung der Gletscherproben ist versucht worden, die verschiedensten in der Umwelt immer wieder auftretenden Schadstoffgruppen zu erfassen. Dazu gehören z.B. die nahezu ubiquitär vorhandenen halogenierten Verbindungen und die Kohlenwasserstoffe (Alkane), die auf anthropogene Beeinflussung hinweisen.

Alkane können u.a. aus Mineralölprodukten stammen. Treibstoffe wie Diesel, Benzin, Kerosin (Flugzeugtreibstoff) und Schmiermittel usw. liefern bei der gaschromatographischen Analyse Chromatogramme mit bekannten Peakmustern und Elutionsbereichen. Dadurch ist es möglich, Verunreinigungen von Umweltproben mit den oben erwähnten Stoffen zu erkennen.

### *Prinzip zur Durchführung einer Überblicksanalyse*

Im Gegensatz zur schadstoffspezifischen Analyse wird bei der Überblicksanalyse eine möglichst umfassende Parametererfassung angestrebt. Dadurch kommt dem Anreicherungs-schritt besondere Bedeutung zu. Die eingesetzte Probenvorbereitungstechnik bedeutet aber bereits eine gewisse Selektion für die erfaßbaren Stoffgruppen, weshalb sie möglichst unspezifisch und umfassend sein muß. Im vorliegenden Fall wurde zum Zwecke der Anreicherung mit Hexan, einem Lösemittel, in dem eine Vielzahl organischer Verbindungen gut löslich ist, extrahiert.

Das dem Anreicherungs-schritt folgende Analysenverfahren bestimmt je nach Wahl der angewandten Methode die erfaßbaren Schadstoffgruppen. In der vorliegenden Arbeit wurde als Analysenmethode die Gaschromatographie mit drei unterschiedlichen Detektoren (FID, ECD und MS) gewählt. Mit der hier eingesetzten gaschromatographischen Methode werden verdampfbare organische Verbindungen, die den unterschiedlichsten Substanzklassen angehören können, qualitativ erfaßt. Schwerpunkt der Überblicksanalyse ist nicht die quantitative Erfassung, wenngleich halbquantitative Aussagen möglich sind.

Die Analyseergebnisse erhält man als Chromatogramme, die in Abhängigkeit von den Untersuchungsbedingungen eine zeitliche, unterschiedlichen Elutionstemperaturen entsprechende Darstellung der Inhaltsstoffe einer Probe liefern. Jeder eluierte und vom Detektor erkannte Inhaltsstoff tritt im Chromatogramm als Peak auf.

Mit dem Massenspektrometer (MS) können die mittels der Gaschromatographie getrennten Substanzen einer Probe identifiziert oder mindestens einer Substanzklasse zugeordnet werden.

### *Auswertung*

Die Auswertung der Überblicksanalysen erfolgte grundsätzlich qualitativ.

Die Zuordnung zu Substanzklassen bzw. die Identifikation von einzelnen Substanzen erfolgte ausschließlich durch Bibliotheksvergleich unter Berücksichtigung des gaschromatographischen Retentionsverhaltens.

Bei den Alkanen wurde eine über Peakhöhen errechnete halbquantitative Abschätzung der Summenkonzentration durch Vergleich mit einer n-Alkan-Mischung (C 8 – C 32; 5 ng je Alkan/ $\mu$ l) durchgeführt.

#### **4.3.3 Laborversuche zur Plausibilitätssteigerung**

Es handelt sich dabei um Analysen von im Labor mit konkreten Verunreinigungen (Kerosin, Mineralöl, Hydrauliköl, Schiwachs und Phthalate) hergestellten Proben. Sie dienen einerseits zum Nachweis, daß mit den angewandten Analysenverfahren diese Stoffe erfaßbar sind, und zur Information über das chromatographische Verhalten. Andererseits mußte sichergestellt werden, daß die Proben nicht während der Analyse mit an sich ubiquitär vorhandenen Schadstoffen (Phthalate) kontaminiert und daher die Ergebnisse falsch interpretiert wurden.

**Durchführung und Auswertung der Überblicksanalysen**

- **Analysenmethode:** *Anreicherung der zu erfassenden Verbindungen durch flüssig-flüssig Extraktion; Extraktanalyse mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie und Bibliotheksvergleich*
- **Probenvorbereitung:** *1 Liter der bis zum Beginn der Untersuchung gekühlt aufbewahrten Probe wurde mit 5 ml n-Hexan extrahiert. Der Extrakt wurde über Natriumsulfat getrocknet und auf 1 ml mittels Aufblasen von Inertgas eingeengt und den gaschromatographischen Analysen zugeführt. Für die massenspektrometrische Analyse mittels GC/MS-Kopplung mußte das Extraktvolumen auf 100 µl reduziert werden.*
- **Analysengerät:** *HRGC Mega 5160, Erba Science; MAT 90, Finnigan MAT, Bibliothek: NBS*

**GC-Analysenbedingungen für Probenahme 1989**

- **Säule:** *SE 52, 50 m, 0,25 mm I.D., 0,25 µm Filmdicke*
- **Injektor:** *split/splitlos, 275 °C*
- **Injektion:** *2 µl, 1 min splitlos*
- **Temperaturprogramm:** *60 °C, 1 min isotherm  
60 – 270 °C mit 7 °C/min  
270 °C, 29 min isotherm*

**GC-Analysenbedingungen für Probenahme 1990**

- **Säule:** *SE 52, 50 m, 0,25 mm I.D., 0,25 µm Filmdicke*
- **Vorsäule:** *30 cm, 0,32 mm I.D., unbelegt*
- **Injektor:** *On Column*
- **Injektion:** *1 µl*
- **Temperaturprogramm:** *60 – 270 °C, mit 7 °C/min  
270 °C, 30 min isotherm*

**MS-Bedingungen**

- **Transferline:** *280 °C*
- **Kopplung:** *direkt*
- **Ionisierung:** *Elektronenstoß, 70 eV*
- **Beschleunigungsspannung:** *5 kV*
- **Aufnahmetechnik:** *full scan*
- **Massenbereich:** *35 – 500 amu*
- **Scangeschwindigkeit:** *1 sec/Decade*
- **Auflösung:** *1000*

**Anmerkung:** *Aufgrund eines neuen SEV (Sekundärelektronenvervielfacher) bei den Analysen für die Probenahme 1990 unterscheiden sich die Intensitätsangaben (Counts) auf diesen Chromatogrammen von jenen der Probenahme 1989. Differierendes Retentionsverhalten ist durch Verwendung einer neuen Trennsäule und unterschiedlicher Injektionstechnik erklärbar.*

### 4.3.3.1 Analyse von Kerosin

Gelegentlich tritt in der Öffentlichkeit die Vermutung auf, daß Kerosin (Flugzeugtreibstoff) zur Verschmutzung des alpinen Raumes und somit der Gletscher beiträgt.

In Abbildung 7 ist das Chromatogramm der Kerosinprobe einerseits in voller Länge, andererseits eine Ausschnittsvergrößerung daraus dargestellt. Im Gesamtchromatogramm, das in der x-Achse den Gletscherchromatogrammen entspricht, läßt sich eindeutig der niedrige Siedebereich des Kerosins erkennen, wobei im Bereich der höheren Kohlenwasserstoffe, die in den Gletscherproben vorkommen, keine Peaks auftreten. In der Vergrößerung des niedrigen Siedebereichs sind die identifizierten Peaks gut erkennbar und beschriftet.

Bei der Analyse von in n-Hexan gelöstem Kerosin (11 µg/ml) erhält man Chromatogramme mit einem charakteristischen Elutionsbereich zwischen 90 °C und 170 °C und einer Alkanverteilung von C 9 bis C 14, wobei die höchsten Intensitäten bei C 11 (Undekan) und C 12 (Dodekan) liegen.

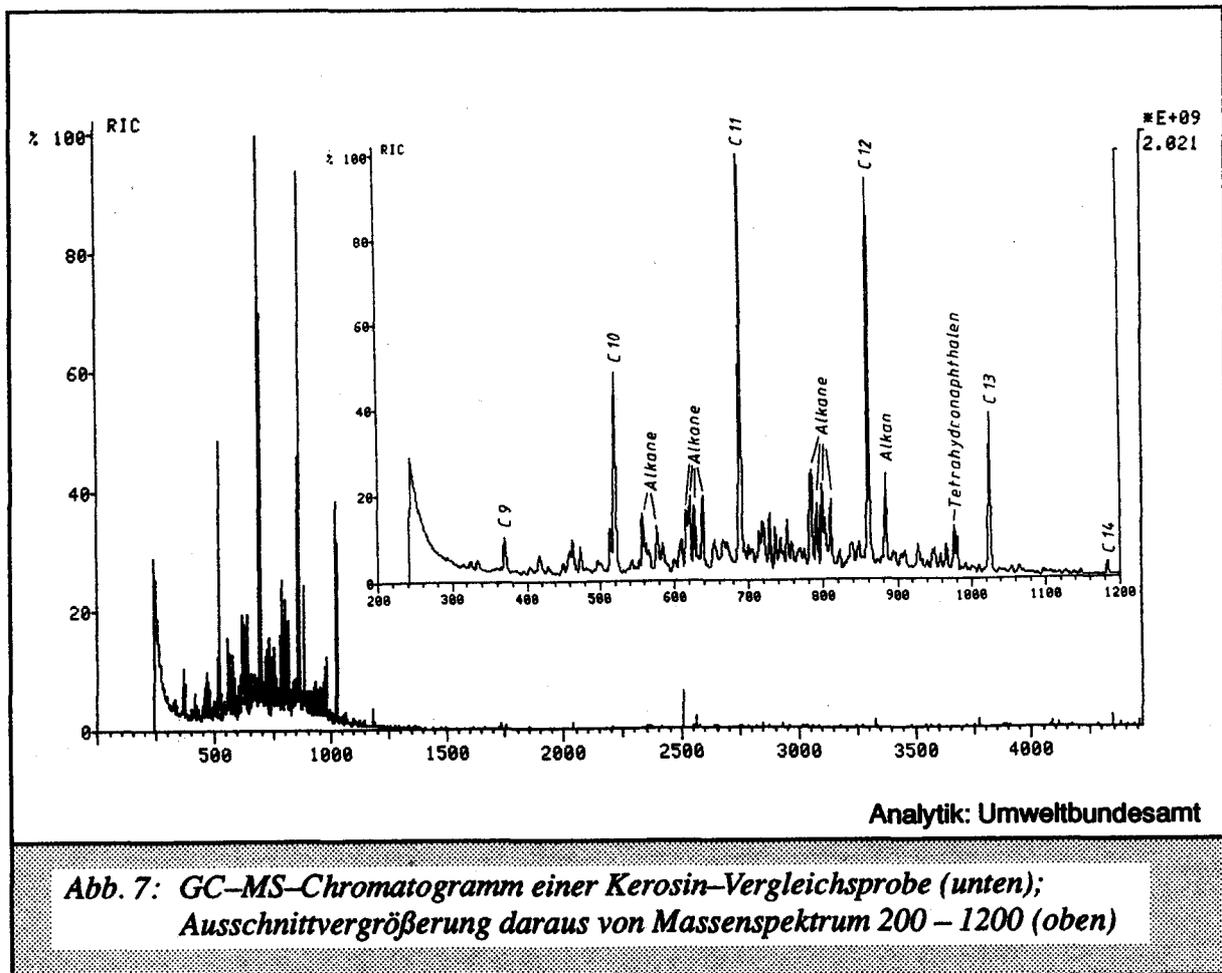


Abb. 7: GC-MS-Chromatogramm einer Kerosin-Vergleichsprobe (unten);  
Ausschnittsvergrößerung daraus von Massenspektrum 200 – 1200 (oben)

Da keine der im Gletscherbereich entnommenen und untersuchten Proben ein der Kerosinanalyse vergleichbares chromatographisches Muster zeigte, ist die Theorie der gravierenden, flächenhaften Verunreinigung durch Kerosin für die untersuchten Gletscher nicht zu bestätigen.

### 4.3.3.2 Analyse von Schiwachsen

In Laborversuchen wurden die wasserlöslichen Anteile von zwei willkürlich gewählten Schiwachsen analysiert. Dazu wurden 2 – 2,5 g Schiwachs in 500 ml Wasser 24 Stunden geschüttelt, der Extrakt mit 2 x 30 ml Hexan im Scheidetrichter extrahiert, die Hexanphase mit Natriumsulfat getrocknet, dann auf 1 ml eingeeengt und über GC/MS analysiert. In beiden Wachsen konnten Phthalate, ein Phosphorsäureester und verschiedene Alkane identifiziert werden (Abb. 8 und 9). In einem Schiwachs fanden sich außerdem verschiedene alkylierte Benzole (s. Abb. 9, vergrößerter Ausschnitt des unteren Siedebereichs).

Die im Schiwachs gefundenen Phthalate konnten auch in den Gletscherproben nachgewiesen werden. Es ist daher eine Kontamination der Schneeproben durch die Schiwachse nicht auszuschließen. Da Phthalate aber auch in vielen anderen Umweltproben gefunden werden, und ihr Auftreten als ubiquitär bekannt ist, müssen die in den Gletscherproben identifizierten Phthalate nicht ausschließlich aus den Schiwachsen stammen.

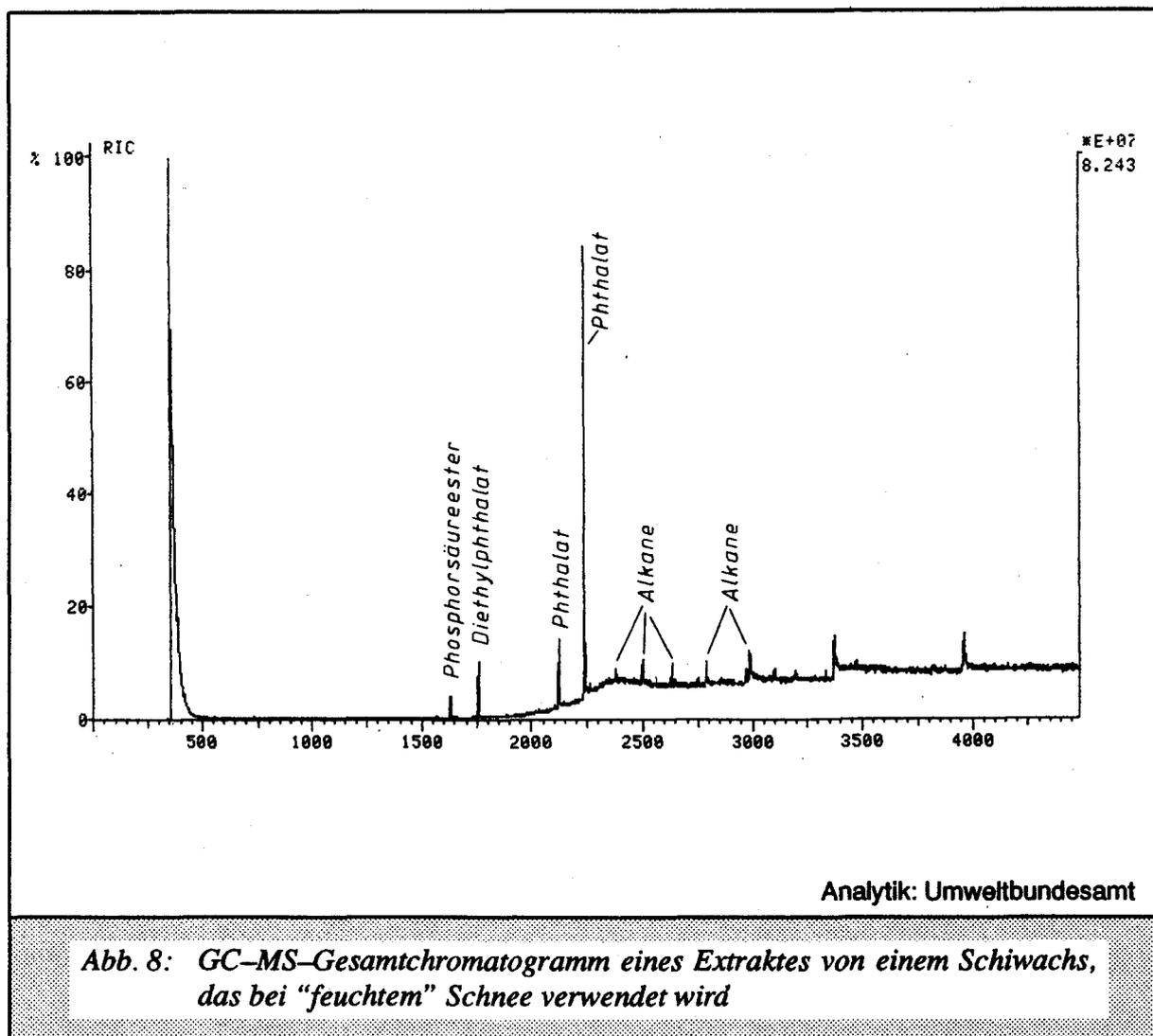


Abb. 8: GC-MS-Gesamtchromatogramm eines Extraktes von einem Schiwachs, das bei "feuchtem" Schnee verwendet wird

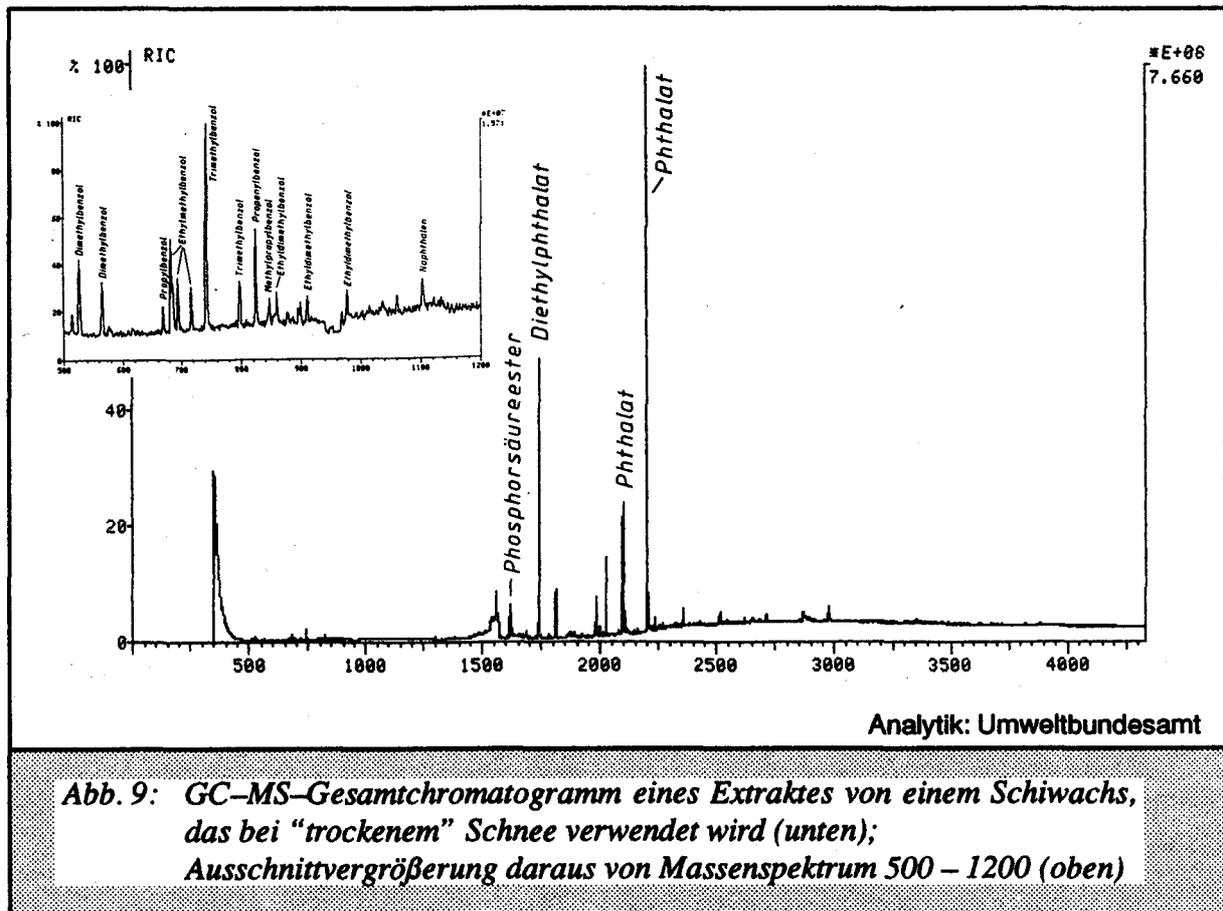


Abb. 9: GC-MS-Gesamtchromatogramm eines Extractes von einem Schwachs, das bei "trockenem" Schnee verwendet wird (unten); Ausschnittvergrößerung daraus von Massenspektrum 500 – 1200 (oben)

#### 4.3.3.3 Analysen von Motoren- und Hydraulikölen

Analog zur Kerosinanalyse wurden verschiedene Motor- und Hydrauliköle in Hexan gelöst (ca. 10 µg/ml) und mit GC/MS analysiert.

Im Gegensatz zum Kerosinextrakt wurden bei den Ölextrakten mit den angewandten Analysenbedingungen keine aussagekräftigen Chromatogramme erhalten.

Sie bestehen im wesentlichen nur aus einer stark verrauschten Grundlinie, die im höheren Temperaturbereich ansteigt. Eine Identifikation charakteristischer Substanzen war ebenso wie das Erkennen eines charakteristischen Peakmasters unmöglich.

Deshalb wird auf eine Abbildung der Chromatogramme verzichtet. Aufgrund der einheitlichen Untersuchungsmethode bei allen Proben können auch diese Vergleichsanalysen zur Ergebnisinterpretation herangezogen werden.

#### 4.3.3.4 Kontrolle auf Phthalatkontamination

Da beim analytischen Nachweis von Phthalaten immer der Verdacht auf Einschleppung aus dem Labor besteht, wurden im gegenständlichen Fall alle Manipulationen bezüglich Phthalatkontamination abgesichert. Damit ist sichergestellt, daß die identifizierten Phthalate nicht aus dem Labor stammen.

#### 4.3.4 Darstellung und Interpretation der Screeningergebnisse

Die chromatographische Präsentation und Beschreibung der Ergebnisse, von Referenz- und Pistenrandprobe erfolgt jeweils bei den zugehörigen Gletschern.

Die Chromatogramme werden mit gleichen Skalenmaßstäben (Intensitätsskala = y-Achse, Zeitskala = x-Achse) abgebildet. Dadurch ist ein visueller Vergleich von Referenz- und Pistenrandprobe eines Gebietes bezüglich identifizierter Inhaltsstoffe und deren Gehalte zulässig und möglich.

Neben den chromatographisch gut aufgelösten Substanzen (Peaks) wurde auch die sogenannte Basisbelastung zur Beurteilung herangezogen. Diese Basisbelastung, die sich im Chromatogramm als Erhöhung der Grundlinie (Berg) zeigt, ist auf einen nicht aufgelösten Komplex von gaschromatographisch eluierbaren Substanzen zurückzuführen (WINKELER, H.P. et al., 1988).

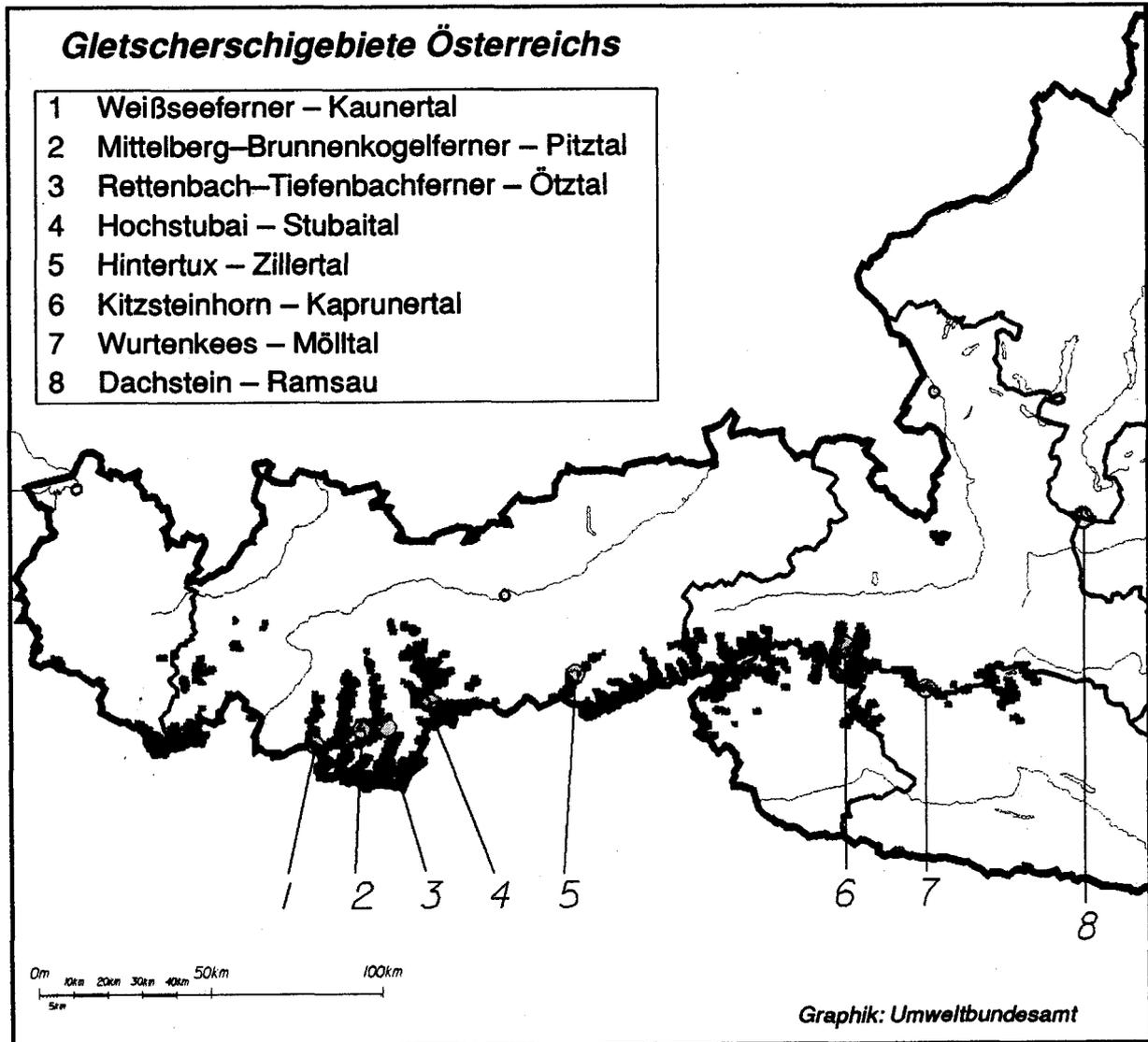
Im Kapitel 6 ("Vergleichende Diskussion der organischen Screening-Analysen") werden die Kopplungschromatogramme aller acht (1989) bzw. fünf (1990) untersuchten Gletscherschigebiete auf Überblickstafeln vergleichend dargestellt und diskutiert.

Abbildungen 85 bis 88 zeigen eine Zusammenstellung aller Screeningchromatogramme. Die Abbildungen gleichen Inhalts unterscheiden sich in der Intensität der vertikalen Skala der Chromatogramme. Die umfangreiche Zusammenstellung der Chromatogramme ermöglicht einen qualitativen und quantitativen Vergleich der Screeningergebnisse aus allen untersuchten Gletschergebieten. Die quantitative Vergleichbarkeit ist nur bei gleicher Intensitätsskala (= vertikale Skala) gegeben.

Aufgrund der differierenden Belastungen der untersuchten Proben muß zur Präsentation einzelner Chromatogramme die jeweils erforderliche Intensitätsskala gewählt werden. Für eine gemeinsame Darstellung werden daher die angeführten Übersichtstafeln in unterschiedlichen Intensitätsangaben abgebildet. Dadurch ist es möglich, alle Screeningergebnisse der einzelnen Gletscher trotz unterschiedlich hoher Belastungen untereinander direkt zu vergleichen.

## 5 Die österreichischen Gletscherschgebiete

Im folgenden Abschnitt werden für jedes der untersuchten Gletscherschgebiete die Ergebnisse der chemischen Analysen in Verbindung mit Informationen zur allgemeinen Situation und touristischen Infrastruktur der Gebiete dargestellt und diskutiert.



Die Übersichtskarte zeigt die Lage der untersuchten Gletscherschgebiete und verdeutlicht – in dunkler Farbe – den Grad der Vergletscherung der österreichischen Alpen (Gletscherstand 1956).

5.1 Weißseeferner – Kaunertal



**Probenahmestellen:**

△ Referenzprobe

□ Gletscherbachprobe

Einzelprobe für die Mischproben:

○ Piste

◇ Pistenrand

Abb. 10: Kartenausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr.30/2 'Öztaler Alpen – Weißkugel', 1:25.000, 6. Ausgabe 1986, Gletscherstand: 1969.  
Die Aufstiegshilfen Nöderjoch I, II und Übunglift sind noch nicht eingezeichnet.

### 5.1.1 Infrastruktur und Besucherzahlen

Das Gletscherschigebiet Weißseeferner liegt im Talschluß des Kaunertals, einem Seitental des obersten Inntales. Die Liftanlagen enden z.T. unmittelbar an der österreichisch-italienischen Staatsgrenze. Das Gletscherschigebiet wird auf einer ca. 17 km langen Mautstraße, die von den Gletscherbahnen betrieben wird und deren Mautstelle am Ortsende von Feichten liegt, erreicht. Ein Teil der Straße führt am ca. 5,5 km langen Gepatsch-Stausee entlang. Die Mautstraße ist vor allem im Bereich des Stausees nicht lawinensicher. Daher ist in Jahren mit normaler Schneelage im Hochwinter das Schigebiet geschlossen. Im Sommer ist bei schweren Niederschlägen die Straße in gewissen Bereichen auch murengefährdet.

Der Endpunkt der Mautstraße und der Ausgangspunkt des Gletscherschigebietes liegen auf 2750 m Höhe. Hier befinden sich auch der Parkplatz und das Restaurant des Schigebietes. Das Schigebiet reicht von ca. 2700 m bis auf etwa 3100 m Seehöhe.

Im Bereich des Restaurants liegt die Talstation der Doppelsesselbahn 'Wiesjagglkopf' – siehe auch Tabelle 11 bzw. die Abbildung 10. Die Abfahrt berührt einen kleinen Gletscherrest, der im Österr. Gletscherinventar als 'Weißseeferner W.2' geführt wird. Im Bereich dieser Abfahrt steht auch die Talstation des Schleppliftes 'Karlesspitze', der beim Hinteren Karles Kopf, 3160 m, in ca. 3100 m Höhe endet. Die Liftrasse führt dabei im oberen Abschnitt über einen weiteren Gletscherrest, den 'Weißseeferner W.1'.

*Tab. 11: Seilbahnen und Lifte des Gletscherschigebietes Weißseeferner – Kaunertal  
(Quelle: Seilbahnen und Lifte in Tirol, Stand 1.4.1990 und Unterlagen der  
Betreiber-gesellschaft, Stand Nov. 1990)*

<i>Liftbezeichnung</i>	<i>Typ</i>	<i>Höhen- differenz</i>	<i>schräge Länge</i>	<i>Kapazität Pers./h</i>	<i>Sommer- betrieb</i>	<i>An- trieb</i>
<i>1 Wiesjagglkopf</i>	<i>DSB</i>	<i>238m</i>	<i>870m</i>	<i>1400</i>	<i>ja<sup>1</sup></i>	<i>DIE</i>
<i>2 Karlesspitze</i>	<i>SCHL</i>	<i>260m</i>	<i>987m</i>	<i>1190</i>	<i>–</i>	<i>DIE</i>
<i>3 Weißseeferner</i>	<i>SCHL</i>	<i>357m</i>	<i>1748m</i>	<i>1200</i>	<i>ja</i>	<i>DIE</i>
<i>4 Nörderjoch</i>	<i>SCHL</i>	<i>180m</i>	<i>907m</i>	<i>1200</i>	<i>–</i>	<i>DIE</i>
<i>5 Nörderjoch</i>	<i>SCHL</i>	<i>117m</i>	<i>408m</i>	<i>1193</i>	<i>–</i>	<i>D</i>
<i>6 Übungslift<sup>2</sup></i>	<i>SCHL</i>	<i>40m</i>	<i>157m</i>	<i>340</i>	<i>–</i>	<i>D</i>
<i>Summe</i>		<i>1192m</i>	<i>5077m</i>	<i>6523</i>		

*DIE: Diesel-elekt. Antrieb, D: Dieselantrieb, SCHL: Schilift, DSB: Doppelsesselbahn*  
*<sup>1</sup> im Sommer nur für Fußgänger, <sup>2</sup> mehrere Aufstellungsorte*

Die größte Länge aller Liftanlagen des Gletscherschigebietes Kaunertal weist der Schlepplift 'Weißseeferner' auf. Dieser führt vom Restaurant bis zum Joch '3111 m' am Alpenhauptkamm. Der Lift erschließt den westlichen Abschnitt des Weißseeferners. Im Oktober 1989 wurden zwei neue Schlepplifte, 'Nörderjoch I' und 'Nörderjoch II', eröffnet. Die Talstation des 'Nörderjoch I'-Liftes steht etwas tiefer als Parkplatz und Restaurant. Der Schlepplift führt quer über den Weißseeferner bis auf etwa 2900m

Höhe unter das Nörderschartl, 3017 m. An den Schlepplift 'Nörderjoch I' schließt der Lift 'Nörderjoch II' an, der zum Nörderschartl führt. Zusätzlich zu den bisher genannten Anlagen betreiben die Kaunertaler Gletscherbahnen noch einen Übungslift, der an verschiedenen Punkten des Gletschers aufgestellt wird. Zum Teil erfolgt die Zubringung – speziell zum Rennlauftraining – zum Aufstellungsort mittels Pistenraupen.

Im Bereich des Gletscherbodens zwischen den Liften 'Weißseeferner' und 'Nörderjoch I' wird auch eine Loipe von etwa 4,5 km Länge präpariert.

#### *Betriebszeiten der Liftanlagen:*

Im Sommer sind nur die Doppelsesselbahn 'Wiesjagglkopf' – speziell für Fußgänger – und der Schlepplift 'Weißseeferner' – für Schifahrer – in Betrieb. Da hier im Sommer im unteren Bereich über Blankeis gefahren werden muß, wird das Gletschereis mit einer Art Rechen aufgeraut. Die übrigen Liftanlagen sind etwa von Juli bis September außer Betrieb.

#### *Ausbaupläne:*

Angestrebt wird eine Vergrößerung des Schigebietes nach unten. Dabei soll eine 4er Sesselbahn in 2 Sektionen von der Verebnung an der Straße auf ca. 2250 m Höhe bis zum Restaurant geführt werden. Die Abfahrt würde dazu über die Zunge des Weißseeferners und durch das Gletschervorfeld führen. Diese Abfahrt wird nach Angabe der Gletscherbahnen bereits heute als Tourenabfahrt genutzt; die Schifahrer werden mittels eines Busdienstes wieder zurückgebracht. Erreicht werden soll durch diese Erschließung einerseits eine Vergrößerung der Höhenerstreckung des Schigebietes von heute ca. 400 m auf etwa 900 m, andererseits könnte dadurch die Zufahrt zum Schigebiet um über 5 km und ca. 500 Höhenmeter verkürzt werden. Die Autos würden, nach Auskunft der Gletscherbahnen, entlang der Straße geparkt werden. Als Kapazität sind vorerst 1500 Personen/h geplant, später steigerbar bis auf 2500 Personen/h. Für dieses an sich genehmigte Liftprojekt wurden die naturschutzrechtliche und die baurechtliche Verhandlung bereits durchgeführt.

Weiters wird von den Gletscherbahnen der Bau eines Tunnels im besonders lawinengefährdeten inneren Stauseebereich angestrebt. Damit soll ein Ganzjahresbetrieb des Schigebietes auch in Wintern mit normaler Schneelage erreicht werden. Ein möglicher Bau einer Zubringerbahn vom südlich gelegenen Langtaufener Tal/Südtirol wird von den Gletscherbahnen selbst nicht forciert.

Eine früher angestrebte Einbeziehung des Gepatschferners wird nach Angabe der Gletscherbahnen derzeit nicht weiter betrieben.

#### *Parkplätze:*

Für ca. 800 PKW sind Parkmöglichkeiten vorhanden. Das Gletscherschigebiet ist auch mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar. Ein kleiner Teil der Stellplätze ist asphaltiert. Drainagierungen mit Ölabscheidern sind nicht vorhanden.

#### *Beschäftigte:*

Nach Angaben der Gletscherbahnen sind etwa 55–65 Personen beschäftigt.

*Pistenpräparierung:*

Nach Auskunft der Gletscherbahnen werden keinerlei chemische Mittel zur Pistenpräparierung aufgebracht. Auch Rennmannschaften ist dies untersagt.

Beschneiungsanlagen existieren zur Zeit keine. Nach Angabe der Gletscherbahnen besteht hierzu auch kein Projekt.

*Pistengeräte:*

Für die Pistengeräte existieren Garagen, in denen auch die Wartungsarbeiten durchgeführt werden. Die Garagen sind entsprechend mit Ölabscheidern ausgestattet.

Biologisch abbaubare Öle sind noch keine in Verwendung. Nach Angaben der Gletscherbahnen werden hier die Testergebnisse in anderen Gletscherschigebieten abgewartet.

*Energieversorgung:*

Die Kaunertaler Gletscherbahnen sind nicht an das öffentliche Stromnetz angeschlossen. Die Stromerzeugung für den Betrieb erfolgt auf Dieselmotorbasis. Die entsprechenden Anlagen sind im Restaurant-Gebäudekomplex untergebracht. Nach Angabe der Gletscherbahnen wird dort die Abwärme über eine Kraft-Wärme-Kupplung genutzt.

Die Lifte werden im allgemeinen mit Strom betrieben (verkabelte Leitungen). Ausgenommen davon sind nur die mit Dieselaggregaten betriebenen Schlepplifte 'Nörderjoch I' und 'Übungslift'.

*Wasserversorgung und Abwasserentsorgung:*

Die Wasserversorgung erfolgt durch eine Quelle, die beim Restaurantbau gefunden wurde. Die Quelfassung befindet sich heute im Gebäude. Bei nicht ausreichender Wasserversorgung – dieser Fall tritt nach Angabe der Gletscherbahnen nur an wenigen Tagen im Jahr ein – wird zusätzlich Wasser aus dem Tal herangeführt.

Eine biologische Kläranlage befindet sich im Keller des Restaurants. Die Anlage wurde nach einer Gasexplosion im Jahr 1987 neu errichtet. Die Kläranlage wird beheizt. Nach Auskunft der Gletscherbahnen funktioniert die Anlage in den letzten Jahren praktisch störungsfrei. Probleme traten früher vor allem durch die Standzeiten aufgrund der Betriebsunterbrechung wegen der Wintersperre auf. Die geklärten Abwässer werden nach Norden im Gelände abgeleitet und verlieren sich in Richtung Weißsee.

*Besucher:*

Von den Gletscherbahnen wurde eine nach Schifahrern und anderen Touristen aufgeteilte monatliche Besucherstatistik zur Verfügung gestellt. Dabei dienen die Zahlen der Mautstraßenbenützer als Grundlage und die Personenzahl wird letztlich auf der Basis der registrierten Autos geschätzt. Im Bereich der Mautstraße besteht mit der AV-Hütte Gepatsch Haus eine Übernachtungsmöglichkeit, die jedoch kaum von Besuchern des Gletscherschigebietes genutzt wird.

Wie Abbildung 11 zeigt, ist in Wintern mit normaler Schneelage das Gletscherschigebiet Weißseeferner-Kaunertal jeweils 3–4 Monate geschlossen. Das Besuchermaximum

wird jeweils im Juli/August erreicht. In Jahren mit geringer Schneelage wird ein zweites Maximum im Hochwinter bzw. um den Ostertermin erreicht. Der Anteil der Besucher in den Sommermonaten Juni bis September lag in den Jahren 1985 bis 1990 bei durchschnittlich 60%, in den Jahren 1989 und 1990 aufgrund der ausgeweiteten Betriebszeiten nur noch bei rund 50%.

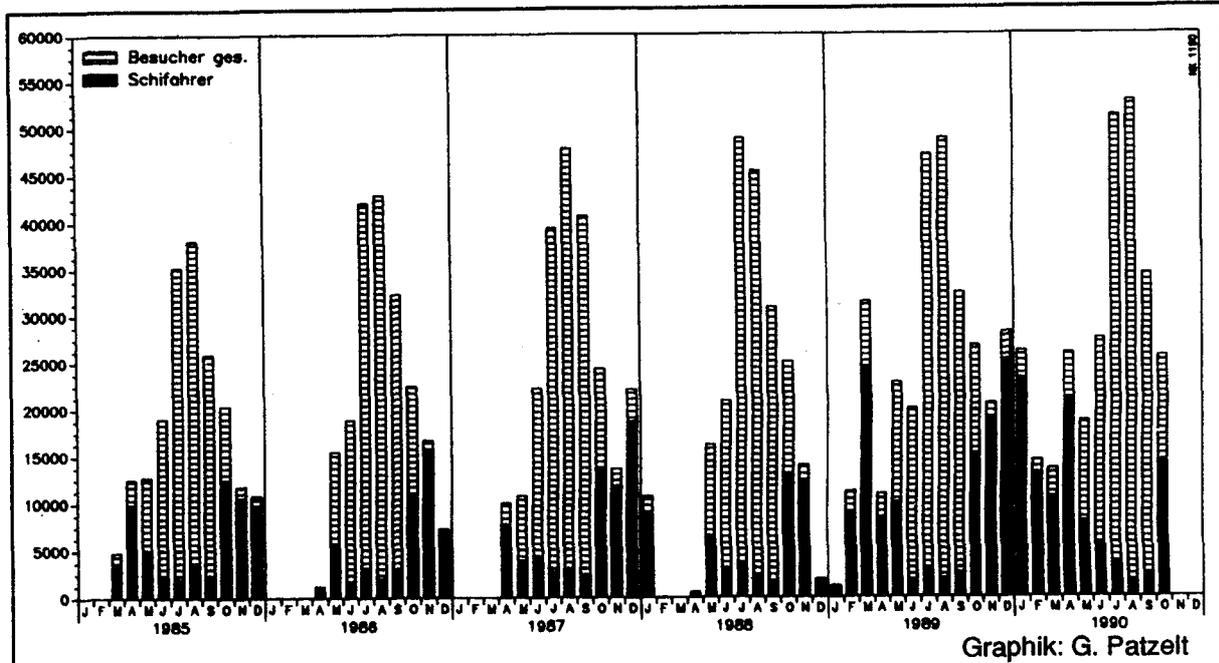


Abb. 11: Zahl der Besucher pro Monat = Zahl der Mautstraßenbenützer, und Anteil der Schifahrer (Quelle: Unterlagen der Seilbahngesellschaft)

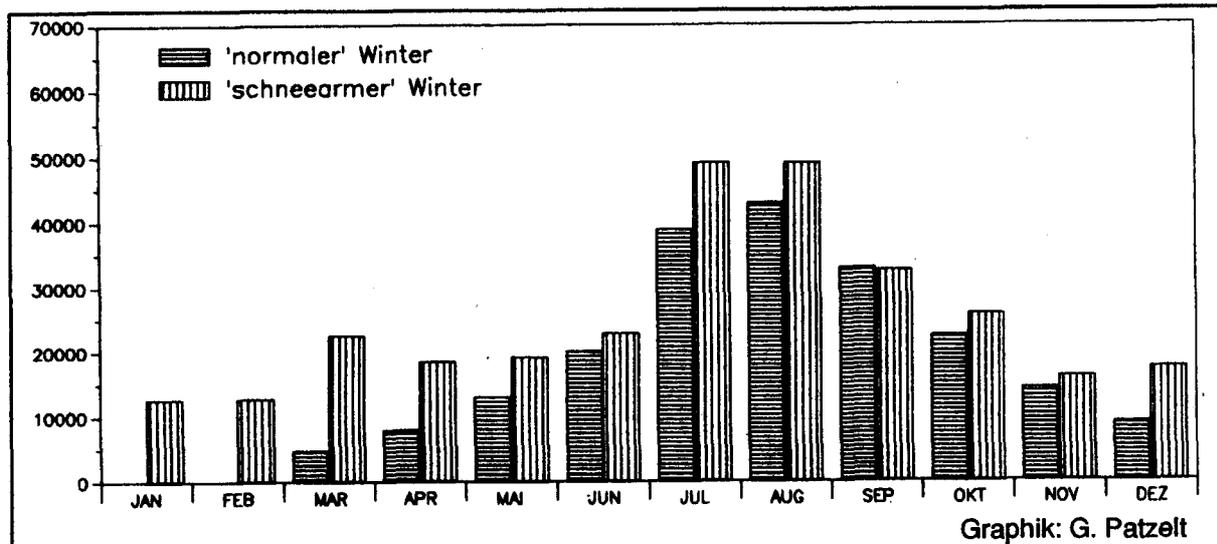


Abb. 12: Mittlere Besucherzahl pro Monat in schneearmen und 'normalen' Wintern (mit und ohne Wintersperre) (Quelle: Unterlagen der Seilbahngesellschaft)

Abbildung 12 zeigt die mittleren monatlichen Besucherzahlen in Jahren mit und in Jahren ohne Wintersperre. Auch der besucherstarke Ostertermin – siehe März 1989 – wird durch die Wintersperre häufig verpaßt. Der Anteil der Schifahrer an der Gesamtbesucherzahl ist relativ gering: in den Jahren mit Wintersperre – 1985–1988 – betrug der entsprechende Prozentwert etwa 27%; in den Jahren 1989 und 1990 waren bereits 38% der Besucher Schifahrer.

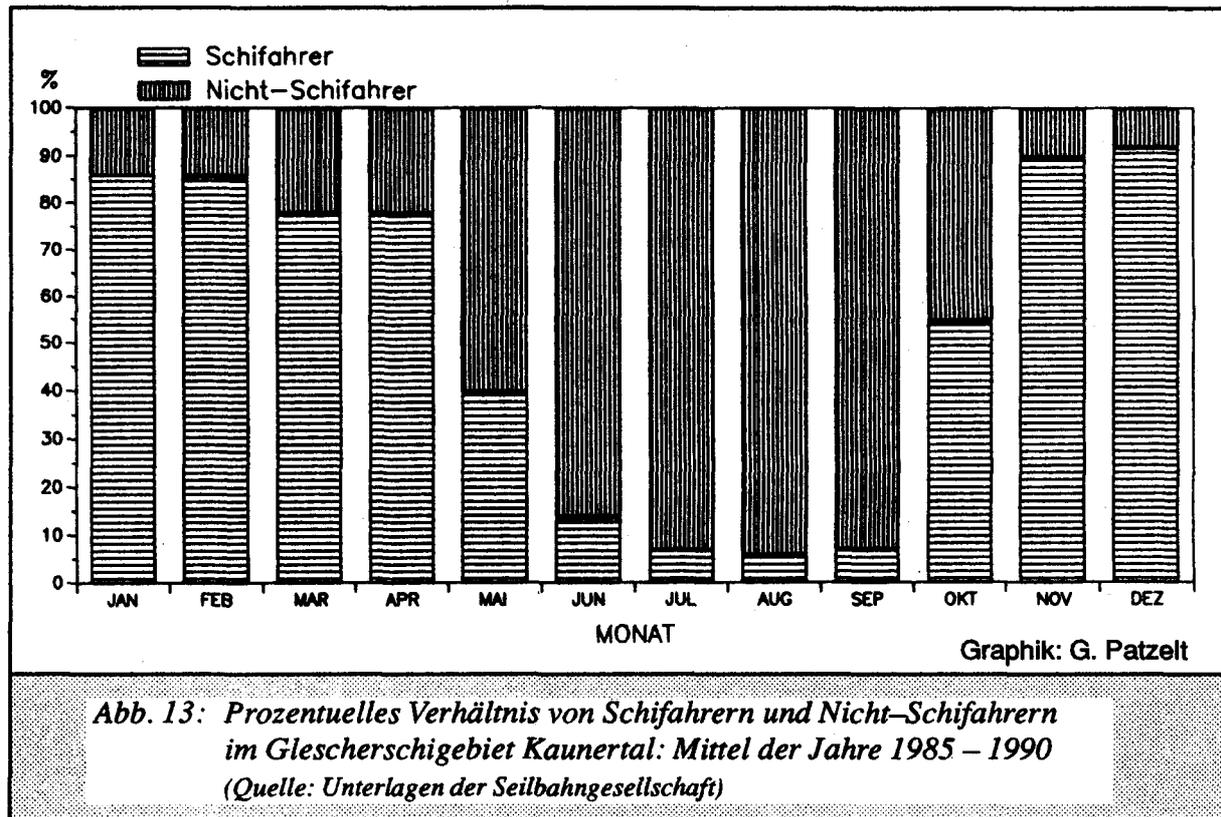


Abbildung 13 zeigt das Verhältnis von Schifahrern und Nicht-Schifahrern an der Gesamtbesucherzahl je Monat im Mittel der Jahre 1985 bis 1990. Während in den Monaten November bis April fast nur Schifahrer zu registrieren sind, ist das Verhältnis im Mai und Oktober relativ ausgeglichen. In den Sommermonaten Juni bis September ist der Anteil der Schifahrer an der Gesamtbesucherzahl unbedeutend. Die Bedeutung der Kaunertaler Gletscherbahnen als Sommerschigebiet ist nur gering.

Der Tagesrekord an Besuchern wurde zu Weihnachten 1989 mit etwa 4500–5000 Personen erreicht. Für die Gletscherbahnen gelten sonst Tage mit etwa 3000 Besuchern als Spitzentage.

Abbildung 14 zeigt erstmals für die Wintersaison 1989/90 eine größere Übernachtungszahl als in der vorhergehenden Sommersaison. In den Jahren davor überwog jeweils, auch wenn mit abnehmender Tendenz, die Sommersaison deutlich. Mit weniger als 40% Bettenauslastung bleibt dieser Wert auch im Winter 1989/90 im Vergleich zu anderen Gletscherschigebietsgemeinden deutlich zurück.

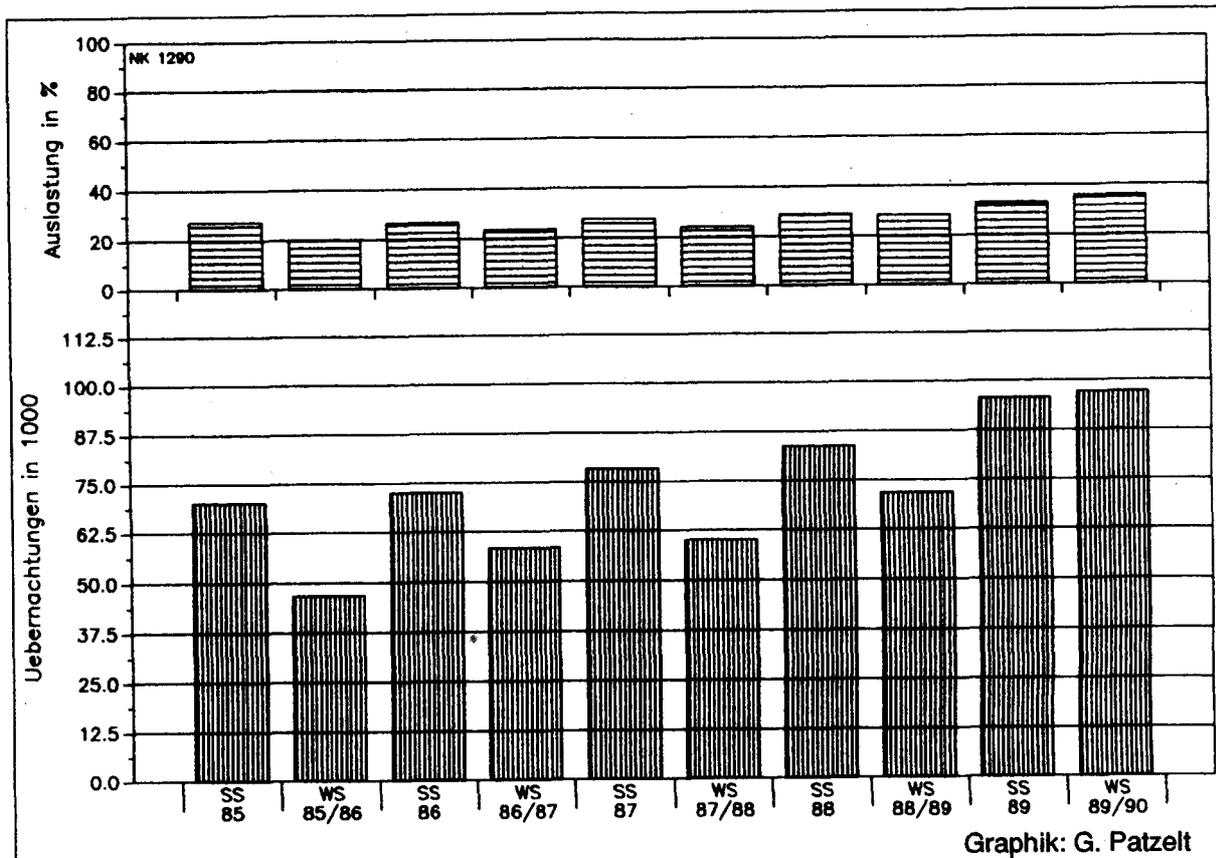


Abb. 14: Saisonale Übernachtungszahlen, absolut, und Bettenauslastung in Prozent, in der Gemeinde Kaunertal: Sommersaison 1985 – Wintersaison 1989  
(Quelle: Der Fremdenverkehr in Österreich etc.. In: Beiträge zur Österreichischen Statistik; Der Fremdenverkehr im Winterhalbjahr 1989/90, Vorläufige Ergebnisse für Tirol, In: Veröffentlichungen des Sachgebietes Statistik des Amtes der Tiroler Landesregierung)

Nach HAIMAYER (1987a) konnte die Gemeinde Kaunertal mit Eröffnung des Gletscherschigebietes im Jahr 1980 die Nächtigungen – von etwa 80 000 – im Zeitraum 1977/79 bis 1983/85 um etwa 40% steigern. Inzwischen sind etwa 200000 Nächtigungen pro Jahr zu registrieren.

### 5.1.2 Die Gletscher des Schigebietes

#### Geologie:

Das Kaunertal gehört zur Ötztaler Masse. Im Bereich des Gletscherschigebietes stehen Paragneise an. Weite Bereiche sind von Bergschutt und Moränenmaterial bedeckt.

#### Beschreibung:

Es werden vom Gletscherschigebiet Weißseeferner–Kaunertal drei im Österreichischen Gletscherinventar verzeichnete Gletscher genutzt: Weißseeferner, Weißseeferner W.1 und Weißseeferner W.2. Wie die Namensgebung bereits andeutet, wurden die Gletscher Weißseeferner W.1 und W.2 erst durch den Gletscherrückgang

in diesem Jahrhundert vom Weißseeferner getrennt. Tabelle 12 zeigt, daß beide Gletscher zum Aufnahmezeitpunkt des Gletscherinventars (1969) kleiner als 0,1 km<sup>2</sup> waren. Der Weißseeferner selbst weist demgegenüber eine Fläche von 2864 km<sup>2</sup> auf. Weißseeferner W.1 und W.2 stellen kleine Karvergletscherungen dar.

Der Weißseeferner ist ein typischer Gebirgsgletscher mit einer deutlich ausgebildeten Zunge. Der höchste Punkt des Gletschers wird mit der Weißsee Spitze, 3518 m, erreicht. An der Nordwestflanke dieses Berges bildet der Weißseeferner eine steile, durch Eisbrüche stark gegliederte und landschaftlich imposante ca. 500 m hohe Hangvergletscherung aus. Dieser westliche und hochgelegene Bereich ist für den normalen Schilaufr ungeeignet. Der untere und der westliche Abschnitt des Weißseeferners stellen hingegen relativ flache, nur im Zungenbereich und am südwestlich gelegenen, oberen Gletscherrand steilere Gletscherteile dar.

#### Größenänderungen:

Der Weißseeferner weist gegenüber dem letzten Gletscherhochstand zur Mitte des 19. Jahrhunderts nur einen relativ geringen Flächenverlust von 36,5% auf – Weißseeferner W.1 und W.2 mitberücksichtigt. Noch 1922 – Weißseeferner, Weißseeferner W.1 und W.2 hingen noch zusammen – hatte der Gletscher eine Fläche von 4143 km<sup>2</sup> und wies damit einen Größenrückgang gegenüber '1850' von nur 13,1% auf. Der nach 1922 erfolgte Flächenverlust war demgegenüber etwa doppelt so groß. Auch der Längenverlust zwischen '1850' und 1922 blieb mit ca. 300 m deutlich hinter jenem von 1922 bis 1969 mit etwa 900 m zurück.

Tab. 12: Gletscher des Schigebietes Weißseeferner (Quelle: Österr. Gletscherinventar)

Gletscher	Exp.	Fläche	höch.P.	tief.P.	max.Länge	SG 2:1	Fl.Änd.	SG Änd.	
Weißsee- ferner	1969	N	2,864km <sup>2</sup>	3518m	2560m	2,7km	2880m	-39,9% <sup>1</sup>	+20m <sup>3</sup>
	1850	N	4,769km <sup>2</sup>	3540m	2310m	3,8km	2860m	-	-
Weißsee- ferner W.1	1969	E	0,071km <sup>2</sup>	3130m	2980m	0,4km	3020m	-36,5% <sup>5</sup>	+25m <sup>5</sup>
	1850 <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
Weißsee- ferner W.2	1969	E	0,092km <sup>2</sup>	3030m	2900m	0,4km	2940m	-36,5% <sup>6</sup>	+25m <sup>6</sup>
	1850 <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	1969	-	3,027km <sup>2</sup>	-	-	-	2885m	-36,5%	+25m
	1850	N	4,769km <sup>2</sup>	3540m	2310m	3,8km	2860m	-	-

Exp.: Exposition, N: Nord, E: Ost, SG: Schneegrenze, SG 2:1: siehe Kap. 2.1.2  
<sup>1</sup> wenn Weißseeferner W.1 und Weißseeferner W.2 mitberücksichtigt werden: -36,5%  
<sup>3</sup> wenn Weißseeferner W.1 und Weißseeferner W.2 mitberücksichtigt werden: +25m  
<sup>4</sup> hing '1850' mit Weißseeferner zusammen, siehe oben  
<sup>5</sup> wenn Weißseeferner und Weißseeferner W.2 mitberücksichtigt werden  
<sup>6</sup> wenn Weißseeferner und Weißseeferner W.1 mitberücksichtigt werden

Die Längenänderungen des Weißseeferners werden seit etwa 1930, mit einigen Lücken in den 1940er Jahren, vom Österreichischen Alpenverein gemessen. Abbildung 15 zeigt die jährlichen Zungenlängenänderungen seit 1960. Bis etwa 1970 sind

deutliche Längenverluste des Weißseeferners verzeichnet. Zur Mitte der 1970er Jahre begann eine Vorstoßperiode, die erst 1987 endete. Letztmals wurde der Weißseeferner zu Beginn der 1920er Jahre als vorstoßend beschrieben, für die folgenden etwa 50 Jahre sind nur Längenverluste bekannt. Mit einem Vorstoßbetrag von fast 20 m wurde 1979 der Höhepunkt dieser aktuellen Vorstoßperiode erreicht. Insgesamt rückte der Weißseeferner 103 m vor. Ab 1987 ist wiederum eine Trendumkehr mit leicht negativen Längenänderungswerten zu beobachten.

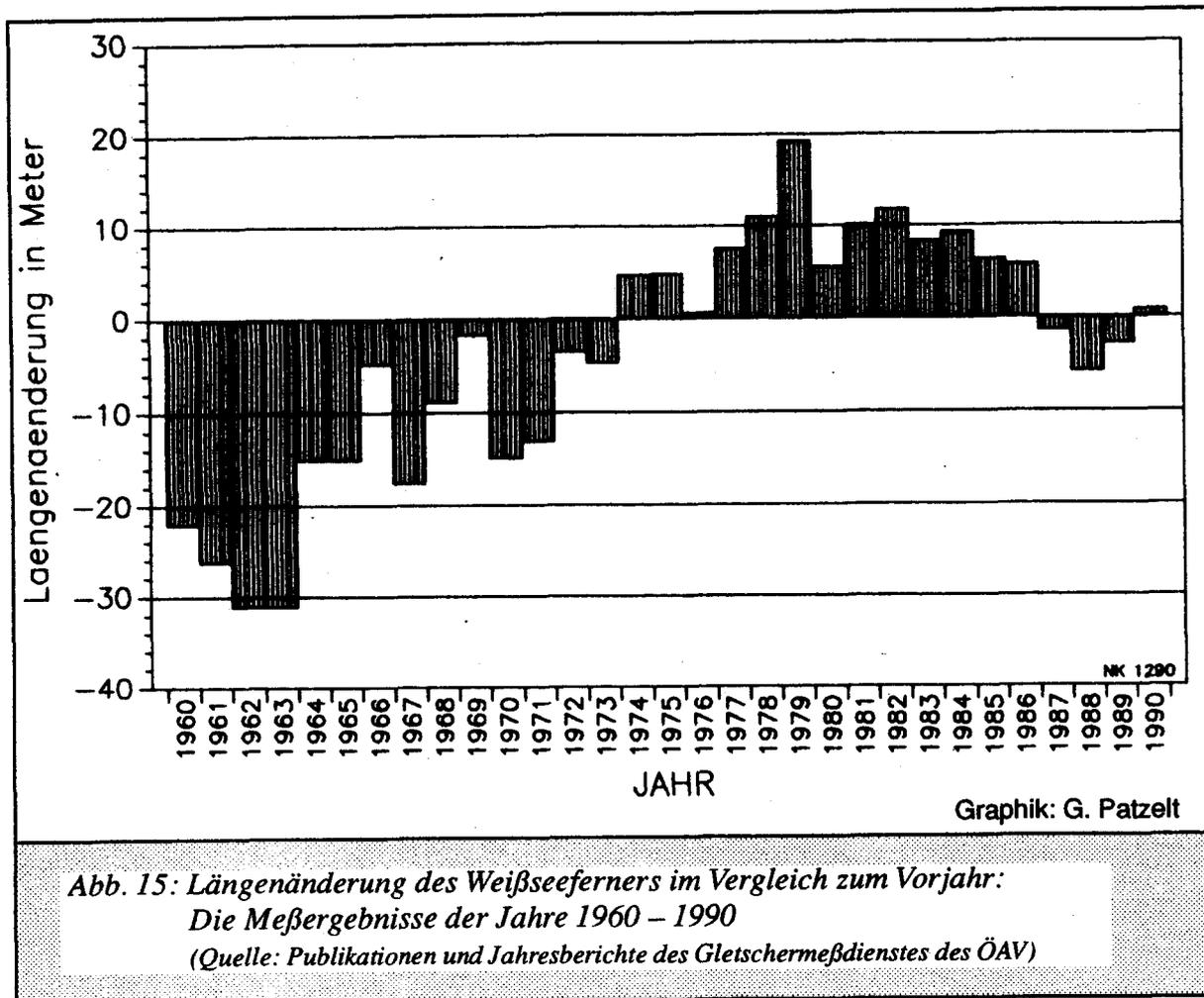


Abb. 15: Längenänderung des Weißseeferners im Vergleich zum Vorjahr:  
Die Meßergebnisse der Jahre 1960 – 1990  
(Quelle: Publikationen und Jahresberichte des Gletschermessdienstes des ÖAV)

Das beobachtete Verhalten des Weißseeferners entspricht – unter Berücksichtigung der aufgrund der Gletschergroße zu erwartenden Reaktionsverzögerungen – sehr gut dem Durchschnitt der österreichischen Gletscher.

Über Größenänderungen von Weißseeferner W.1 bzw. W.2 nach 1969 liegen keine Informationen vor. Diese beiden Gletscher sind seit 1981 jedoch jeweils ganz ausgeapert.

#### Genutzte Flächen:

Vom Weißseeferner werden ca. 1 km<sup>2</sup> oder rund 35% der Gesamtfläche für den Schilaf genutzt. Der Weißseeferner W.1 wird praktisch zur Gänze, der Weißseeferner W.2 nur im unteren Abschnitt befahren. Insgesamt werden durch das Gletscherschgebiet Kaunertal somit etwa 1,1 km<sup>2</sup> oder ca. 36% der Fläche aller drei Gletscher genutzt.

HAIMAYER (1987a) weist noch eine erschlossene Gletscherfläche von 0,75 km<sup>2</sup> – noch ohne die Lufe 'Nörderjoch I' und 'II' – aus.

Im Sommer reduziert sich die für den Schilaufr zur Verfügung stehende Fläche deutlich: es stehen dann nur noch etwa 0,15 km<sup>2</sup> oder rund 5% der Fläche des Weißseeferners zur Verfügung.

### 5.1.3 Untersuchung 1989

Die Probenahme wurde am 21.10.1989 durchgeführt. In Tabelle 13 ist ein Überblick über Ort und Art der Probenahme gegeben.

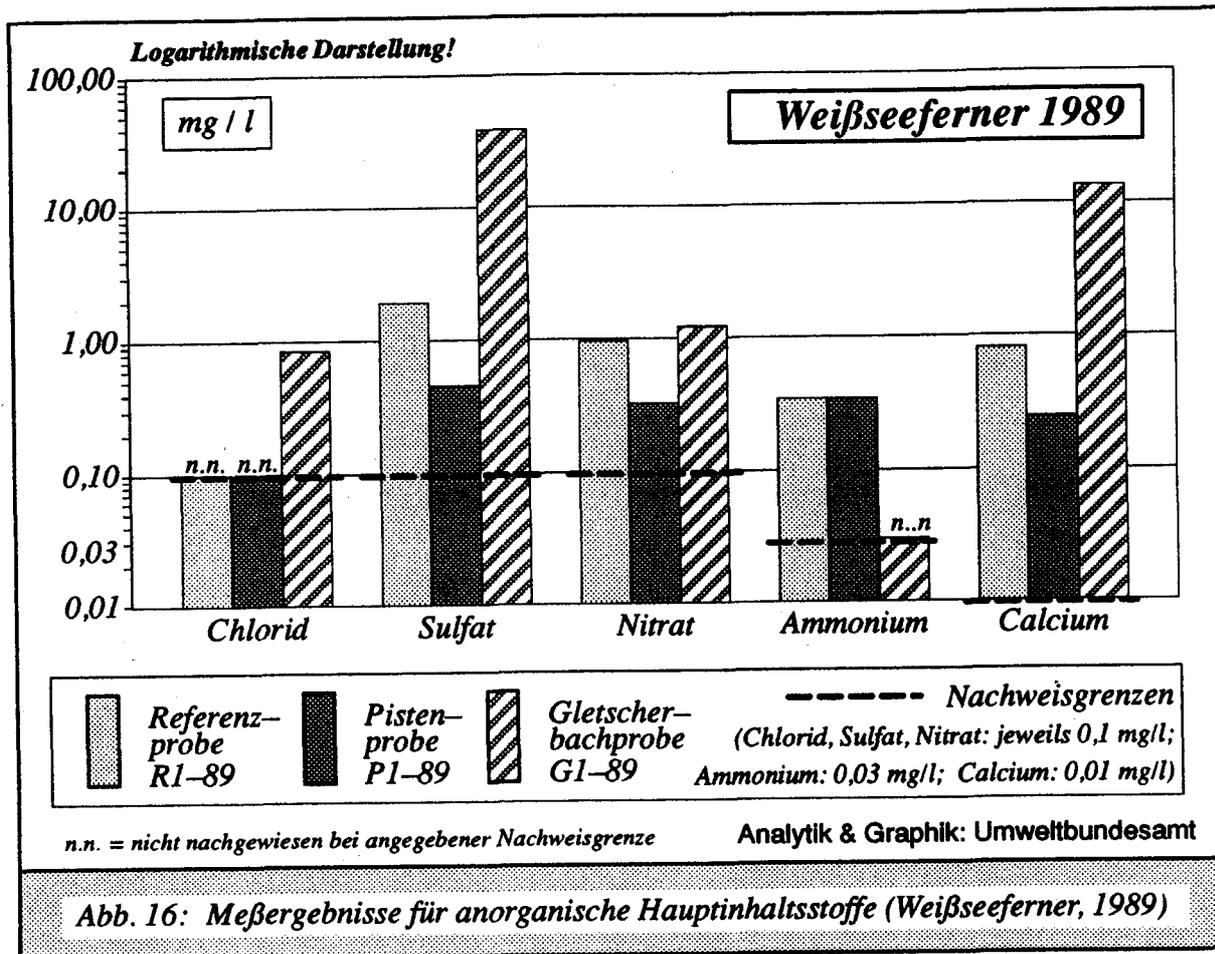
Sechs Einzelproben wurden aus dem Pistenbereich (P1–89) in Seehöhen von 2900 – 3000 m gezogen und zu einer Mischprobe vereinigt. Vier Einzelproben wurden aus dem Pistenrandbereich (PR1–89) in Seehöhen von 2750 – 2850 m genommen und ebenfalls zu einer Mischprobe zusammengefügt. Die Referenzprobe (R1–89) wurde abseits vom Pistenbereich in einer Seehöhe von 3150 m ca. 1 km westlich der Weißsee–Spitze gezogen. Die Beprobung des Gletscherbaches (G1–89) erfolgte in einer Seehöhe von 2460 m. Die einzelnen Probenahmepunkte sind in der Übersichtskarte (Abb. 10) eingezeichnet. Zum Zeitpunkt der Probenahme wurde mäßiger Pistenbetrieb beobachtet.

*Tab. 13: Probenahme 1989 – Weißseeferner*

<i>Bezeichnung der Probe</i>	<i>Zahl der Einzelproben</i>	<i>Probenahmetiefe (cm)</i>	<i>Entnahmestelle</i>
<i>P1–89</i>	<i>6</i>	<i>10 – 20</i>	<i>Piste</i>
<i>PR1–89</i>	<i>4</i>	<i>10 – 20</i>	<i>Pistenrand</i>
<i>R1–89</i>	<i>1</i>	<i>0 – 40</i>	<i>Referenz</i>
<i>G1–89</i>	<i>1</i>	<i>–</i>	<i>Gletscherbach</i>

*Tab. 14: Analyseergebnisse der Untersuchung 1989 – Weißseeferner*

<i>Parameter</i>	<i>Referenzprobe R1–89 (mg/l)</i>	<i>Pistenprobe P1–89 (mg/l)</i>	<i>Gletscherbachprobe G1–89 (mg/l)</i>
<i>Sulfat</i>	<i>1,90</i>	<i>0,46</i>	<i>38,90</i>
<i>Chlorid</i>	<i>&lt; 0,10</i>	<i>&lt; 0,10</i>	<i>0,85</i>
<i>Nitrat</i>	<i>0,96</i>	<i>0,33</i>	<i>1,20</i>
<i>Ammonium</i>	<i>0,35</i>	<i>0,35</i>	<i>&lt; 0,03</i>
<i>o-Phosphat</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>&lt; 0,05</i>
<i>Calcium</i>	<i>0,81</i>	<i>0,25</i>	<i>13,60</i>
<i>Magnesium</i>	<i>0,20</i>	<i>0,20</i>	<i>3,10</i>
<i>Natrium</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>0,09</i>	<i>1,50</i>
<i>Kalium</i>	<i>&lt; 0,02</i>	<i>0,19</i>	<i>3,90</i>
<i>TOC</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>0,50</i>



**Tab. 15: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Weißseeferner) sowie Vergleich mit Literaturdaten**

Parameter	Referenzprobe RI-89 (mg/l)	Pistenprobe PI-89 (mg/l)	Erhöhung gegenüber Referenzprobe (Faktor)	Niederschlagsvergleichswerte (mg/l)*	Hintereisferner(Tirol) Teufelseck (mg/l)**	Badeeis (mg/l)**
Sulfat	1,94	> 0,46	0,2	0,58	0,61	0,59
Chlorid	< 0,10	= < 0,10	-	0,21	0,33	0,25
Nitrat	0,96	> 0,33	0,3	0,50	0,48	0,38
Ammonium	0,35	= 0,35	1,0	1,10	0,10	0,09
o-Phosphat	< 0,05	= < 0,05	-	-	-	-
Calcium	0,81	> 0,25	0,3	0,28	0,40	0,32
Magnesium	0,20	= 0,20	1,0	0,02	0,04	0,03
Natrium	< 0,05	< 0,09	> 1,8	0,05	0,12	0,06
Kalium	< 0,02	< 0,19	> 9,5	0,04	0,06	0,03

\* ) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)

\*\* ) Mittelwerte über die gesamte Schneedecke (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)

Die Ionengehalte der Pistenprobe sowie der Referenzprobe passen sehr gut mit den Untersuchungsergebnissen vom nahegelegenen Hintereisferner (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986) zusammen. Bei den im Vergleich zur Pistenprobe erhöhten Werten an Sulfat und Calcium in der Referenzprobe dürfte es sich, da auch die Nitratwerte dieser Tendenz folgen, um Beeinflussungen durch Saharastaubablagerungen handeln (s. auch Kap. 3).

Der Vergleich der Ergebnisse der Referenzprobe (R1–89) mit jenen der Pistenprobe (P1–89) läßt keine mit chemisch-analytischen Untersuchungen nachweisbare zusätzliche Beeinträchtigung der Piste durch anthropogene Einflüsse erkennen.

*Tab. 16: Analysenwerte des Gletscherbaches (Weißseeferner) im Vergleich mit anderen Untersuchungen*

<i>Parameter</i>	<i>Gletscherbachprobe G1–89 (mg/l)</i>	<i>Riffelsee*) (mg/l)</i>	<i>Pitze**) (mg/l)</i>	<i>Medianwert*) Hochgebirgsseen (mg/l)</i>
<i>Sulfat</i>	38,90	9,80	9,00	3,50
<i>Chlorid</i>	0,85	0,14	1,00	0,25
<i>Nitrat</i>	1,20	0,88	0,40	0,99
<i>Ammonium</i>	< 0,03	0,02	0,03	0,02
<i>o-Phosphat</i>	< 0,05	–	0,04	–
<i>Calcium</i>	13,60	4,40	5,00	2,70
<i>Magnesium</i>	3,10	0,75	1,00	0,39
<i>Natrium</i>	1,50	0,64	–	0,37
<i>Kalium</i>	3,90	0,90	–	0,35
<i>TOC</i>	0,50	–	–	–

*\*) Vergleichswerte von Hochgebirgsseen in angrenzenden Bereichen (PSENNER, R., 1988)*  
*\*\*) Gewässergüte Tirol 1979/80*

### *Gletscherbach*

Auffällig an den Ergebnissen der Untersuchung des Gletscherbaches (G1–89) sind die hohen Anteile vor allem an Calcium und Sulfat aber auch an Magnesium, Natrium und Kalium. Vergleicht man diese mit den Werten des in 2232 m Seehöhe im Einzugsgebiet des Kaunergrats liegenden Riffelsees, erkennt man ähnliche Relationen unter den genannten Ionen wie sie im Gletscherbach auftreten. Die Medianwerte der untersuchten hochalpinen Seen (PSENNER R. et al.) passen zu den Ergebnissen des Gletscherbaches, wengleich sie um eine Zehnerpotenz unter jenen liegen.

Die Probenahme wurde im Oktober bei geringem Oberflächenabfluß durchgeführt. In dieser Zeit überwiegt im Abfluß der Anteil der subglazialen Komponente, die hohe Ionenkonzentrationen enthalten kann, die nur geringe Ionenkonzentrationen aufweisende Oberflächenkomponente. Das Zusammenspiel bei den Komponenten sowie die Aufenthaltszeit der Wässer im hydroglazialen System bedingt neben starken saisonalen Schwankungen auch eine große Variabilität in der chemischen Zusammensetzung des Gletscherabflusses.

Ein Vergleich der Ergebnisse des Gletscherbaches mit jenen der im geologisch identen Gebiet (Paragneis) entspringenden Pitze zeigt, daß sich in beiden Gewässern auf häusliche Verunreinigungen deutlich hinweisende Parameter wie Ammonium, ortho-Phosphat und TOC in den unteren Konzentrationsbereichen bzw. an der Nachweisgrenze der angewandten Methode bewegen. Auffällig auch in der Pitze – soweit Analyseergebnisse vorhanden sind – sind die höheren Anteile für Calcium, Sulfat und Magnesium (WWK/BMLF 1979/80).

### Organische Überblicksanalyse

#### *Referenzprobe (R1–89)*

Die Probe enthält vor allem Phthalate und Alkane. Der Hauptanteil der Alkane besteht aus Hexadecan (C 16) und Octadecan (C 18). Eine für Kerosin charakteristische Alkanverteilung liegt nicht vor. Die Konzentration der in Summe vorhandenen Alkane ist kleiner als 5 ppb. Die Kettenlänge der auftretenden Alkane liegt zwischen 14 und 31 Kohlenstoffatomen. Daneben konnten ein alkyliertes Phenol, ein Phosphorsäureester, ein Methylfluoren (PAH), ein Alkylbenzol und ein Terpen identifiziert werden. Die Basisbelastung ist gering. Eine leichte Verunreinigung mit Alkanen aus dem Siedebereich von Diesel liegt vor.

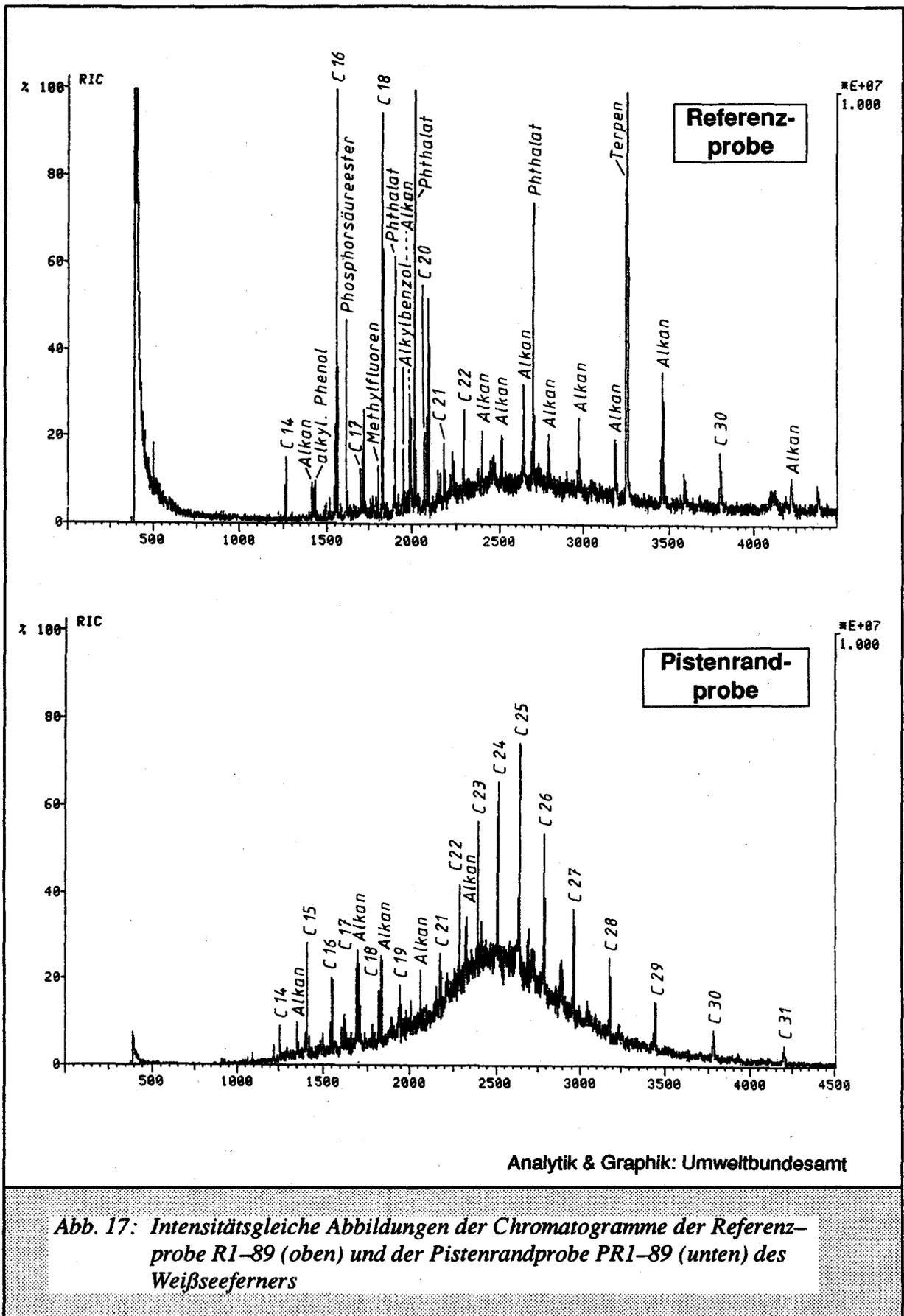
#### *Pistenrandprobe (PR1–89)*

Als Inhaltsstoffe konnten Alkane mit 14 bis 31 Kohlenstoffatomen nachgewiesen werden. Das Maximum der Intensitätsverteilung der Alkane liegt bei einer Kettenlänge von 25 Kohlenstoffatomen (C 25). Die Summenkonzentration kann mit kleiner als 5 ppb angegeben werden. Eine geringe, aber gegenüber der Referenzprobe erhöhte Basisbelastung ist vorhanden.

#### *Vergleich*

Beide Proben enthalten organische Verbindungen, wobei die Referenzprobe generell die höheren Konzentrationen aufweist (Abb. 17). Die Basisbelastung ist bei der Pistenrandprobe etwas höher als bei der Referenzprobe.

Die Alkansummenkonzentrationen sind in beiden Proben < 5 ppb. Inhaltlich unterscheiden sich Referenz- und Pistenrandprobe in der Konzentrationsverteilung der Alkane, wobei besonders bei der Pistenrandprobe eine für petrochemische Produkte charakteristische Verteilung vorliegt.



#### 5.1.4 Zusammenfassung der Untersuchung

Im Schigebiet Weisseeferner wurden 1989 aus dem Pistenbereich, von der Referenzstelle und aus einem Gletscherbach Proben entnommen.

Die Meßergebnisse der anorganischen Parameter von Referenz- und Pistenprobe lagen durchwegs im aus Literaturdaten ermittelten Schwankungsbereich. Auch beim Vergleich mit Niederschlagsdaten fielen keine Besonderheiten auf. Erwähnenswert sind die in der Referenzprobe gegenüber der Pistenprobe höheren Sulfat- und Calciumgehalte.

Der Gletscherbach enthält Calcium (0,34 mmol) und Sulfat (0,4 mmol) in einem molaren Verhältnis, das auf eine gemeinsame Herkunft hindeutet. Eine Verunreinigung des Gletscherbaches durch häusliche Abwässer ist auszuschließen, da die dafür charakteristischen Parameter (TOC, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>) nur in geringsten Konzentrationen bzw. in Spuren auftreten.

Die Ergebnisse der organischen Überblicksanalyse von Referenz- und Pistenrandprobe deuten auf eine nur geringfügige Beeinträchtigung durch organische Mikro-schadstoffe hin.

Zusammenfassend kann aufgrund der Untersuchungsergebnisse gesagt werden, daß die durch die Nutzung der Gletscher als Sommerschigebiet hervorgerufene Beeinträchtigung desselben als eher gering anzusehen ist, daß aber eine gewisse – wahrscheinlich auf eine Überlagerung mit Ferneinträgen zurückführbare – organische Basisbelastung vorhanden ist.

Vom Standpunkt des Umweltschutzes ist der Umgang mit den geklärten Abwässern der vorhandenen Kläranlage als unbefriedigend anzusehen.

5.2 Mittelberg–Brunnenkogelferner – Pitztal



**Probenahmestellen** (gelb: Probenahme 1989, orange: Probenahme 1990):

△ Referenzprobe

Einzelprobe für die Mischproben:

○ Piste

◇ Pistenrand

Abb. 18: Kartenausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr.3016 'Öztaler Alpen–Wildspitze', 1:25.000, 3. Ausgabe 1989, Gletscherstand: 1969

### 5.2.1 Infrastruktur und Besucherzahlen

Die Talstation des Gletscherschigebietes Pitztal liegt in ca. 1750 m Höhe im Talende des Pitztales beim Weiler Mittelberg am Fuße des Mittagskogels. Das Gletscherschigebiet ist vom Talbereich aus nicht einsehbar, es wird durch eine etwa 3,8 km lange Tunnelbahn, die 'Pitzexpress' genannt wird, erreicht.

Bei der Bergstation, 2850 m, befindet sich das einzige Restaurant des Schigebietes. Von hier nehmen die Liftanlagen, die den Brunnenkogelferner erschließen, ihren Ausgangspunkt. Mit der Gruppenumlaufbahn 'Pitzpanorama', einer Kabinenbahn, bei der jeweils vier 25 Personenkabinen zu 4 Gondelgruppen zusammengefaßt sind und die laut Eigenwerbung der Gletscherbahnen die höchstgelegene Seilbahn Österreichs ist, wird über eine Zwischenstation der Gipfel des Hinteren Brunnenkogels, 3440 m, erreicht. Im Sommer ist bei der Zwischenstation, 3020 m, ein Zu- bzw. Ausstieg möglich. Mit dieser Bahn wird die südöstliche Hälfte des Brunnenkogelferners erschlossen. Von der Bergstation der 'Pitzpanorama'-Bahn ist aber auch eine Abfahrt zum Mittelbergferner möglich.

Die nordwestliche Hälfte des Brunnenkogelferners wird mit dem Schlepplift 'Brunnenkogel' erschlossen. Der am Rande des Brunnenkogelferners stehende Lift 'Mittagskogel' dient vor allem als Übungslift. Außerdem wird an diesem Gletscher der transportable 'Babylift', der in Abbildung 18 nicht eingezeichnet ist, aufgestellt. Dieser wird im Sommer bei der Zwischenstation der 'Pitzpanorama'-Bahn aufgebaut.

Der Mittelbergferner wird vor allem durch den Schlepplift 'Mittelberg I' erschlossen. Dieser führt von ca. 2730 m Höhe bis zum Mittelbergjoch, 3166 m. Hier beginnt der Schlepplift 'Mittelberg II', der das südöstlich des Hinteren Brunnenkogels gelegene Kar erschließt. Der Verbindung zwischen den Anlagen am Brunnenkogelferner bzw. der Bergstation und den Liften am Mittelbergferner dient die Doppelsesselbahn 'Gletschersee'.

Eine Abfahrt vom Gletscherschigebiet zur Talstation ist nicht bzw. nur als steile Tourenabfahrt möglich.

Auf den Gletschern werden auch zwei Langlaufloipen angelegt. Die ganzjährig eingerichtete Loipe 'Brunnenkogel' mit einer Länge von ca. 7 km befindet sich bei der Zwischenstation der 'Pitzpanorama'-Bahn. Die Loipe 'Pitztaler Gletscher' wird am Mittelbergferner, ausgehend von der Talstation der Doppelsesselbahn 'Gletschersee', mit einer Länge von 15–20 km angelegt. Diese Loipe ist etwa von Oktober/November bis Mai eingerichtet.

Insgesamt hat das Gletscherschigebiet eine Höhenerstreckung von ca. 700 m (2730 m bis 3440 m).

#### *Betriebszeiten der Liftanlagen:*

Die Revisionsarbeiten bei den Seilbahnanlagen erfolgen etwa im Juni. Zu dieser Zeit ist der Betrieb für 4 bis 5 Wochen eingestellt. Die Liftanlagen am Mittelbergferner – 'Gletschersee', 'Mittelbergjoch I' und 'Mittelbergjoch II' – sind ab der Revision über den

Sommer bis etwa Mitte Oktober außer Betrieb. Gleiches gilt für den Schlepplift 'Mittagskogel'. Betrieben werden im Sommer somit die Kabinenbahn 'Pitzpanorama' mit Zwischeneinstieg, der 'Babylift' und, abhängig von der sommerlichen Schneelage, der Schlepplift 'Brunnenkogel' mit einem nach oben verlegten Einstieg.

**Tab. 17: Seilbahnen und Lifte des Gletscherschgebietes Mittelberg–Brunnenkogelferner – Pitztal (Quelle: Seilbahnen und Lifte in Tirol, Stand 1.4.1990 und Angaben der Betreibergesellschaft, Stand Nov.1990)**

Liftbezeichnung	Typ	Höhen- differenz	schräge Länge	Kapazität Pers./h	Sommer- betrieb	An- trieb
1 Pitzexpress <sup>1</sup>	STB	1121m	3786m	1420	ja <sup>1</sup>	E
2 Pitzpanorama	GUB	600m	2152m	1200	ja	E
3 Gletschersee	DSB	110m	523m	1440	–	E
4 Mittelbergjoch I	SCHL	431m	2213m	1440	–	E
5 Mittelbergjoch II	SCHL	122m	632m	1425	–	D
6 Brunnenkogel	SCHL	396m	1810m	1440	ja <sup>3</sup>	E
7 Mittagskogel	SCHL	55m	320m	728	–	E
8 Babylift <sup>2</sup>	SCHL	31m	180m	600	ja <sup>2</sup>	G
<i>Summe</i>		2866m	11616m	9693		
<i>Summe ohne Zubringerbahn</i>		1745m	7830m	8273		

*E: elektr. Antrieb, D: Dieselantrieb, G: Gasantrieb*  
*STB: Standseilbahn, GUB: Gruppenumlaufbahn, DSB: Doppelsesselbahn, SCHL: Schilift*  
<sup>1</sup> Zubringerbahn <sup>2</sup> mehrere Aufstellungsorte <sup>3</sup> von Schneelage abhängig

#### Ausbaupläne:

Gewünscht wäre nach Angabe der Pitztaler Gletscherbahnen ein Restaurant bei der Bergstation der 'Pitzpanorama'-Bahn, wobei hier die Ver- und Entsorgung als Problem gesehen wird. Weiters angestrebt wäre ein zusätzlicher Schlepplift am Brunnenkogelferner in einer Höhenlage von etwa 3100 bis 3400m zur Angebotserweiterung im Sommer.

#### Parkplätze:

Das Gletscherschgebiet verfügt über zwei Parkplätze mit einer Kapazität von ca. 1500 PKW-Stellplätzen, wovon sich einer unmittelbar bei der Talstation der Gletscherbahn, der andere in ca. 500 m Entfernung befindet. Von diesem Abstellplatz aus erfolgt an Spitzentagen ein Buszubringerdienst zur Talstation.

#### Beschäftigte:

Nach Angabe der Pitztaler Gletscherbahnen sind ca. 65 Personen beschäftigt.

#### Pistenpräparierung:

Es werden nach Auskunft der Gletscherbahnen keinerlei Mittel zur Pistenpräparierung aufgebracht. Auch Rennmannschaften ist dies untersagt.

Gletscherspalten werden mit Eisfräsen so bearbeitet, daß die Spalten einstürzen. Von einer früheren Methode, die Gletscherspalten mit Strohballen aufzufüllen und dann mit Schnee zu bedecken, ist man wieder abgekommen.

Beschneiungsanlagen existieren am 'Brunnenkogel'–Lift mit ca. 400 m Länge, am 'Mittagskogel'–Lift mit etwa 200 m Länge und am Schlepplift 'Mittelbergjoch I' mit 300 m Länge. Das nötige Wasser wird einem Becken beim Brunnenkogelferner und dem natürlichen Gletschersee am Mittelbergferner entnommen.

#### *Pistengeräte:*

Für die Pistengeräte bestehen im Schigebiet Garagen, die mit Ölabscheidern und wasserdichten Böden ausgestattet sind. Hier findet nach Angabe der Gletscherbahnen auch die Wartung der Geräte statt.

#### *Energieversorgung:*

Die Anlagen werden hauptsächlich mit Strom betrieben. Die Zuleitung aus dem Tal führt durch den Bahntunnel. Während die Restaurantheizung mit Strom erfolgt, wird zum Kochen Gas verwendet.

Die Lifte werden mit zwei Ausnahmen elektrisch angetrieben. Die Ausnahmen sind der mit einem Dieselaggregat versehene Schlepplift 'Mittagskogel II' und der gasgetriebene 'Babylift'. Zu den übrigen Liften bestehen nach Angabe der Gletscherbahnen Erdverkabelungen.

#### *Wasserversorgung und Abwasserentsorgung:*

Die Wasserversorgung erfolgt durch eine Quelle, die beim Tunnelbau angezapft wurde. Das Wasser wird durch den Tunnel in die Bergstation gepumpt.

Die Abwässer werden durch eine Rohrleitung, die durch den Tunnel verläuft, wiederum ins Tal geleitet. Die Küchenabwässer werden durch Fettabscheider bereits vorgeklärt. Die biologische Kläranlage befindet sich nahe der Talstation der Tunnelbahn. Früher aufgetretene Probleme mit Vereisungen wurden nach Auskunft der Gletscherbahnen inzwischen durch zusätzliche Isolierungen gelöst.

#### *Besucher:*

In Abbildung 19 sind die monatlichen Besucherzahlen graphisch dargestellt. Der bisherige Rekordmonat war der März 1989 mit etwa 70 000 Besuchern. In Jahren mit Wintern mit normaler Schneelage werden zwei Maxima erreicht: März/April und Frühwinter. Der Hochwinter bringt ein Minimum.

Dies verdeutlicht auch Abbildung 20, welche die Besucherzahlen der 'normalen' Winter jenen der schneearmen Winter gegenüberstellt. In schneearmen Wintern dauert die Saison praktisch von November bis April, mit den schwächeren Randmonaten Oktober und Mai. Diese weisen aber immer noch größere Besucherzahlen als der stärkste Sommermonat – meist der August – auf. 1989 wiesen die Pitztaler Gletscherbahnen eine Jahresbesucherzahl von rund 400 000 Personen auf. In den Jahren 1989 und 1990 entfielen jeweils nur etwa 10% der Besuchergesamtzahl auf die drei Sommermonate Juli bis September.

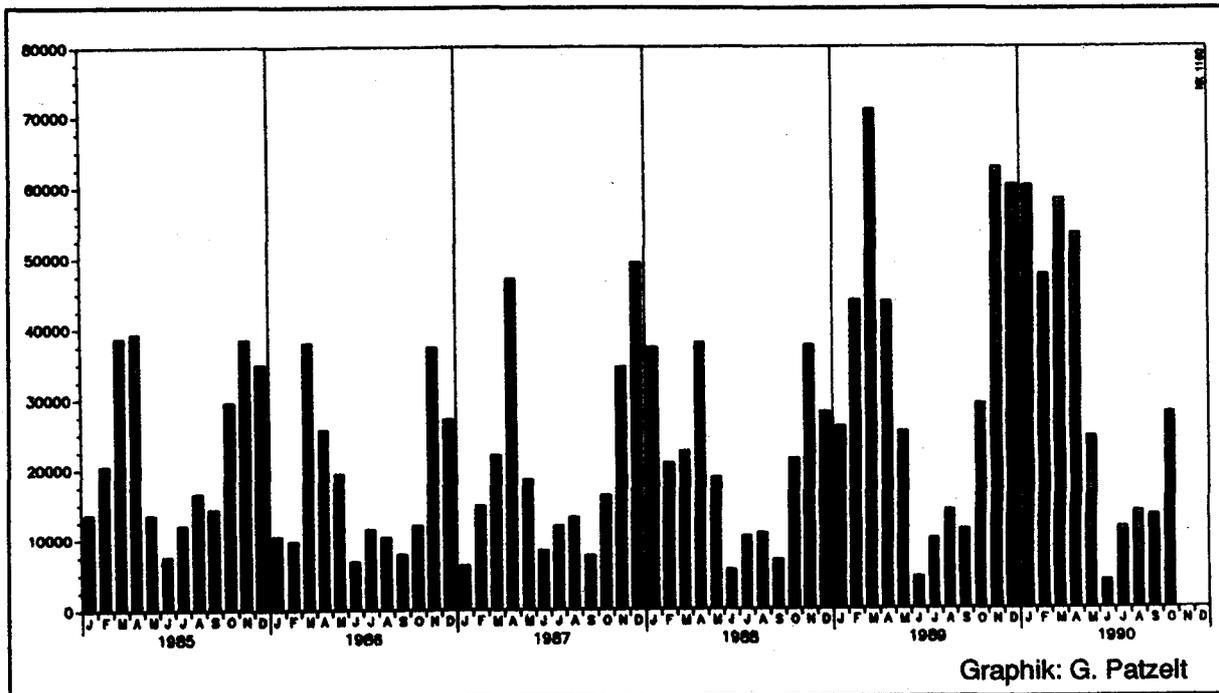


Abb. 19: Zahl der Besucher pro Monat = Zahl der ab Tal bergwärts beförderten Personen: Gletscherbahn 'Pitzexpress', Jan. 1985 – Okt. 1990 (Quelle: Unterlagen der Seilbahngesellschaft)

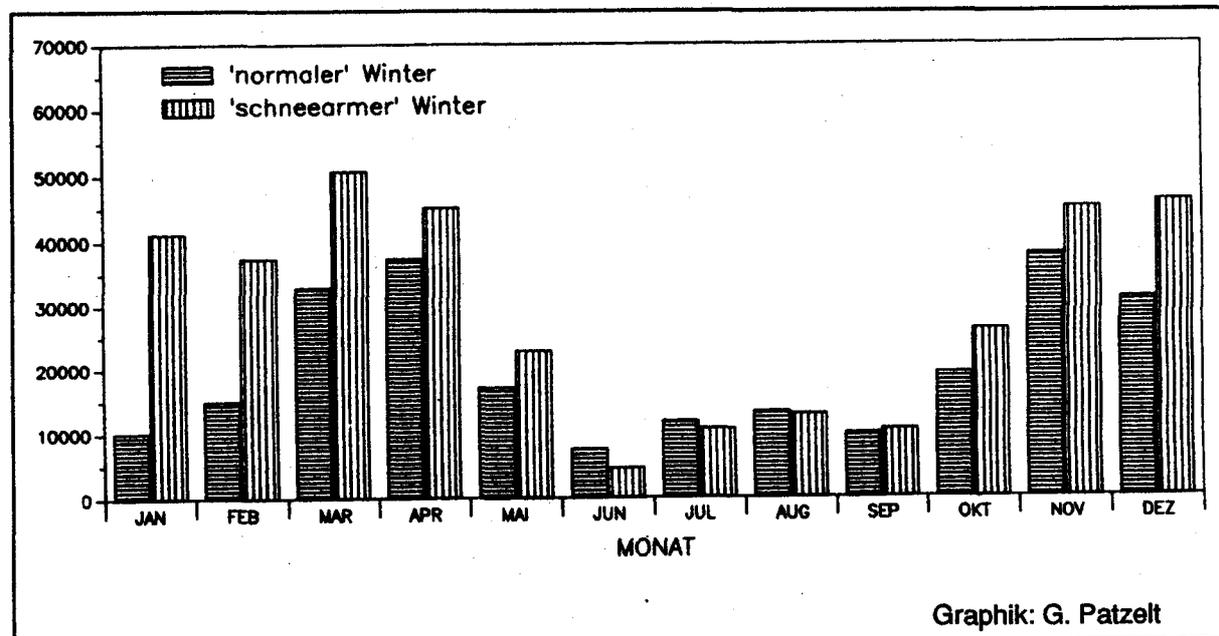
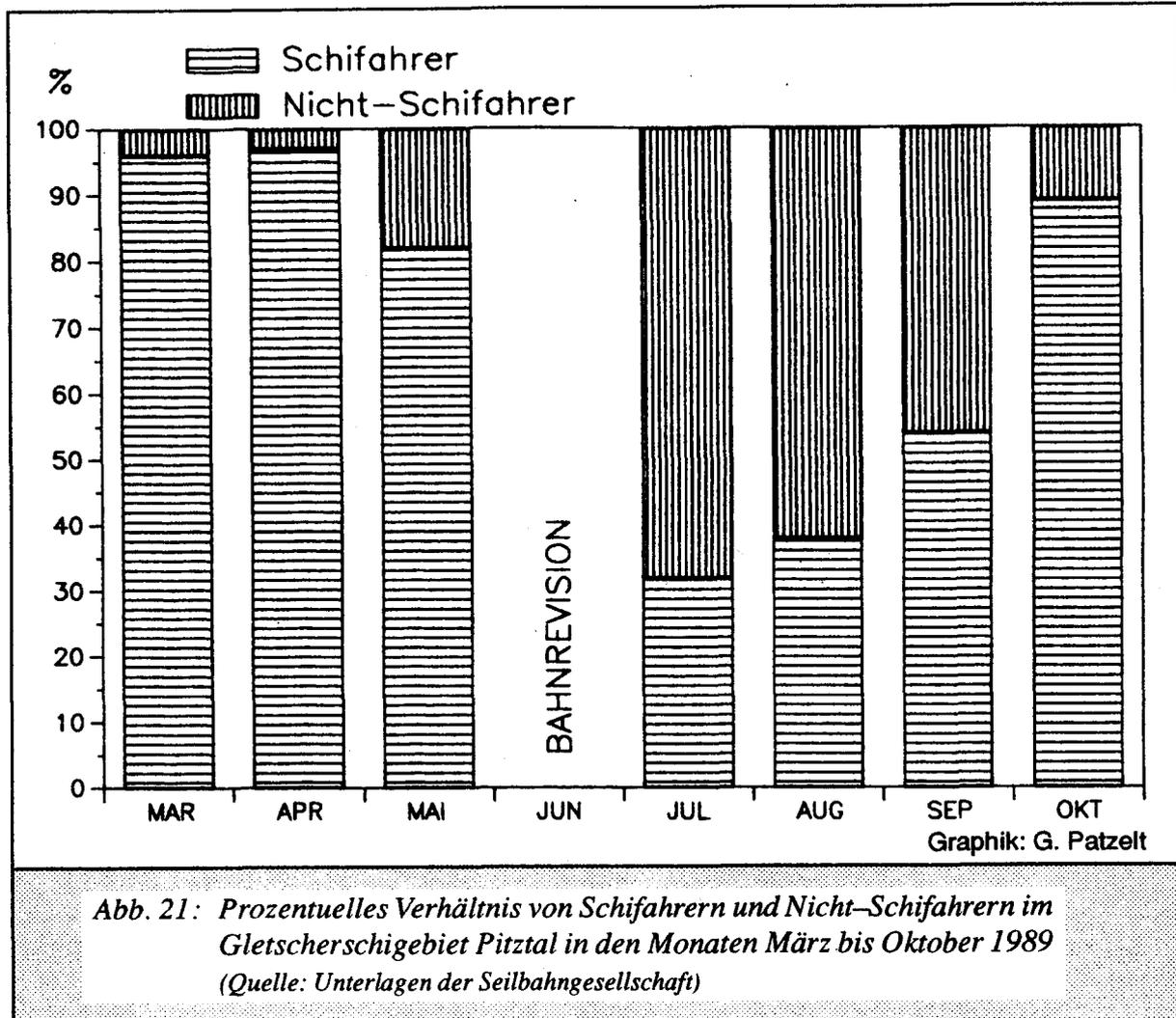


Abb. 20: Vergleich der monatlichen Besucherzahlen im Gletscherschigebiet Pitztal in 'normalen' und in 'schneeärmen' Wintern; 'normaler' Winter: Jan.1985 – Okt.1987 'schneeärmer' Winter: Nov.1987 – Okt.1990 (Quelle: Unterlagen der Seilbahngesellschaft)

Das Verhältnis von Schifahrern und Nicht-Schifahrern verdeutlicht Abbildung 21 für die Monate März bis Oktober 1989. Im Juni gibt es wegen der Bahnrevision keine Besucher. Im März und April waren praktisch nur Schifahrer im Gletscherschigebiet, auch im Mai lag der Anteil der Schifahrer bei rund 80%. Im Juli und August dominierten die Fußtouristen mit etwa 2:1, im September war das Verhältnis ausgewogen, und im Oktober waren praktisch wiederum nur Schifahrer im Pitztaler Gletscherschigebiet.

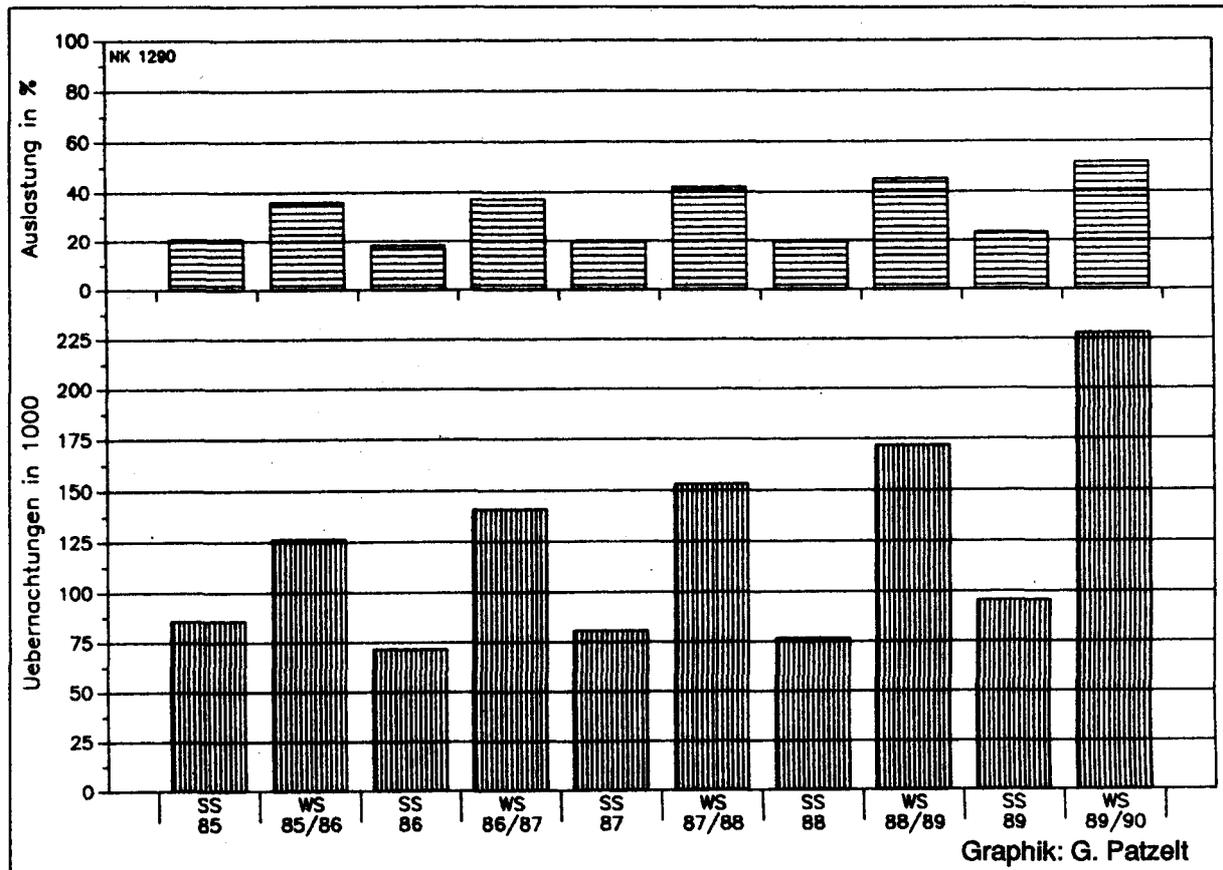


Der Anteil der Fußtouristen an der Besuchergesamtzahl lag nach Auskunft der Gletscherbahnen in den Jahren 1985 und 1986 bei etwa 12%. In Jahren mit den gesteigerten Besucherzahlen in der Hochsaison – wie 1989 und 1990 – dürfte dieser Wert eher die Obergrenze darstellen. Der Anteil der Langläufer liegt nach Schätzungen der Gletscherbahnen bei 1–2% der Gesamtbesucherzahl.

Nach Auskunft der Pitztaler Gletscherbahnen wurden im November und zu Weihnachten 1989 die Besucherrekordtage mit etwa 4900 Personen verzeichnet. Als normale Spitzentage gelten Besucherzahlen zwischen 2000 und 4000. Die maximale mögliche Besucherzahl des Gletscherschigebietes Pitztal liegt nach Angabe der Gletscherbahnen bei etwa 6000 Personen und ist durch die Kapazität der Tunnelbahn, die sich nicht mehr wesentlich steigern läßt, bestimmt.

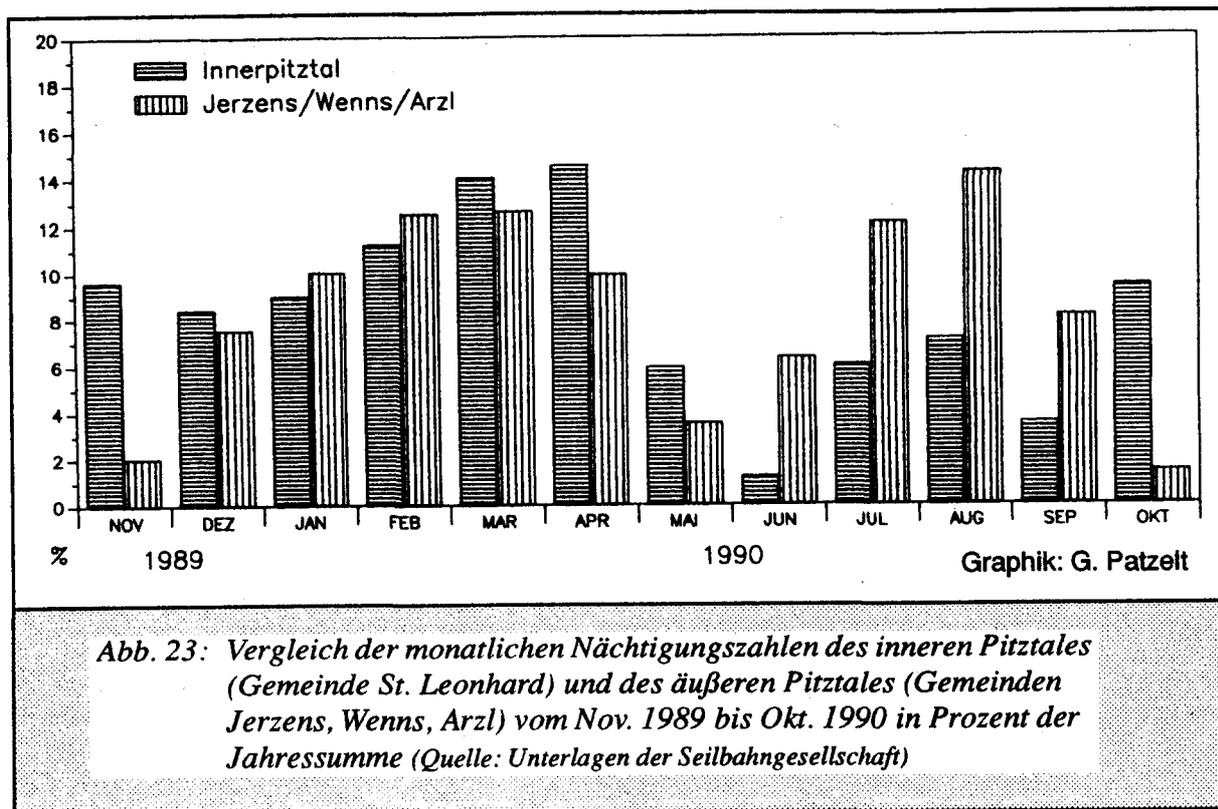
**Nächtigungszahlen der Gemeinde St. Leonhard:**

In Abbildung 22 sind die Übernachtungszahlen nach Saisonen und die entsprechenden Bettenauslastungswerte dargestellt. Während die Übernachtungszahlen im Sommerhalbjahr zwischen 1985 und 1989 praktisch gleich blieben, stiegen die Nächtigungen während der Wintersaison innerhalb von 4 Jahren um etwa 80%. St. Leonhard weist nun ein deutliches Übergewicht der Wintersaison auf. 1989 war die Gemeinde an 108. Stelle der österreichischen Fremdenverkehrsorte bezüglich der Nächtigungszahlen.



**Abb. 22:** Saisonale Übernachtungszahlen, absolut, und Bettenauslastung, in Prozent, in der Gemeinde St. Leonhard: Sommersaison 1985 – Wintersaison 1989/90 (Quelle: Der Fremdenverkehr in Österreich etc. In: Beiträge zur Österreichischen Statistik; Der Fremdenverkehr im Winterhalbjahr 1989/90, Vorläufige Ergebnisse für Tirol, In: Veröffentlichungen des Sachgebietes Statistik des Amtes der Tiroler Landesregierung)

Abbildung 23 zeigt einen Vergleich der Nächtigungszahlen des Innerpitztales – Gemeinde St. Leonhard – mit den drei Gemeinden des äußeren Pitztales – Jerzens, Wenns, Arzl –, das in Jerzens auch ein Schigebiet besitzt. In diesen drei Gemeinden ist durchaus noch der Effekt des Gletscherschgebietes zu spüren. Dennoch weisen inneres und äußeres Pitztal z.T. deutliche Unterschiede in der Verteilung der Nächtigungszahlen auf. Während die Saison im Innerpitztal von Oktober bis April/Mai dauert, beginnt sie im äußeren Tal erst im Dezember. Dafür ist dort der Sommerbesuch deutlich besser.



## 5.2.2 Die Gletscher des Schigebietes

### Geologie:

Der Bereich des Gletscherschigebietes Mittelberg–Brunnenkogelferner – Pitztal gehört zur Öztaler Masse. Es stehen Granit– und Paragneise an. Weite Bereiche des Gletscherschigebietes sind durch Moränenmaterial bedeckt.

### Beschreibung:

Vom Gletscherschigebiet Pitztal werden zwei Gletscher, der Mittelberg– und der Brunnenkogelferner, für den Schilauflauf genutzt. Der Mittelbergferner ist mit fast 11 km<sup>2</sup> Fläche der fünftgrößte Gletscher Österreichs. Sein Firngebiet wird durch den Rechten Fernerkogel, 3298 m, zweigeteilt. Vom Gletscherschigebiet wird nur, sieht man von einer Langlaufloipe ab, der westliche Abschnitt des Mittelbergfeners genutzt.

Dieser Gletscherteil weist nur eine Fläche von ca. 2,90 km<sup>2</sup> oder etwa 26 % der Gesamtgletscherfläche auf; er ist relativ flach und besitzt nur steilere Partien im Bereich der randlichen Felsbegrenzung. Der Mittelbergferner endet heute sehr steil an einer Felsstufe. Eine Abfahrt über diese Gletscherzunge ist nur sicheren Tourenfahrern möglich.

Der mit 1,612 km<sup>2</sup> Fläche deutlich kleinere Brunnenkogelferner besitzt ebenfalls zwei Firngebiete, die z.T. durch Gletscherbrüche gegliedert sind. Der untere Gletscherteil ist relativ flach.

Tab. 18: Gletscher des Schigebietes Mittelberg–Brunnenkogelferner  
(Quelle: Österr. Gletscherinventar)

Gletscher	Exp.	Fläche	höch.P.	tief.P.	max.Länge	SG 2:1	Fl.Änd.	SG Änd.	
Mittelbergferner	1969	N	10,971km <sup>2</sup>	3530m	2250m	6,3km	2960m	-41,1%	+30m
	1850	N	18,613km <sup>2</sup>	3540m	1800m	8,8km	2930m	-	-
Brunnenkogelf. <sup>1</sup>	1969	NE	1,612km <sup>2</sup>	3440m	2780m	2,2km	3030m	-32,4% <sup>4</sup>	+100m
	1850 <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	1969	-	12,583km <sup>2</sup>	3530m	2250m	-	2930m	-43,1%	+35m <sup>5</sup>
	1850	N	18,613km <sup>2</sup>	3540m	1800m	8,8km	2965m	-	-

Exp.: Exposition, N: Nord, NE: Nord-Ost, SG: Schneegrenze, SG 2:1: siehe Kap. 2.1.2  
<sup>1</sup> war '1850' Teil des Mittelbergferners; <sup>3</sup> siehe Mittelbergferner; <sup>4</sup> Mittelbergferner mitberücksichtigt  
<sup>5</sup> Flächenverhältnis berücksichtigt

### Größenänderungen:

Der Brunnenkogelferner war noch um 1920 ein Teil des Mittelbergferners. Zur Zeit des Hochstandes von '1850' wies der Mittelbergferner eine Fläche von 18,6 km<sup>2</sup> auf. In den etwa 6 Jahrzehnten bis '1920' verlor dieser Gletscher nur 5,9% seiner Fläche, in den folgenden 5 Jahrzehnten gingen jedoch weitere, wenn der Brunnenkogelferner mitberücksichtigt wird, knappe 30% der ehemaligen Fläche verloren.

Die Längenänderungen der Gletscherzunge des Mittelbergferners werden seit den 1920er Jahren, mit einzelnen Lücken, vom Österreichischen Alpenverein gemessen. Nach einem Vorstoß um 1920 wurden in den folgenden Jahrzehnten nur Längenverluste registriert. Die größten Beträge traten mit Werten bis -63 m in der ersten Hälfte der 1960er Jahre auf (Abb. 24). Mit dem allgemein gletscherfreundlichen Klima ab Mitte der 1960er Jahre trat auch beim Mittelbergferner ab 1972 eine Trendwende zu einem insgesamt stationären Verhalten auf. In einzelnen Jahren wurden auch leichte Vorstöße registriert.

Vom Brunnenkogelferner liegen keine detaillierten Angaben über Größenänderungen während der letzten Jahrzehnte vor. Nach Auskunft der Gletscherbahnen ist derzeit ein Rückgang zu beobachten, der zu einer Aufsteilung des Gletscherrandes führte und damit Probleme bezüglich der Liftrasse beim Übergang vom Moränengelände auf den Gletscher verursachte.

### Genutzte Flächen:

Von der Gesamtfläche des Brunnenkogelferners werden ca. 80% oder 1,3 km<sup>2</sup> für den Schilaufl genutzt. Beim Mittelbergferner sind es etwa 1,25 km<sup>2</sup> oder ca. 11% – berücksichtigt man nur den genutzten Abschnitt des Mittelbergferners, so liegt die entsprechende Zahl bei 43% – der Gesamtfläche. Insgesamt werden somit ca. 2,55 km<sup>2</sup> Gletscherfläche für den Schilaufl genutzt. HAIMAYER (1987a) weist als erschlossene Gletscherfläche 2,15 km<sup>2</sup> – noch ohne die Bahn auf den Hinteren Brunnenkogel – aus. Nach Angabe der Gletscherbahnen wird ca. 1 km<sup>2</sup> der Gletscherflächen als Piste präpariert. Nicht berücksichtigt in den genannten Zahlen sind die Loipenflächen.

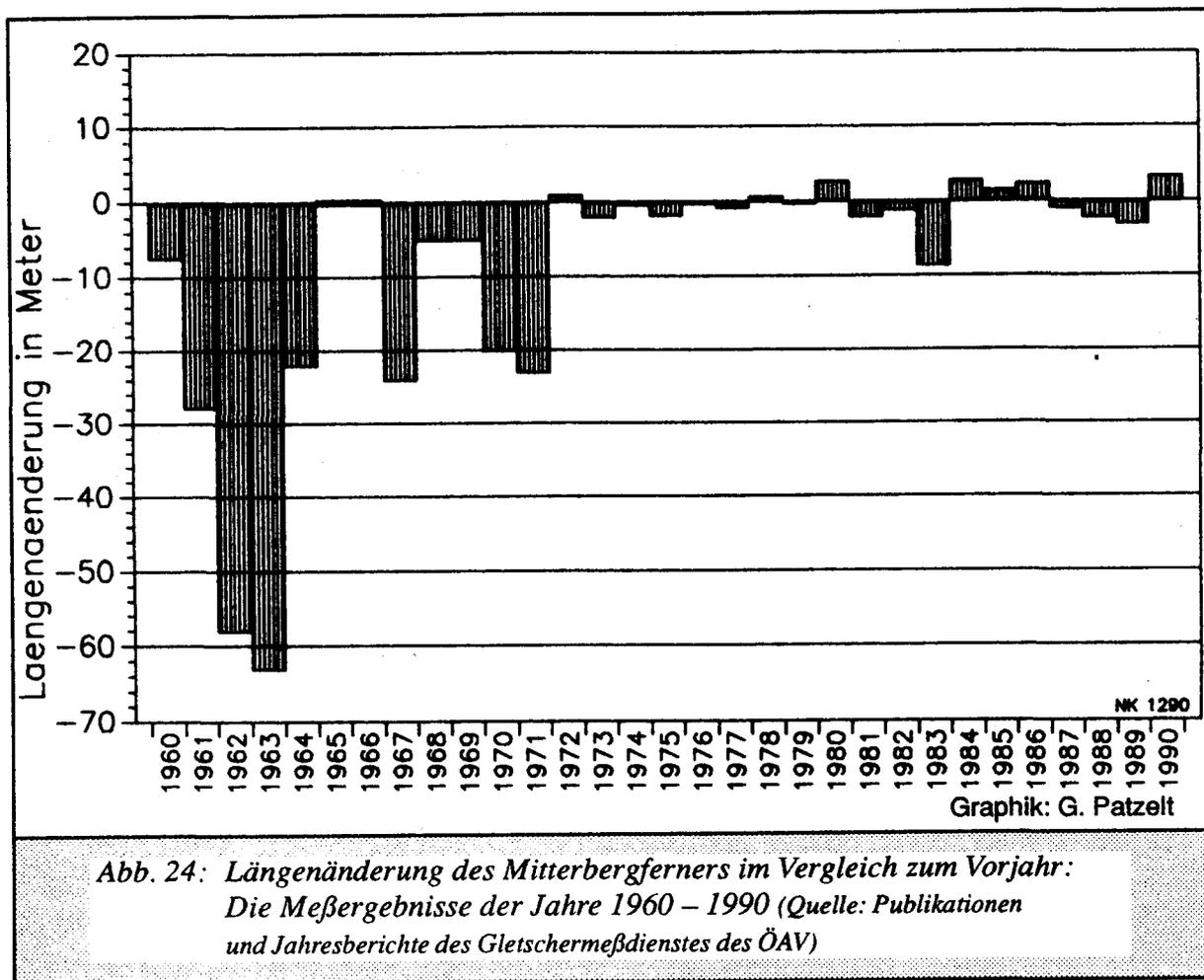


Abb. 24: Längenänderung des Mitterbergferners im Vergleich zum Vorjahr: Die Meßergebnisse der Jahre 1960 – 1990 (Quelle: Publikationen und Jahresberichte des Gletschermessdienstes des ÖAV)

Im Sommer findet Schilauflauf nur im oberen Teil des Brunnenkogelferners statt. Dabei reduzieren sich die genutzten Flächen deutlich auf etwa 0,35 km<sup>2</sup> oder 20 % der Gesamtfläche des Brunnenkogelferners.

### 5.2.3 Untersuchung 1989

Die Probenahme wurde am 22.10.1989 durchgeführt.

Nachfolgende Tabelle 19 gibt Aufschluß über die als Mischprobe bzw. Einzelprobe gezogenen Proben und deren Entnahmestellen.

Für die Mischprobe aus dem Pistenbereich (P2–89) wurden sechs Einzelproben in Seehöhen von 3050 – 3200 m, für die Pistenrandprobe (PR2–89) fünf Einzelproben aus Höhenbereichen von ca. 2850 – 3000 m entnommen. Die Referenzprobe (R2–89) wurde abseits vom Pistenbereich in einer Seehöhe von 2950m unterhalb des Mittagkogels gezogen. Das Vorhandensein eines Gletscherbaches konnte zum Zeitpunkt der Probenahme nicht beobachtet werden.

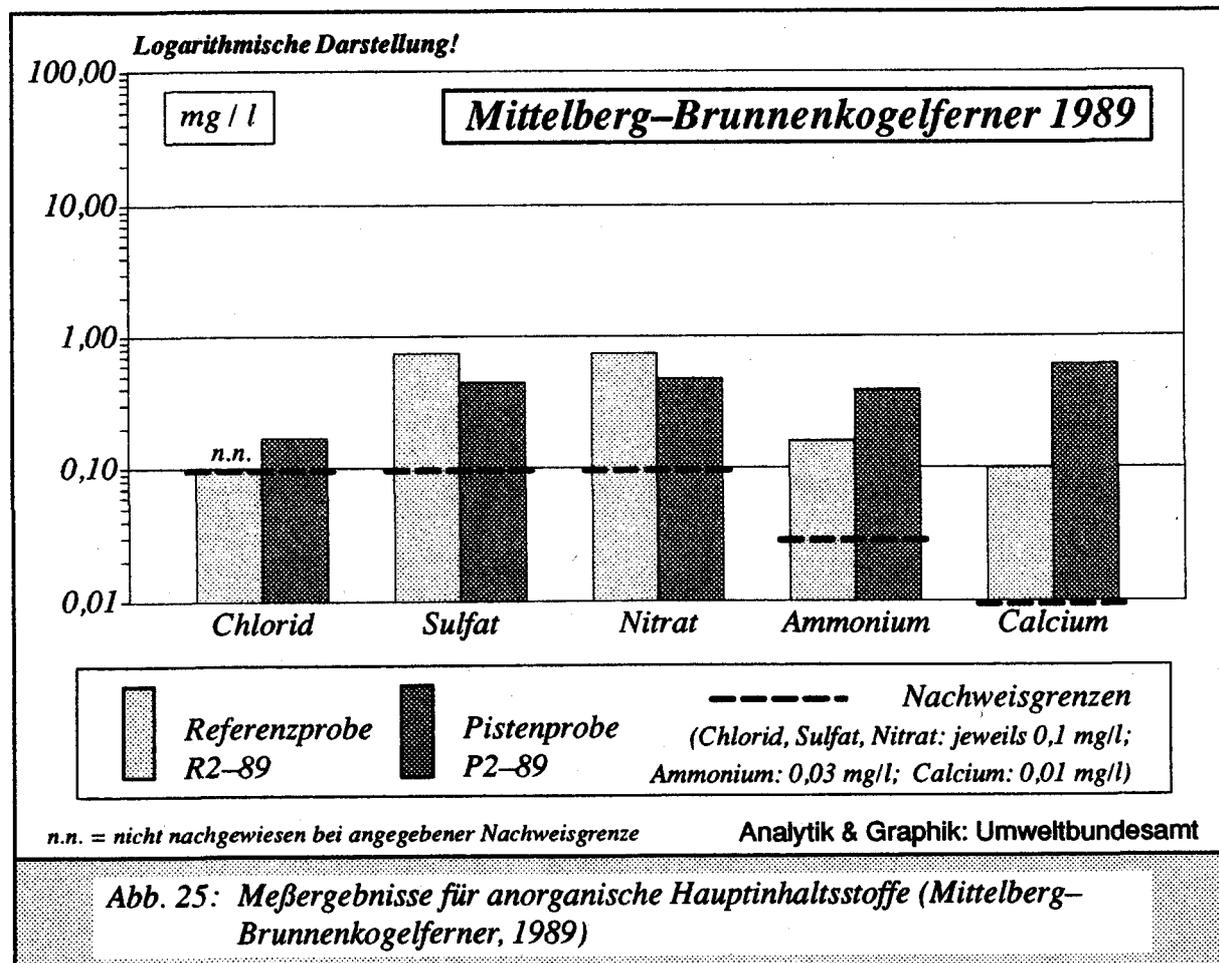
Im Kartenausschnitt (Abb. 18) sind die einzelnen Probenahmestellen eingezeichnet. Zum Zeitpunkt der Probenahme war relativ starker Pisten- und Trainingsbetrieb zu beobachten.

Tab. 19: Probenahme 1989 – Mittelberg–Brunnenkogelferner

Bezeichnung der Probe	Zahl der Einzelproben	Probenahmetiefe (cm)	Entnahmestelle
P2-89	6	5 – 15	Piste
PR2-89	5	5 – 15	Pistenrand
R2-89	1	0 – 40	Referenz

Tab. 20: Analysenergebnisse der Untersuchung 1989 – Mittelberg–Brunnenkogelferner

Parameter	Referenzprobe	Pistenprobe	Parameter	Referenzprobe	Pistenprobe
	R2-89	P2-89		R2-89	P2-89
	(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)
Sulfat	0,75	0,45	Calcium	0,10	0,61
Chlorid	< 0,10	0,17	Magnesium	0,07	0,62
Nitrat	0,75	0,48	Natrium	0,10	0,13
Ammonium	0,16	0,39	Kalium	0,11	0,49
o-Phosphat	< 0,05	< 0,05			



Mit Ausnahme der verringerten Sulfat- und Nitratanteile sind bei den untersuchten anorganischen Parametern in der Probe von der Piste gegenüber den Ergebnissen der Referenzprobe Anstiege (bis zum nahezu Neunfachen) zu verzeichnen. Der Ammoniumwert scheint in der Pistenprobe mit 0,39 mg/l erhöht zu sein, da er über dem bei den Untersuchungen österreichischer Niederschläge erhaltenen Mittelwert von 0,1 mg/l und über den Ergebnissen von 0,1 mg/l vom Hintereisferner liegt.

Ähnliche Ammoniumwerte wurden auch in den Pistenproben des Rettenbach- und Tiefenbachferners (P3-89, P4-89) und des Weißseeferners (P1-89) gemessen.

Die Analysenergebnisse liegen aber durchwegs im Konzentrationsbereich der angeführten Literaturvergleichsdaten. Wenngleich eine Vergrößerung einzelner Werte in der Pistenprobe nachweisbar war, läßt sich eine eindeutige anthropogen verursachte Belastung derselben nicht beweisen.

Tab. 21: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Mittelberg-Brunnenkogelferner) sowie Vergleich mit Literaturdaten

Parameter	Referenz- probe R2-89 (mg/l)	Pisten- probe P2-89 (mg/l)	Erhöhung gegen- über Referenz- probe (Faktor)	Nieder- schlagsver- gleichswerte (mg/l)*	Hintereisferner (Tirol) Teufelseck (mg/l)**	Badeeis (mg/l)**
Sulfat	0,75	> 0,45	0,6	0,58	0,61	0,59
Chlorid	< 0,10	< 0,17	> 1,7	0,21	0,33	0,25
Nitrat	0,75	> 0,48	0,6	0,50	0,48	0,38
Ammonium	0,16	< 0,39	2,4	0,10	0,10	0,09
o-Phosphat	< 0,05	= < 0,05	-	-	-	-
Calcium	0,10	< 0,61	6,1	0,28	0,40	0,32
Magnesium	0,07	< 0,62	8,9	0,02	0,04	0,03
Natrium	0,10	< 0,13	1,3	0,05	0,12	0,06
Kalium	0,11	< 0,49	4,5	0,04	0,06	0,03

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

\*\*) Mittelwerte über die gesamte Schneedecke (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

## Organische Überblicksanalyse

### Referenzprobe (R2-89)

Die Hauptmenge der identifizierten Peaks sind Alkane in einem Bereich von 15 bis 30 Kohlenstoffatomen und einer Summenkonzentration von 5 bis 10 ppb. Trotz der relativ hohen Basisbelastung ist das beim Auftreten von Alkanen aus petrochemischen Produkten typische Verteilungsmuster zwischen C 19 bis C 30 sichtbar. Das Konzentrationsmaximum liegt bei einer Molekülgröße von 25 Kohlenstoffatomen. Auffallend sind die Intensitäten der Alkane mit 15, 16 und 18 Kohlenstoffatomen, welche im Vergleich zu den anderen Alkanen in dieser Probe relativ hohe Konzentrationen aufweisen und

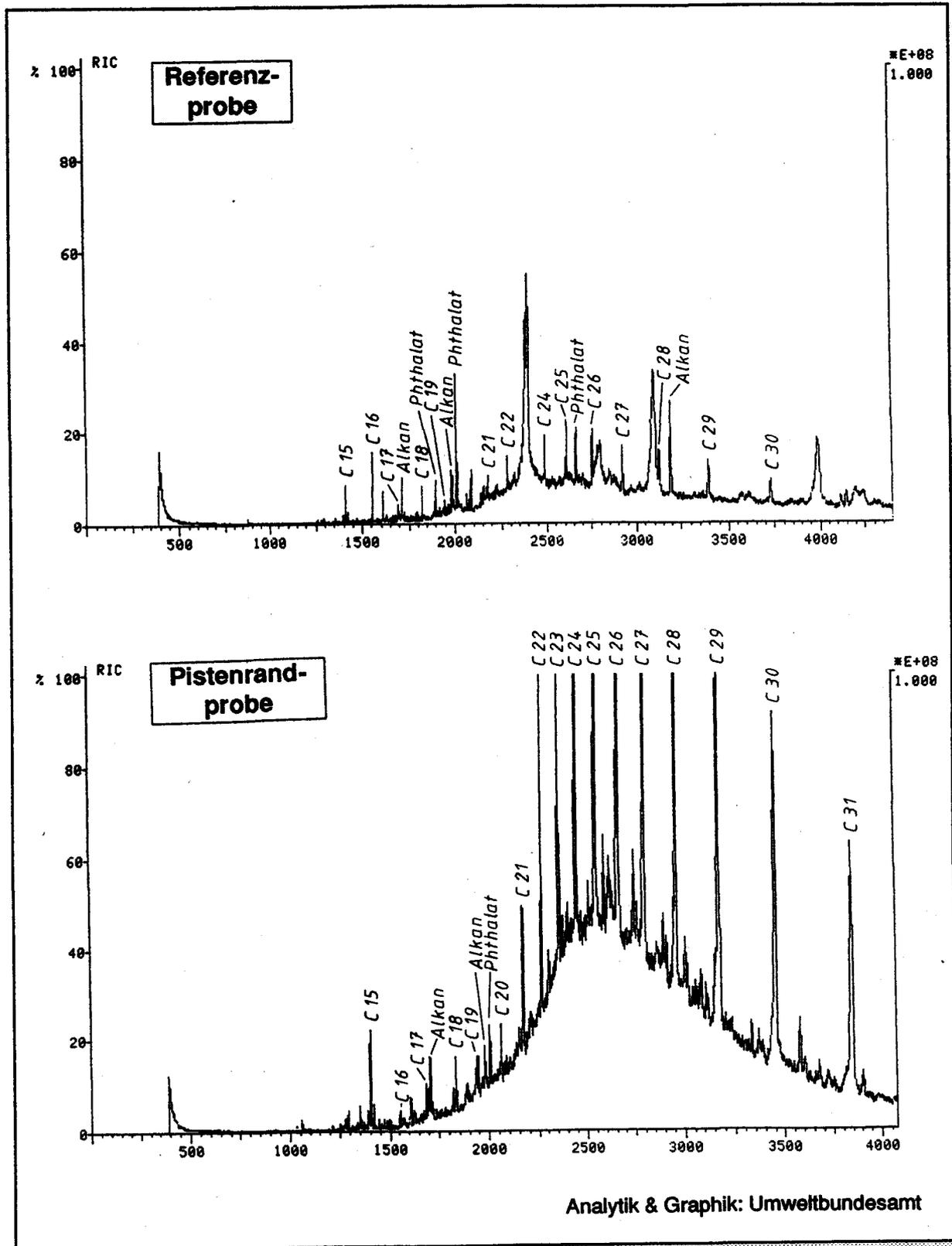


Abb. 26: Intensitätsgleiche Abbildungen der Chromatogramme der Referenzprobe R2-89 (oben) und der Pistenrandprobe PR2-89 (unten) des Brunnenkogelferners

somit auf eine leichte Verunreinigung mit Dieselöl hinweisen. Außer den Kohlenwasserstoffen enthält die Probe noch drei Phthalate, welche aber nicht genauer identifiziert wurden.

#### *Pistenrandprobe (PR2-89)*

Bei dieser Probe fällt die für petrochemische Produkte charakteristische Alkanverteilung von 16 bis 31 Kohlenstoffatomen mit einem Konzentrationsmaximum bei C 25 auf. Die vorhandene Gesamtmenge beträgt ca. 70 ppb (= 70 µg/l). Wie in der Referenzprobe ist auch hier die Konzentration von Pentadecan (C 15) erhöht. Zusätzlich konnte noch ein Phthalat identifiziert werden. Die Basisbelastung muß als hoch bezeichnet werden.

#### *Vergleich*

Die Belastung der Pistenrandprobe ist um den Faktor 10 höher als die der Referenzprobe, wobei Substanzverteilung und Peakmuster sehr ähnlich sind. Dies läßt den Schluß zu, daß eine geringe anthropogene Verunreinigung mit aus petrochemischen Produkten stammenden Substanzen im Pistenrandbereich vorliegt und auch die Referenzprobenahmestelle beeinflußt ist.

#### 5.2.4 Untersuchung 1990

Am Mittelberg-Brunnenkogelferner wurde am 29.8.1990 eine weitere Probenahme durchgeführt.

Der Gletscher machte optisch einen grauen Eindruck, eine Schneeauflage war kaum vorhanden. Ein mäßiger Pistenbetrieb war nur bis Mittag möglich, da durch Sonneneinstrahlung die Oberfläche des Gletschers aufgeweicht wurde und somit starke Schmelzwasserbildung auftrat.

Für die Referenzprobenahme (R2-90) wurde, wie bei der Probenahme im Jahr 1989 eine Stelle im westlichen Teil des Gletschers ausgewählt. Die Entfernung läßt eine Windverfrachtung von Schadstoffen aus dem genutzten Teil des Gletschers nicht ausschließen. Eine bessere Position für die Entnahme einer Referenzprobe konnte jedoch in der näheren Umgebung nicht gefunden werden. Eine weiter entfernt liegende Referenzprobenahmestelle auszuwählen war wegen der Unwegsamkeit des Geländes nicht möglich.

*Tab. 22: Probenahme 1990 – Mittelberg-Brunnenkogelferner*

<i>Bezeichnung der Probe</i>	<i>Zahl der Einzelproben</i>	<i>Probenahmetiefe (cm)</i>	<i>Entnahmestelle</i>
<i>P2-90</i>	<i>4</i>	<i>0 – 20</i>	<i>Piste</i>
<i>PR2-90</i>	<i>4</i>	<i>0 – 20</i>	<i>Pistenrand</i>
<i>R2-90</i>	<i>1</i>	<i>0 – 20</i>	<i>Referenz</i>

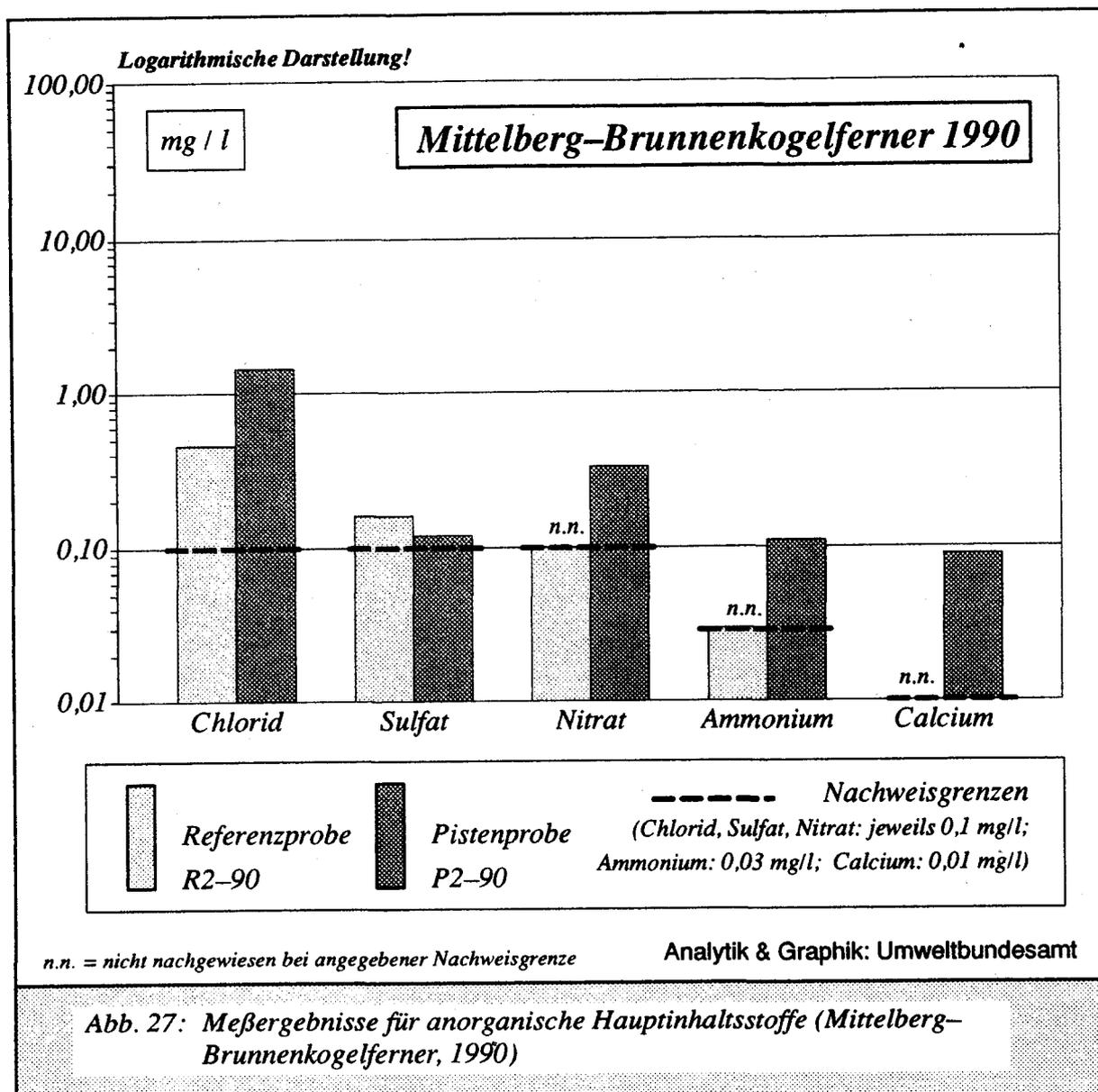
Die Einzelproben für die Pistenmischprobe (P2-90) wurden aus der Schipiste entnommen, die entlang der zweiten Sektion der Panoramabahn auf dem oberen Teil des Brunnenkogelferners verlief. Zu dieser Zeit war dies die einzige befahrbare Piste. Entlang

der häufig durch Pistenfahrzeuge benutzten Strecke zur Bergstation der Panorama-bahn wurden die vier Einzelproben für die Pistenrandmischprobe (PR2–90) entnommen. Im Kartenausschnitt (Abb. 18) sind die einzelnen Probeentnahmestellen eingezeichnet. Auch bei der Probenahme 1990 war kein Gletscherbach vorhanden.

Tab. 23: Analysenergebnisse der Untersuchung 1990 – Mittelberg–Brunnenkogelferner

Parameter	Referenzprobe	Pistenprobe	Pistenrandprobe
	R2–90 (mg/l)	P2–90 (mg/l)	PR2–90 (mg/l)
Sulfat	0,16	0,12	–
Chlorid	0,46	1,50	–
Jodid	< 0,001	< 0,001	–
Nitrat	< 0,1	0,33	–
Nitrit	< 0,01	< 0,01	–
Ammonium	< 0,03	0,11	–
o-Phosphat	< 0,05	< 0,05	–
Calcium	< 0,01	0,09	–
Magnesium	0,05	0,10	–
Natrium	< 0,05	< 0,05	–
Kalium	0,06	0,02	–
Blei (Probe unfiltriert)	0,017	–	0,019
Parameter	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
1,1–Dichlorethylen	n.n.	–	n.n.
Chloroform	0,3	–	0,4
1,1,1–Trichlorethan	0,1	–	0,1
1,2–Dichlorpropan	n.n.	–	n.n.
1,2–Dichlorethan	n.n.	–	n.n.
Tetrachlormethan	n.n.	–	n.n.
Trichlorethylen	0,2	–	0,1
1,1,2–Trichlorethan	n.n.	–	n.n.
Dibromchlormethan	n.n.	–	n.n.
Perchlorethylen	< 0,1	–	< 0,1
1,2,3–Trichlorpropan	n.n.	–	n.n.
1,4–Dichlorbutan	n.n.	–	n.n.
1,4–Dichlorbenzol	n.n.	–	n.n.
1,2–Dichlorbenzol	n.n.	–	n.n.
1,2,3,4–Tetrachlorbutan	n.n.	–	n.n.

n.n.: nicht nachweisbar, bei den in Tab. 10 angegebenen Nachweisgrenzen



Auffallend bei den anorganischen Schneeinhaltsstoffen ist der im Vergleich zu den Niederschlagswerten aus der Literatur hohe Chloridgehalt der Pistenprobe (P2–90), welcher den Wert der Referenzprobe (R2–90) etwa um den Faktor drei übersteigt. Die anderen Ionengehalte sind generell als gering zu bezeichnen und liegen im in der Literatur angeführten Schwankungsbereich für Schnee und Niederschläge in diesen Lagen (s. auch Kap. 3).

Der Vergleich der Untersuchungsergebnisse aus dem Jahre 1989 mit denen aus 1990 zeigt, daß bei der Referenzprobe mit Ausnahme des Chlorid–Wertes bei allen Parametern im August 1990 eine zum Teil ganz erhebliche Konzentrationsabnahme aufgetreten war.

Ähnliche Ergebnisse ergab auch ein Vergleich der beiden Pistenproben. Eine deutliche Erhöhung gegenüber 1989 war beim Chlorid (das Achtfache) festzustellen, die Werte der übrigen untersuchten Parameter waren geringer geworden.

**Tab. 24: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Mittelberg–Brunnenkogelferner) sowie Vergleich mit Literaturdaten**

Parameter	Referenz- probe R2-90 (mg/l)	Pisten- probe P2-90 (mg/l)	Erhöhung gegen- über Referenz- probe (Faktor)	Nieder- schlagsver- gleichswerte (mg/l)*	Hintereisferner (Tirol) Teufelseck (mg/l)**	Badeeis (mg/l)**
Sulfat	0,16	> 0,12	0,8	0,58	0,61	0,59
Chlorid	0,46	< 1,50	3,2	0,21	0,33	0,25
Jodid	< 0,001	= < 0,001	–	–	–	–
Nitrat	< 0,10	< 0,33	3,3	0,50	0,48	0,38
Nitrit	< 0,01	= < 0,01	–	–	–	–
Ammonium	< 0,03	< 0,11	> 3,7	0,10	0,10	0,09
o-Phosphat	< 0,05	= < 0,05	–	–	–	–
Calcium	< 0,01	< 0,09	> 9,0	0,28	0,40	0,32
Magnesium	0,05	< 0,10	2,0	0,02	0,04	0,03
Natrium	< 0,05	= < 0,05	–	0,05	0,12	0,06
Kalium	0,06	> 0,02	0,3	0,04	0,06	0,03
Bor	< 0,03	= < 0,03	–	–	–	–

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

\*\*) Mittelwerte über die gesamte Schneedecke (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

Erstmalig wurde bei der Probenahme am 29. August 1990 auch Material für die Untersuchung auf flüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (chlorierte bzw. bromierte) von der Referenzstelle und vom Pistenrand entnommen. Darüberhinaus wurde auf 1,4- und 1,2-Dichlorbenzol untersucht. Von den analysierten Halogenkohlenwasserstoffen konnten Chloroform, 1,1,1-Trichlorethan und Trichlorethylen eindeutig nachgewiesen werden. Perchlorethylen war zwar identifizierbar, trat aber in keiner quantifizierbaren Konzentration auf. Die Werte der anderen untersuchten Verbindungen lagen unter der Nachweisgrenze der Methode. Die Ergebnisse bestätigen damit die Tatsache, daß flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe ubiquitär auftreten. Vergleiche mit Literaturwerten von Niederschlägen in der Bundesrepublik Deutschland (Tab. 25) zeigen ähnliche Konzentrationsverteilungen.

**Tab. 25: Untersuchungen auf chlorierte Kohlenwasserstoffe in Niederschlägen in der Bundesrepublik Deutschland (LASS, T.H., 1986)**

Parameter	Durchschnittlicher Gehalt in Niederschlägen ( $\mu\text{g/l}$ )	Gehalt in abgelegenen Gebieten (Schwäbische Alb; $\mu\text{g/l}$ )
Dichlormethan	0,6 – 0,9	–
Chloroform	0,6 – 0,9	0,025
Trichlorethylen	0,01 – 0,15	0,005
Perchlorethylen	0,01 – 0,15	0,007
Trichlorethan	0,01 – 0,1	0,004

In den unfiltriert gemessenen Referenz- und Pistenrandproben des Jahres 1990 wurde Blei in gleicher Konzentration nachgewiesen, was als Ferneintrag interpretiert werden kann.

### Organische Überblicksanalyse

#### *Referenzprobe (R2-90)*

Der höchste Peak wurde als Carbonsäureester identifiziert. Weitere gefundene Substanzen sind Phthalate, Phosphorsäureester, alkylierte Phenole, ein Terpen und Alkane. Die Alkane haben zwischen 16 und 30 Kohlenstoffatome und liegen in einer Konzentration von 15 – 20 ppb vor.

#### *Pistenrandprobe (PR2-90)*

Die intensivsten Peaks sind ein Phthalat (wahrscheinlich Dibutylphthalat) und ein Alken. Das übrige Chromatogramm ist ähnlich dem der Referenzprobe. Die Alkan-konzentration liegt bei 15 – 20 ppb.

#### *Vergleich*

Die Unterschiede der beiden Chromatogramme sind nur unwesentlich. Beide Proben müssen als verunreinigt eingestuft werden und weisen eine vergleichbare mäßige Basisbelastung auf. Die bei der ersten Probenahme im Jahre 1989 gefundene hohe Basisbelastung in der Pistenrandprobe war im Folgejahr nicht vorhanden.

### 5.2.5 Zusammenfassung der Untersuchungen

Im Rahmen dieser Studie wurde das Schigebiet Mittelberg-Brunnenkogelferner zweimal (1989 und 1990) beprobt. Gletscherbäche waren nicht vorhanden.

Die *anorganischen Analyseergebnisse* der untersuchten Proben (Referenz- und Pistenproben) liegen mit vier Ausnahmen im in der Literatur angegebenen Schwankungsbereich. Auch wenn alle vier Ausnahmewerte (zwei mal Magnesium, einmal Kalium und Chlorid) bei den Pistenproben zu beobachten waren und insbesondere der Chloridgehalt der Pistenprobe 1990 auffällt, kann auf Grund der niedrigen festgestellten Konzentrationen und des wechselnden Einflusses aus der Deposition der Einsatz chemischer Präparierungsmittel nicht abgeleitet werden. Vergleicht man die Ionenwerte der Referenzproben bzw. der Pistenproben zwischen der 1. und 2. Probenahme, so ist 1990 – ausgenommen Chlorid – durchwegs eine geringe Abnahme zu verzeichnen. Das Auftreten von Blei in gleicher Konzentration in Referenz- und Pistenrandprobe (um 0,02 mg/l) deutet auf Ferneintrag hin.

Bei der Untersuchung auf *organische Inhaltsstoffe* fällt in beiden Untersuchungsjahren die Ähnlichkeit der in Referenz- und Pistenrandprobe vorhandenen Substanzen auf. Während 1990 auch quantitative Vergleichbarkeit vorlag, unterschieden sich Referenz- und Pistenrandprobe im ersten Untersuchungsjahr hinsichtlich der Alkangehalte gewaltig. Am Mittelberg – Brunnenkogelferner wurden, bezogen auf alle anderen Gletscherproben, die höchsten Alkangehalte gemessen. Der Nachweis von chlorierten Kohlenwasserstoffen im Gletscherschnee (Referenz- und Pistenrandprobe) beweist das ubiquitäre Auftreten der halogenierten Kohlenwasserstoffe.

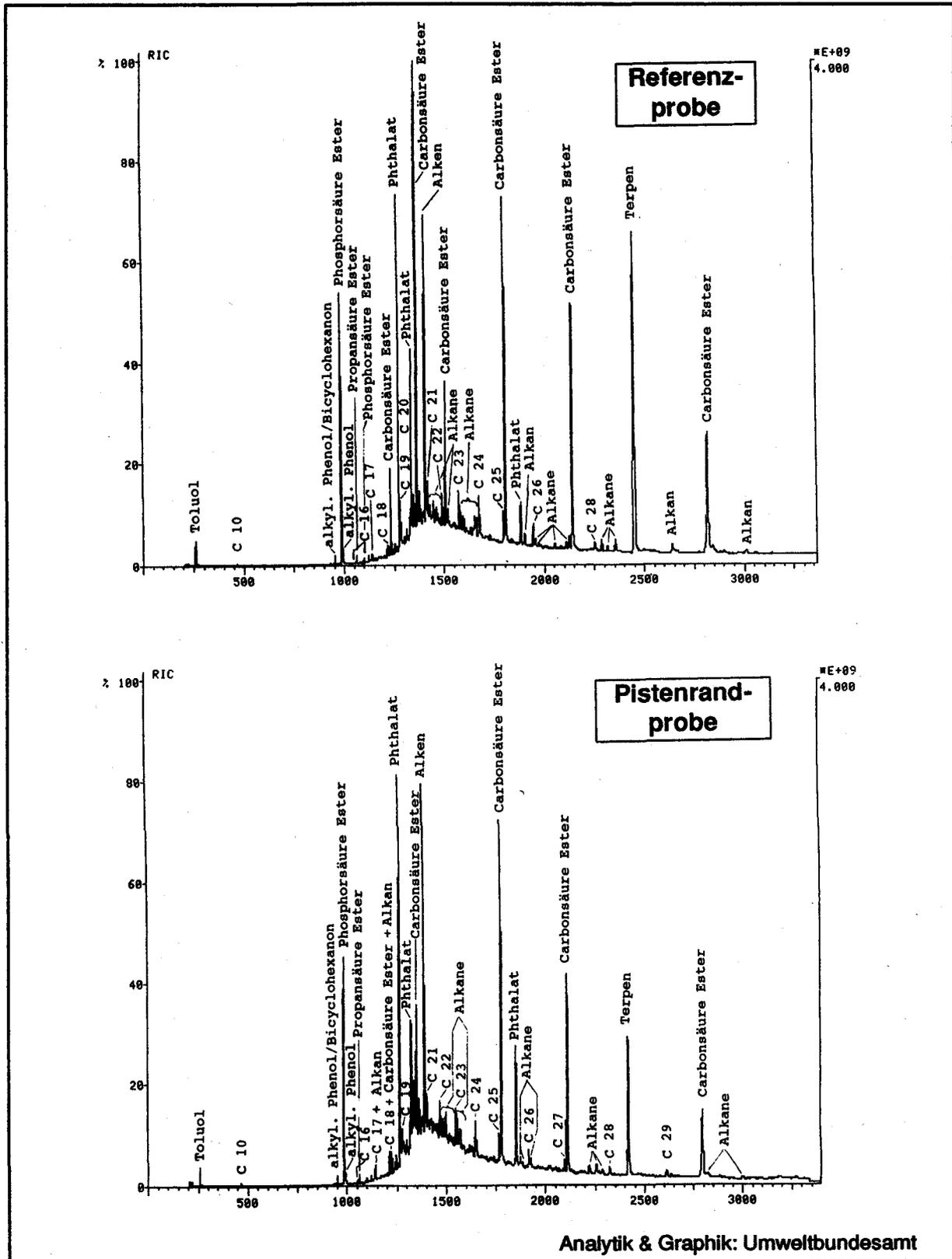


Abb. 28: Intensitätsgleiche Abbildungen der Chromatogramme der Referenzprobe R2-90 (oben) und der Pistenrandprobe PR2-90 (unten) des Brunnenkogelferners



### 5.3.1 Infrastruktur und Besucherzahlen

Das Gletscherschigebiet Rettenbachferner/Tiefenbachferner liegt bei Sölden im Ötztal/Tirol. Das Schigebiet wurde in zwei Etappen erschlossen: Der Bereich Rettenbachferner wurde 1975 in Betrieb genommen. Dieser ist von Sölden aus auf einer ca. 12 km langen Mautstraße erreichbar. 1981 wurde das Gletscherschigebiet um den Tiefenbachferner erweitert. Dieser wird vom Bereich Rettenbachferner auf einer ca. 3 km langen Straße erschlossen, die einen Tunnel in der Länge von etwa 1,7 km aufweist.

Tab. 26: Seilbahnen und Lifte des Gletscherschigebietes Rettenbach- und Tiefenbachferner – Ötztal (Quelle: Amtliche Eisenbahnstatistik der Republik Österreich und Unterlagen der Seilbahngesellschaft)

Liftbezeichnung	Typ	Höhen- differenz	schräge Länge	Kapazität Pers./h	Sommer- betrieb	An- trieb
<b>RETTENBACHFERNER</b>						
1 Rettenbachjoch	4SB	328m	1038m	2800	ja <sup>1</sup>	E
2 Seiterjöchel	SCHL	252m	917m	1200	ja <sup>1</sup>	E
3 Schwarze Schneid	SCHL	152m	782m	1200	ja <sup>1</sup>	E
4 Karleskogel	SCHL	256m	980m	1440	ja <sup>1</sup>	E
<b>TIEFENBACHFERNER</b>						
5 Seiterkar	3SB	267m	902m	1800	– <sup>3</sup>	E
6 Tiefenbachferner	3SB	358m	1346m	1800	ja <sup>2</sup>	E
7 Mutkogel	SCHL	426m	2078m	1200	ja <sup>2</sup>	E
8 Tiefenbachkogel	SCHL	116m	593m	1400	ja <sup>2</sup>	E
9 Panorama	SCHL	358m	1550m	1440	ja <sup>2</sup>	E
10 Übungslift	SCHL	30m	220m	500	– <sup>3</sup>	E
<b>Summe</b>		<b>2543m</b>	<b>10406m</b>	<b>14780</b>		
<p>E: elektrischer Antrieb            4SB: Vierersesselbahn, 3SB: Dreiersesselbahn, SCHL: Schilift</p> <p><sup>1</sup> Anlagen "Rettenbachferner" von Ende Mai bis ca. 20. Juli geschlossen.  <sup>2</sup> Anlagen "Tiefenbachferner" bis ca. 20 Juli in Betrieb, Wiederinbetriebnahme Ende Sept./Anfang Okt.  <sup>3</sup> außerhalb des vergletscherten Bereichs</p>						

Am Rettenbachferner sind 4 Liftanlagen – siehe auch Tabelle 26 – in Betrieb. Der untere westliche Gletscherabschnitt wird von der Vierersesselbahn 'Rettenbachjoch' erschlossen. Daran anschließend führen die zwei Schlepplifte 'Karleskogel' und 'Schwarze Schneid' in die obere Gletscherhälfte. Der Schlepplift 'Seiterjöchel' beginnt im Gletscherschigebiet, erschließt den unteren östlichen Gletscherteil des Rettenbachfernens und stellt auch die Verbindung zum Tiefenbachferner her.

Im Bereich Tiefenbachferner sind 6 Liftanlagen in Betrieb. Die Dreiersesselbahn 'Seiterkar' ermöglicht den Übergang über das Seiterjöchel und stellt damit die Verbindung zum Schigebiet Rettenbachferner her. Die Dreiersesselbahn 'Tiefenbachferner' und der anschließende Schlepplift 'Tiefenbachkogel' erschließen den nördlichen, der

Schlepplift 'Mutkogel' den mittleren und der Schlepplift 'Panorama' den südlichen Teil des Tiefenbachferners. Ein kurzer Übungslift befindet sich noch im Gletschervorfeld südlich des Parkplatzes am Tiefenbachferner.

Seit 1989 wurden mehrere Lifte umgebaut bzw. neu errichtet: Die Anlage 'Rettenbachjoch' wurde von einer 2er auf eine 4er Sesselbahn umgebaut; der Schlepplift 'Karleskogel' ersetzte zwei kürzere und mit geringerer Kapazität ausgestattete Minilifte; der Schlepplift 'Panorama' wurde gänzlich neu errichtet.

Bei den Parkplätzen am Rettenbach- bzw. Tiefenbachferner befindet sich jeweils auch ein Restaurant. Sämtliche Anlagen des Gletscherschigebietes stehen innerhalb des Gletschervorfeldes, also innerhalb jener Grenzen, die Rettenbach- und Tiefenbachferner zur Mitte des letzten Jahrhunderts eingenommen haben. Speziell die Anlage am Rettenbachferner steht sehr nahe am Gletscherrand und würde bei einem stärkeren – derzeit allerdings nicht zu erwartenden – Gletschervorstoß in Schwierigkeiten geraten.

Das Gletscherschigebiet weist eine Höhenerstreckung von maximal 600 Höhenmetern (2650m – 3250m) auf. Die präparierte Pistenfläche beträgt nach Angabe der Gletscherbahnen am Rettenbachferner 68 ha, am Tiefenbachferner 76 ha. Eine Talabfahrt ist nicht vorgesehen.

#### *Betriebszeiten:*

Die Anlagen am Rettenbach- und Tiefenbachferner sind in Wintern mit normaler Schneelage meist von Mitte Dezember bis etwa Mitte/Ende März außer Betrieb, da die Zufahrtsstraße nicht lawinensicher ist. In relativ schneearmen Wintern sind die Anlagen wesentlich kürzer außer Betrieb: wie sich aus den von den Gletscherbahnen zur Verfügung gestellten Unterlagen über die monatlichen Förderzahlen der Einzellifte entnehmen läßt, war im Winter 1988/89 das Schigebiet in allen Monaten zumindest zeitweise in Betrieb, die Anlagen am Tiefenbachferner waren im Februar und März gänzlich geschlossen. Im Winter 1989/90 wurden die Lifte am Rettenbach- und am Tiefenbachferner erst ab dem 12. Februar eingestellt, die Anlagen am Tiefenbachferner gingen am 20. März, jene am Rettenbachferner gegen Ende März wieder in Betrieb.

Die Anlagen an beiden Gletschern sind bis Ende Mai in Betrieb, anschließend wird der Bereich Rettenbachferner bis ca. 20. Juli geschlossen, danach werden die Anlagen am Tiefenbachferner geschlossen und jene am Rettenbachferner wieder in Betrieb genommen. Ende September/Anfang Oktober sind dann wiederum beide Gletscher 'in Betrieb'.

#### *Ausbaupläne:*

Liftausbauten sind nach Angabe der Gletscherbahnen für die nächste Zukunft keine geplant.

#### *Parkplätze:*

Am Rettenbachferner stehen nach Auskunft der Gletscherbahnen asphaltierte Parkplätze für ca. 700 PKW, am Tiefenbachferner ein ebenfalls asphaltierter Parkplatz für etwa 900 PKW zur Verfügung. HUPKE (1990:29) nennt eine Gesamtzahl von 2300 Parkplätzen für das Gletscherschigebiet. Die Parkplätze sind asphaltiert, eine Sammlung

und Reinigung der von den Parkplätzen abfließenden Wässer erfolgt derzeit nicht. Es besteht auch ein Buszubringerdienst zum Gletscherschigebiet von Sölden aus.

Ein weiterer Parkplatz beim Pitztaler Jöchel wird vor allem im Sommer von Ausflugstouristen genutzt.

#### *Beschäftigte:*

Die Gletscherbahnen, die auch Liftanlagen außerhalb des Gebietes Rettenbach-Tiefenbachferner betreiben, weisen einen ganzjährigen Beschäftigtenstand von 119 Personen auf, mit Nebenbahnen und Saisonkräften beträgt die Zahl ca. 170. Davon sind maximal 80 Personen im Bereich des Gletscherschigebietes beschäftigt.

#### *Pistenpräparierung:*

Nach Auskunft der Ötztaler Gletscherbahnen werden keinerlei künstliche Mittel zur Pistenpräparierung verwendet. Auch Rennmannschaften ist dies ausdrücklich untersagt. Es werden auch keine Eisfräsen verwendet, Gletscherspalten werden nur mit Schnee zugeschoben.

Im Gebiet 'Tiefenbachferner' sind Beschneiungsanlagen in Betrieb: Diese künstliche Beschneiung ist im unteren Bereich der Liftanlagen am Tiefenbachferner auf einer Länge von ca. 400m, sowie auf der Piste der Dreiersesselbahn 'Seiterkar' auf einer Länge von ca. 600m, möglich. Die Wasserversorgung erfolgt aus einem künstlich angelegten See beim Parkplatz am Tiefenbachferner. Dieser wird durch eine Teillableitung des Petzner Baches im Herbst gespeist.

#### *Pistengeräte:*

Nach Auskunft der Ötztaler Gletscherbahnen bestehen für alle Pistenraupen im Schigebiet Garagen, die mit wasserdichten Böden und entsprechenden Einrichtungen, wie Ölabscheidern, ausgestattet sind. Bezüglich der Verwendung von biologisch abbaubaren Ölen sind Versuche im Gange, für eine generelle Verwendung wird noch die grundsätzliche Freigabe dieser Öle durch die Gerätefirma abgewartet.

#### *Energieversorgung:*

Die Energieversorgung der Anlagen erfolgt ausschließlich elektrisch. Dabei führt ein Kabel von Sölden zum Rettenbachferner und von dort im Bereich der Straße und durch den Tunnel zum Tiefenbachferner. Die Heizung der Restaurants erfolgt über eine Blockspeicherheizung ebenfalls elektrisch.

Alle Lifte werden elektrisch betrieben. Die Zuleitungen sind im allgemeinen fix verlegt. Ausgenommen ist davon ein ca. 600 m langes, freihängendes Kabel zur Sesselbahn Tiefenbachferner.

#### *Wasserversorgung und Abwasserentsorgung:*

Die Wasserversorgung des Gletscherschigebietes erfolgt durch zwei Quellen, davon befindet sich jeweils eine im Bereich Tiefenbach- bzw. Rettenbachferner.

Seit Anfang Oktober 1990 ist das Gletscherschigebiet an die Ortskanalisation von Sölden angeschlossen. Der Bau der Ableitung erfolgte in den Sommern 1989 und 1990.

Die Abwässer vom Tiefenbachferner werden ca. 30 m hochgepumpt und anschließend durch den Tunnel zum Rettenbachferner und von dort – zusammen mit den Abwässern aus diesem Gebiet – nach Sölden geleitet. Fettabscheider sind bereits im Bereich des Gletscherschigebietes installiert. Im Winter werden die Abwässer vom Rettenbachferner schubweise abgelassen, da sonst Probleme in Form von Vereisungen – die Rohrleitung ist in ca. 1,3 m Tiefe verlegt – drohen.

Vor der Inbetriebnahme dieser Ableitung wurden die Abwässer des Gletscherschigebietes ungeklärt in den Rettenbach geleitet. Die Abwässer des Bereiches 'Tiefenbachferner' wurden seit der Inbetriebnahme 1981 bereits durch den Tunnel zum Gebiet 'Rettenbachferner' geleitet und flossen dort weitgehend ungeklärt in den Rettenbach. Diese Ableitung führte dazu, daß der Gletscherbach zumindest teilweise 'zu bestimmten Tages- u. Jahreszeiten kloakenhaft' (HUPKE 1990:89) verunreinigt wurde.

#### *Besucher:*

Eine Statistik der monatlichen und jährlichen Besucherzahlen im Gletscherschigebiet existiert nach Auskunft der Ötztaler Gletscherbahnen nicht, da keine Trennung von Schipässen von Gletscherschigebietsbesuchern und Besuchern anderer Gebiete der Betreibergesellschaft vorgenommen werden kann.

Nach den Angaben der Ötztaler Gletscherbahnen liegt das Besuchertagesmaximum bei ca. 6000 Personen. Dieses Maximum wird immer wieder im November im Zusammenhang mit Bus-Bett-Wochen erreicht. Ein Tagesbesuch von ca. 5500 Personen gilt als sehr guter 'normaler' Tag. HUPKE (1990:29) nennt als Besucherkapazität für das Gletscherschigebiet rund 8000 Personen.

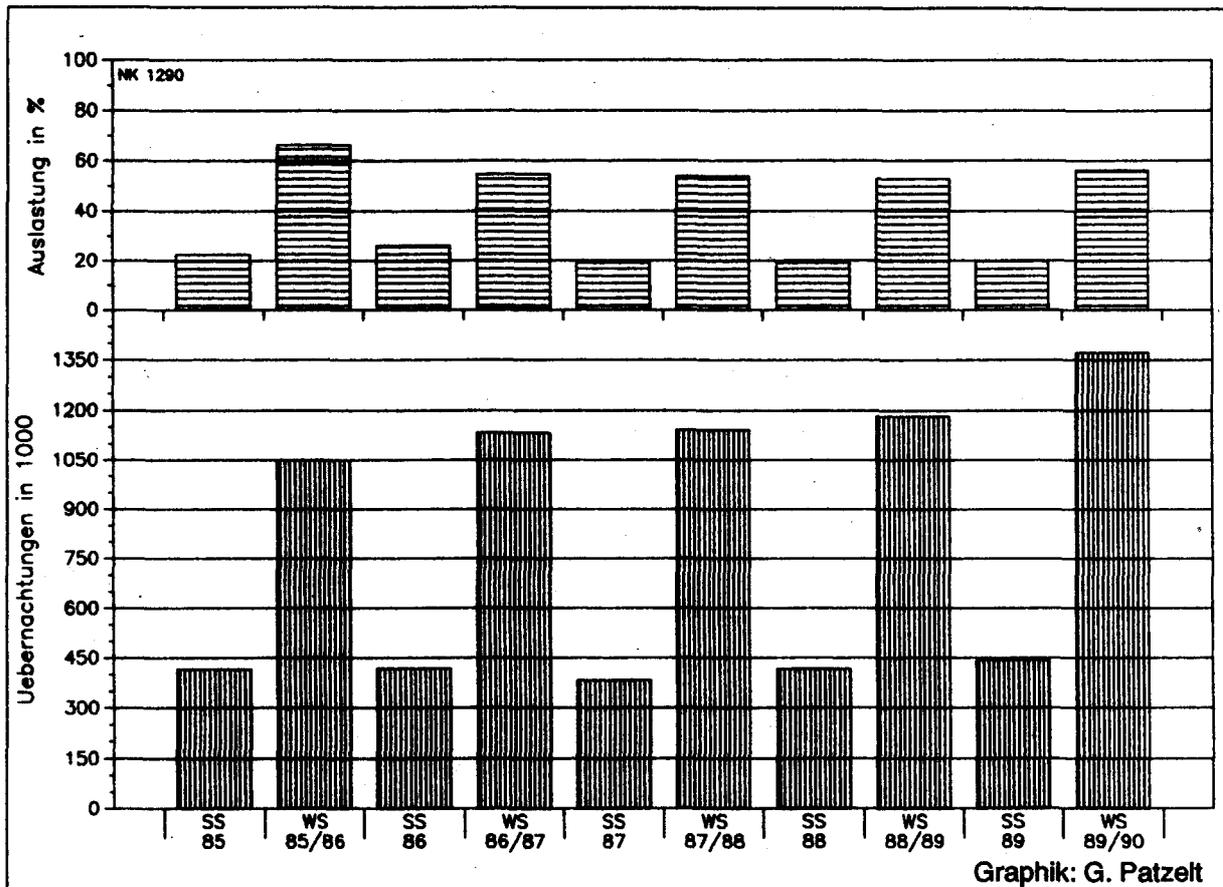
*Tab. 27: Besucher des Gletscherschigebietes Rettenbach-Tiefenbachferner – Ötztal  
(Quelle: Amtliche Eisenbahnstatistik der Republik Österreich und Unterlagen der Betreibergesellschaft)*

<i>Jahr</i>	<i>Besucher</i>	<i>Jahr</i>	<i>Besucher</i>
1989	480 000	1987	310 000
1988	325 000	1986	355 000

Tabelle 27 gibt eine Liste mit hochgerechneten Besucherzahlen des Schigebietes Rettenbach-Tiefenbachferner wieder.

Ein Vergleich mit den von HAIMAYER (1987a:14) genannten Zahlen für die frühen 1980er Jahre – der Mittelwert liegt bei ca. 310 000 Besuchern – läßt die hochgerechneten Ergebnisse durchaus als realistisch erscheinen.

Für die Sommermonate wird der Anteil der Schifahrer an der Zahl der Besucher von Seiten der Gletscherbahnen auf 10–15% geschätzt. Hauptsächlich Schibetrieb herrscht von Anfang Oktober bis etwa Pfingsten – normalerweise mit einer Pause im Hochwinter.



**Abb. 30:** Saisonale Übernachtungszahlen, absolut, und Bettenauslastung, in Prozent, in der Gemeinde Sölden: Sommersaison 1985 – Wintersaison 1989  
(Quelle: Der Fremdenverkehr in Österreich etc. In: Beiträge zur Österreichischen Statistik; Der Fremdenverkehr im Winterhalbjahr 1989/90, Vorläufige Ergebnisse für Tirol, In: Veröffentlichungen des Sachgebietes Statistik des Amtes der Tiroler Landesregierung)

#### Nächtigungszahlen der Gemeinde Sölden:

In Abbildung 30 sind die Übernachtungszahlen und die Bettenauslastungsquoten der Gemeinde Sölden dargestellt. Zu Sölden gehören auch die relativ weit entfernt gelegenen Orte Obergurgl und Vent.

Mit einem Ergebnis von etwa 1,6 Mio Nächtigungen im Jahr 1989 liegt die Gemeinde Sölden an 5. Stelle der österreichischen Nächtigungsstatistik. Als Wintersportort wird Sölden in Österreich nur noch von Saalbach-Hinterglemm übertroffen. Deutlich wird in Abbildung 30 die klare Dominanz der Wintersaison gegenüber der Sommersaison mit einem Verhältnis von etwa 3:1. Wertmäßig ist dieses Mißverhältnis erfahrungsgemäß noch deutlich höher.

### 5.3.2 Die Gletscher des Schigebietes

#### Geologie:

Der Bereich des Gletscherschigebietes gehört zur Ötztaler Masse der Zentralalpen. Es stehen hauptsächlich Paragneise und, im Kammbereich, Granitgneise an. Das Schigebiet reicht über die weitgehend moränenbedeckten Gletschervorfelder von Rettenbach- und Tiefenbachferner nicht hinaus.

#### Beschreibung:

Heute werden durch das Gletscherschigebiet 3 Gletscher genützt: Rettenbach-, Tiefenbachferner und Seiterferner-Toteis. Der Lift auf dem Gletscher am Pitztaler Jöchel – der noch in Abbildung 29 eingetragen ist – wurde inzwischen abgebaut, daher ist dieser Gletscher in Tabelle 26 nicht mehr berücksichtigt.

Der Rettenbachferner liegt im gleichnamigen Tal, welches durch den namensgebenden 'Retten Bach' entwässert wird. Dieser mündet in Sölden in die Ötztaler Ache. Der Rettenbachferner ist ein nordnordost-orientierter Talgletscher, der sich von der Inneren Schwarzen Schneide, 3369 m, herabzieht. Gekennzeichnet ist dieser Gletscher durch einen Gletscherbruch in ca. 3000 m Höhe. Ein Teil des Rettenbachfernens fließt nach Nordwesten zum Karlesferner ab. Der Rettenbachferner weist eine Fläche von ca. 1,8 km<sup>2</sup> auf.

Tab. 28: Gletscher des Schigebietes Rettenbach-Tiefenbachferner (Quelle: Österr. Gletscherinventar)								
Gletscher	Exp.	Fläche	höch.P.	tief.P.	max.Länge	SG 2:1	Fl.Änd.	SG Änd.
Rettenbach- ferner	1969	1,786 km <sup>2</sup>	3350 m	2610 m	2,3 km	2820 m	-34,0%	+60 m
	1850	2,706 km <sup>2</sup>	3370 m	2330 m	3,4 km	2760 m	-	-
Tiefenbach- ferner <sup>1</sup>	1969	1,290 km <sup>2</sup>	3290 m	2830 m	1,8 km	3020 m	-58,1% <sup>5</sup>	+90 m
	1850 <sup>3</sup>	3,076 km <sup>2</sup>	3370 m	2520 m	2,3 km	2930 m	-	-
Seiterferner -Toteis <sup>1</sup>	1969	0,028 km <sup>2</sup>	3030 m	2960 m	0,3 km	2980 m	-	-
	1850 <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	-
Summe	1969	3,104 km <sup>2</sup>	3350 m	2610 m	-	2920 m <sup>6</sup>	-43,1% <sup>7</sup>	+70 m <sup>6</sup>
	1850	5,596 km <sup>2</sup>	3370 m	2330 m	-	2850 m <sup>6</sup>	-	-

Exp.: Exposition, N: Nord, E: Ost, SE: Süd-Ost, SG: Schneegrenze, SG 2:1: siehe Kap. 2.1.2  
<sup>1</sup> hing '1850' mit Seiterferner und Seiterferner-Toteis zusammen  
<sup>3</sup> Tiefenbachferner, Seiterferner, Seiterferner-Toteis zusammen <sup>4</sup> siehe Tiefenbachferner  
<sup>5</sup> wenn auch Seiterferner und Seiterferner-Toteis 1969 berücksichtigt werden: -52,7%  
<sup>6</sup> Flächenverhältnis berücksichtigt <sup>7</sup> Seiterferner und Seiterferner-Toteis mitberücksichtigt

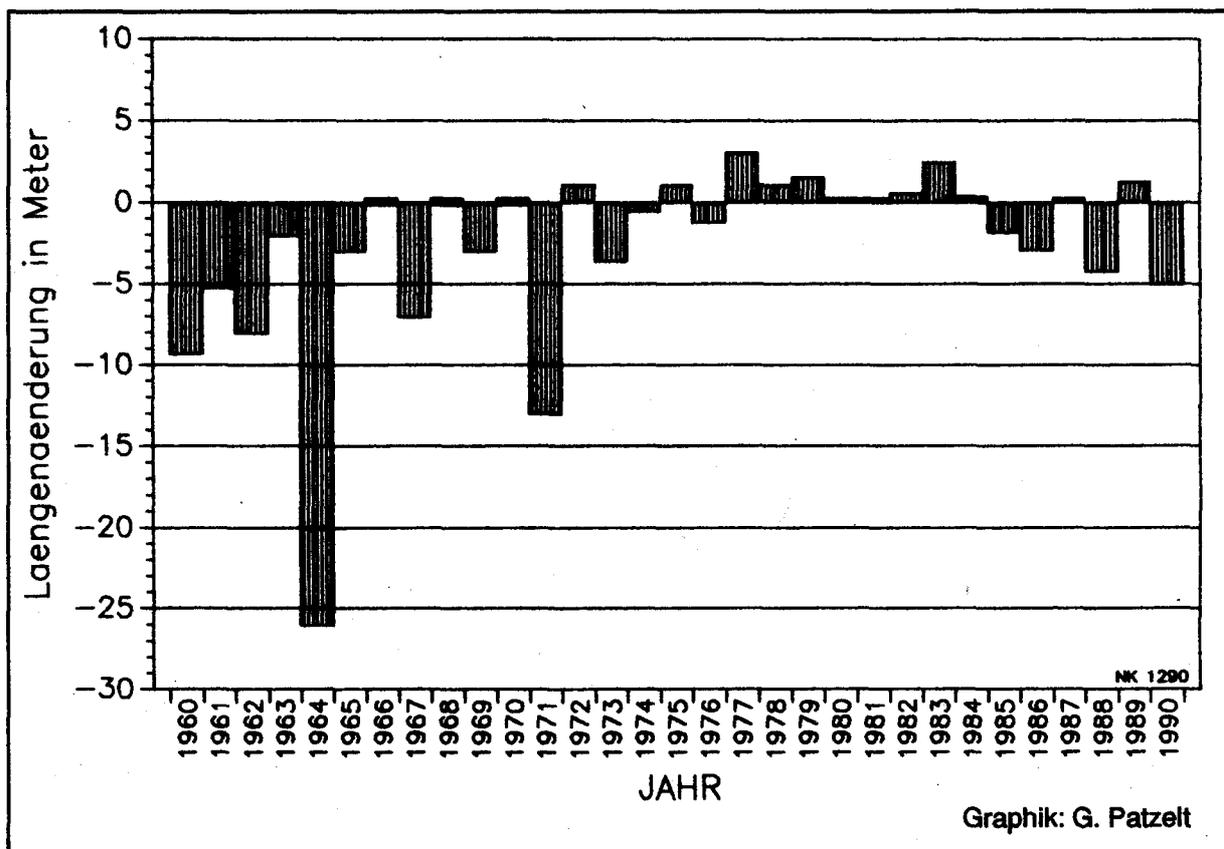
Der Tiefenbachferner liegt im Kammbereich des Venter Tales in einem weiten, west-orientierten Kar zwischen Innerer Schwarzer Schneide, 3369 m, und Mutkogel, 3312 m, und entwässert über mehrere Bäche – Tiefen B., Pirchl B., Petzner B. – in die Venter Ache, einem Teilarm der Ötztaler Ache. Der Gletscher bildet heute – ebenso wie zu Hochstandszeiten – mehrere Zungen aus. Mit einer Fläche von ca. 1,3 km<sup>2</sup> ist der Tiefenbachferner deutlich kleiner als der Rettenbachferner.

Zu Gletscherhochstandszeiten hingen Tiefenbach-, Seiter Ferner und Seiter Ferner-Toteis zusammen. Heute ist das sehr kleine 'Seiterferner-Toteis' nur ein kleiner Toteisrest des zurückgeschmolzenen Seiterferners und liegt im südostexponierten Kar des Seiter Jöchls. Das Toteis wies 1969 nur eine Fläche von knapp 3 ha auf.

#### Größenänderungen:

Die drei genutzten Gletscher – siehe Tabelle 28 – weisen eine vom Österr. Gletscherinventar mit Stand 1969 ausgewiesene Gesamtfläche von 3,104 km<sup>2</sup> auf. Gegenüber dem Gletscherhochstand von '1850' ist ein Flächenrückgang von 43,1 % oder 2,492 km<sup>2</sup> festzustellen.

Für den Tiefenbachferner und das Seiterferner-Toteis liegen keine Beobachtungen über Größen- und Längenänderungen seit 1969 vor. Ein Vergleich der dem Gletscherinventar zugrundeliegenden Flugaufnahmen aus dem Jahr 1969 mit Luftbildern, die 1981 aufgenommen wurden, weist jedoch einen Rückgang des Tiefenbachferners aus.



**Abb. 31: Längenänderung des Rettenbachferners im Vergleich zum Vorjahr:  
Die Meßergebnisse der Jahre 1960 – 1990**  
(Quelle: Publikationen und Jahresberichte des Gletschermessdienstes des ÖAV)

Für den Rettenbachferner existiert bezüglich der Längenänderungen der Gletscherzunge eine Meßreihe, die in den 1950er Jahren beginnt. In Abbildung 31 sind die Beobachtungsergebnisse seit dem Jahr 1960 zusammengestellt: Bis zur Mitte der 1960er Jahre sind deutliche Längeneinbußen festzuhalten. Der deutlichste Rückgang erfolgte dabei mit 26 m im Jahr 1964. In der ersten Hälfte der 1970er Jahre war die Zunge des Rettenbachfernern praktisch stationär. Zwischen 1977 und 1984 war eine kleine Vorstoßperiode mit Maximalwerten von 3m pro Jahr zu verzeichnen. Dieser Abschnitt ging in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre wieder in eine Phase mit insgesamt leichten Längenverlusten über.

Damit stimmen die Zungenlängenänderungen des Rettenbachfernern durchaus mit den entsprechenden Resultaten des Mittels der beobachteten österreichischen Gletscher überein. Ein besonderer Effekt auf die Längenänderung des Rettenbachfernern durch die Nutzung zum Gletscherschilauflauf – seit dem Jahr 1975 – kann nicht festgestellt werden.

#### *Genützte Flächen:*

Insgesamt werden ca. 2,28 km<sup>2</sup> – Rettenbachferner etwa 1,37 km<sup>2</sup> oder ca. 77 %; Tiefenbachferner ca. 0,88 km<sup>2</sup> oder etwa 68 %; praktisch das ganze Seiterferner–Toteis – oder etwa 73% der Fläche der betroffenen Gletscher für den Schilauflauf genützt. Haimayer (1987a) weist hingegen eine erschlossene Gletscherfläche von 2,70 km<sup>2</sup> – bei einer Gesamtgletscherfläche von ca. 3,1 km<sup>2</sup> und noch ohne die Lifte 'Panorama' und 'Karleskogel' – aus. Im Sommer werden geschätzte etwa 0,3 km<sup>2</sup> oder 10 % der Gesamtfläche genützt.

Im Sommer wird keine Langlaufloipe angelegt. Im Herbst besteht am Rettenbachferner zeitweise eine – nach Auskunft der Gletscherbahnen selten besuchte – Loipe von ca. 1 km Länge.

### 5.3.3 Untersuchung 1989

Die Probenahme in diesem Schigebiet wurde am 15.10.1989 durchgeführt. Es herrschte Schneefall, Trainingsbetrieb konnte am Tiefenbachferner keiner beobachtet werden.

Die Pistenprobe Rettenbachferner (P3–89) setzt sich aus fünf Einzelproben (Seehöhe: 2750 – 2850 m), jene vom Tiefenbachferner (P4–89) aus drei Einzelproben (Seehöhe: 3150 – 3250 m) zusammen. Die Pistenrandprobe Rettenbachferner (PR3–89) besteht aus sieben (Seehöhe: 2700 – 2900 m), die vom Tiefenbachferner (PR4–89) aus sechs Einzelproben (Seehöhe: 2900 – 3100 m). Neben einer gemeinsamen Referenzprobe (R3/4–89) wurde noch jeweils eine Wasserprobe aus dem Gletscherbach des Rettenbachfernern (G3–89) und dem Gletscherbach des Tiefenbachfernern (G4–89) entnommen. Die Wasserprobe vom Gletscherbach des Rettenbachfernern wurde unterhalb des Restaurants in einer Seehöhe von 2620 m (oberhalb der Straße zum Tiefenbachferner) entnommen und roch nach häuslichen Abwässern.

Die Probe vom Gletscherbach des Tiefenbachferners wurde unterhalb des Restaurants in einer Seehöhe von 2780 m entnommen und hatte einen unangenehmen Geruch.

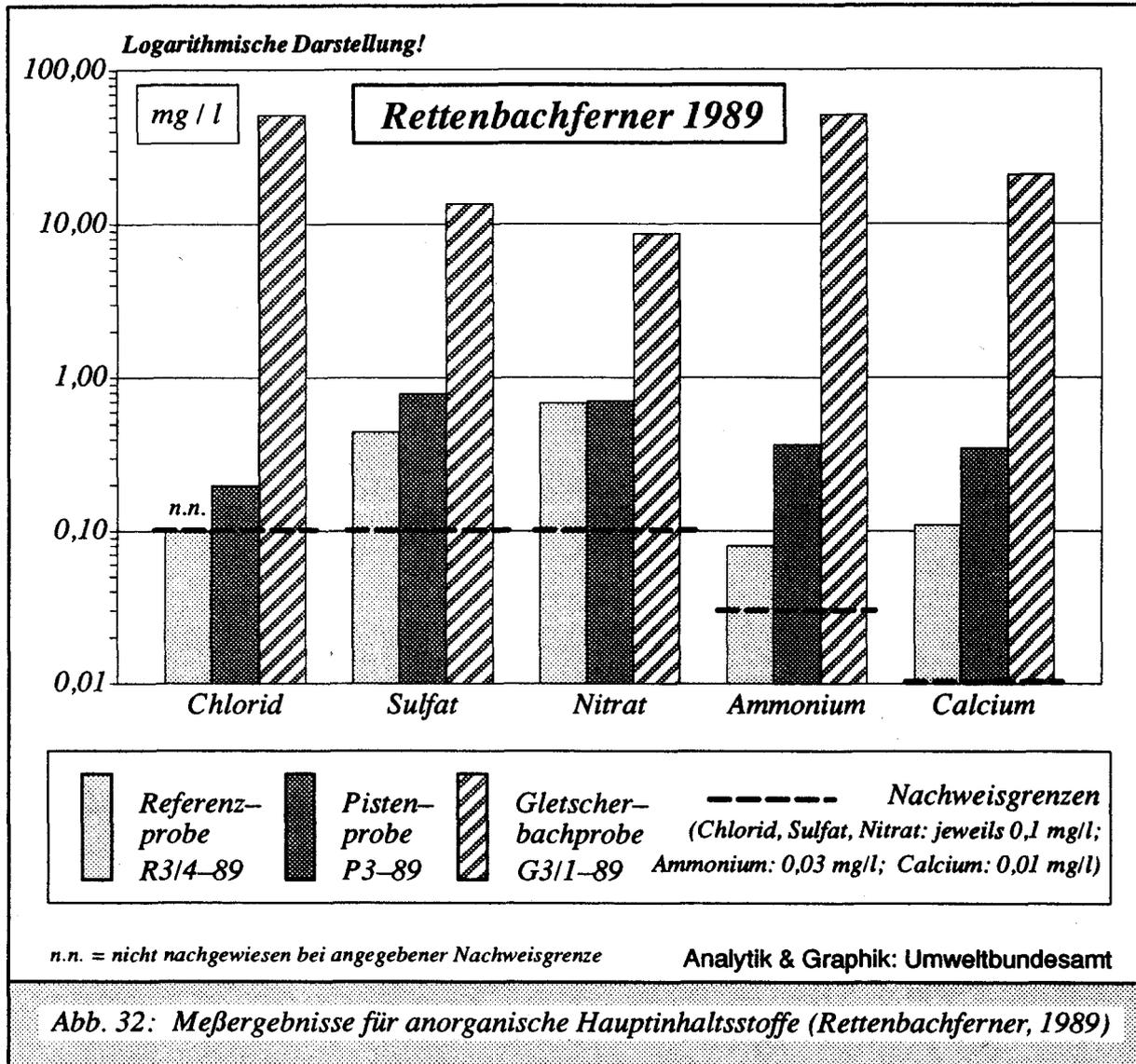
Tabelle 29 gibt eine Übersicht über die gezogenen Proben, der Kartenausschnitt (Abb. 29) gibt die genauen Positionen der Probenahmestellen wieder.

<i>Tab. 29: Probenahme 1989 – Rettenbachferner – Tiefenbachferner</i>			
<i>Bezeichnung der Probe</i>	<i>Zahl der Einzelproben</i>	<i>Probenahmetiefe (cm)</i>	<i>Entnahmestelle</i>
<i>P3-89</i>	<i>5</i>	<i>20 – 40</i>	<i>Piste Rettenbachferner</i>
<i>PR3-89</i>	<i>7</i>	<i>0 – 10</i>	<i>Pistenrand Rettenbachferner</i>
<i>G3/1-89</i>	<i>1</i>	<i>–</i>	<i>Gletscherbach vom Rettenbachferner</i>
<i>P4-89</i>	<i>3</i>	<i>30 – 50</i>	<i>Piste Tiefenbachferner</i>
<i>PR4-89</i>	<i>6</i>	<i>0 – 10</i>	<i>Pistenrand Tiefenbachferner</i>
<i>G4-89</i>	<i>1</i>	<i>–</i>	<i>Gletscherbach vom Tiefenbachferner</i>
<i>R3/4-89</i>	<i>1</i>	<i>0 – 30</i>	<i>Referenz</i>

<i>Tab. 30: Analysenergebnisse der Untersuchung 1989 – Rettenbachferner – Tiefenbachferner</i>					
<i>Parameter</i>	<i>Referenzprobe R3/4-89 (mg/l)</i>	<i>Pistenprobe (Rettenbachferner) P3-89 (mg/l)</i>	<i>Gletscherbachprobe (Rettenbachferner) G3/1-89 (mg/l)</i>	<i>Pistenprobe (Tiefenbachferner) P4-89 (mg/l)</i>	<i>Gletscherbachprobe (Tiefenbachferner) G4-89 (mg/l)</i>
<i>Sulfat</i>	<i>0,45</i>	<i>0,79</i>	<i>13,60</i>	<i>0,71</i>	<i>13,30</i>
<i>Chlorid</i>	<i>&lt; 0,10</i>	<i>0,20</i>	<i>51,30</i>	<i>0,20</i>	<i>11,10</i>
<i>Nitrat</i>	<i>0,69</i>	<i>0,71</i>	<i>8,60</i>	<i>0,41</i>	<i>1,30</i>
<i>Ammonium</i>	<i>0,08</i>	<i>0,37</i>	<i>51,50</i>	<i>0,45</i>	<i>14,80</i>
<i>o-Phosphat</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>18,00</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>2,30</i>
<i>Calcium</i>	<i>0,11</i>	<i>0,35</i>	<i>21,00</i>	<i>0,37</i>	<i>6,00</i>
<i>Magnesium</i>	<i>0,02</i>	<i>0,30</i>	<i>3,10</i>	<i>0,12</i>	<i>0,80</i>
<i>Natrium</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>0,16</i>	<i>43,60</i>	<i>0,21</i>	<i>10,40</i>
<i>Kalium</i>	<i>&lt; 0,02</i>	<i>0,26</i>	<i>21,00</i>	<i>0,14</i>	<i>6,40</i>
<i>TOC</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>69,20</i>	<i>–</i>	<i>16,00</i>
<i>DOC</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>67,90</i>	<i>–</i>	<i>11,40</i>

### 5.3.3.1 Rettenbachferner

Die in diesem Gebiet entnommene Referenzprobe (R3/4–89) kann aufgrund der topographischen Verhältnisse (unmittelbar nebeneinanderliegende Gletscherbereiche) sowohl für den Rettenbachferner als auch für den Tiefenbachferner als Bezugsprobe herangezogen werden.



Die Ionengehalte der Referenzprobe (R3/4–89) sind als gering zu bezeichnen. Der Vergleich der Ergebnisse der Pistenprobe (P3–89) mit den Werten der Referenzprobe (R3/4–89) zeigt Erhöhungen bei sämtlichen untersuchten Parametern. Als Ausnahme, weil gleichbleibend, ist der Anteil an o-Phosphat anzusprechen. Der Ammonium-Gehalt der Pistenprobe liegt bei ca. 0,4 mg/l, einem Wert, der bereits beim Mittelberg/Brunnenkogelferner als auffällig beschrieben wurde. Ein ähnlicher Wert war auch in der Pistenprobe des Tiefenbachfernens im Oktober 1989 festzustellen. Diese Ammonium-Gehalte scheinen bemerkenswert, fallen aber in den in der Literatur für Schnee- und Gletscherproben in hochalpinen Lagen angegebenen Bereich.

**Tab. 31: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Rettenbachferner) sowie Vergleich mit Literaturdaten**

Parameter	Referenz- probe R3/4-89 (mg/l)	Pisten- probe P3-89 (mg/l)	Erhöhung gegen- über Referenz- probe (Faktor)	Nieder- schlagsver- gleichswerte (mg/l)*	Hintereisferner (Tirol) Teufelseck (mg/l)**	Badeeis (mg/l)**
Sulfat	0,45	< 0,79	1,7	0,58	0,61	0,59
Chlorid	< 0,10	< 0,20	> 2,0	0,21	0,33	0,25
Nitrat	0,69	< 0,71	1,0	0,50	0,48	0,38
Ammonium	0,08	< 0,37	4,6	0,10	0,10	0,09
o-Phosphat	< 0,05	= < 0,05	-	-	-	-
Calcium	0,11	< 0,35	3,2	0,28	0,40	0,32
Magnesium	0,02	< 0,30	15,0	0,02	0,04	0,03
Natrium	< 0,05	< 0,16	> 3,2	0,05	0,12	0,06
Kalium	< 0,02	< 0,26	> 13,0	0,04	0,06	0,03

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

\*\*) Mittelwerte über die gesamte Schneedecke (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

### Gletscherbach (Rettenbachferner)

Die Wasserbeschaffenheit des Gletscherbaches (G3/1-89) läßt die eindeutige Aussage zu, daß dieser zum Zeitpunkt der Probenahme stark durch ungeklärte Abwässer verunreinigt war.

Wie die Analyse zeigt, bewegen sich vor allem die Gehalte an Ammonium, ortho-Phosphat sowie die Anteile am gesamten und gelösten organischen Kohlenstoff in Bereichen, wie sie in kommunalen Abwässern zu finden sind. Sie liegen um ein Mehrhundertfaches über allen vorhandenen Vergleichswerten (s. Tab. 32). Gegenüber den in der Gurgler Ache festgestellten Konzentrationen treten auch bei den meisten anderen der untersuchten Parameter deutliche Erhöhungen im Gletscherbach auf.

Entsprechend der vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft im Jahre 1987 herausgegebenen "Vorläufige Richtlinie für Begrenzung von Immissionen in Fließgewässern (ImRL)" sind die angegebenen Richtwerte bei Ammonium, ortho-Phosphat und dem gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) um ein Vielfaches überschritten.

Tab. 32: Analysenwerte des Gletscherbaches (Rettenbachferner) im Vergleich mit anderen Untersuchungen

Parameter	Gletscherbachprobe 1 (Rettenbachferner) G311-89 (mg/l)	Schwarzsee/ Sölden* (mg/l)	Gaislacher See* (mg/l)	Gurgler Ache** oberhalb Obergurgl (mg/l)
Sulfat	13,60	1,90	2,80	23,00
Chlorid	51,30	0,43	0,46	2,00
Nitrat	8,60	0,76	0,57	< 1,00
Ammonium	51,50	0,04	–	0,06
o-Phosphat	18,00	–	–	0,04
Calcium	21,00	0,92	1,30	12,00
Magnesium	3,10	0,17	0,16	3,40
Natrium	43,60	0,10	0,44	1,40
Kalium	21,00	0,08	0,12	2,80
TOC	69,20	–	–	–
DOC	67,90	–	–	–

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988) (Werte von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)  
 \*\*) Gewässergüte Tirol 1979/80

## Organische Überblicksanalyse

### Referenzprobe (R3/4-89)

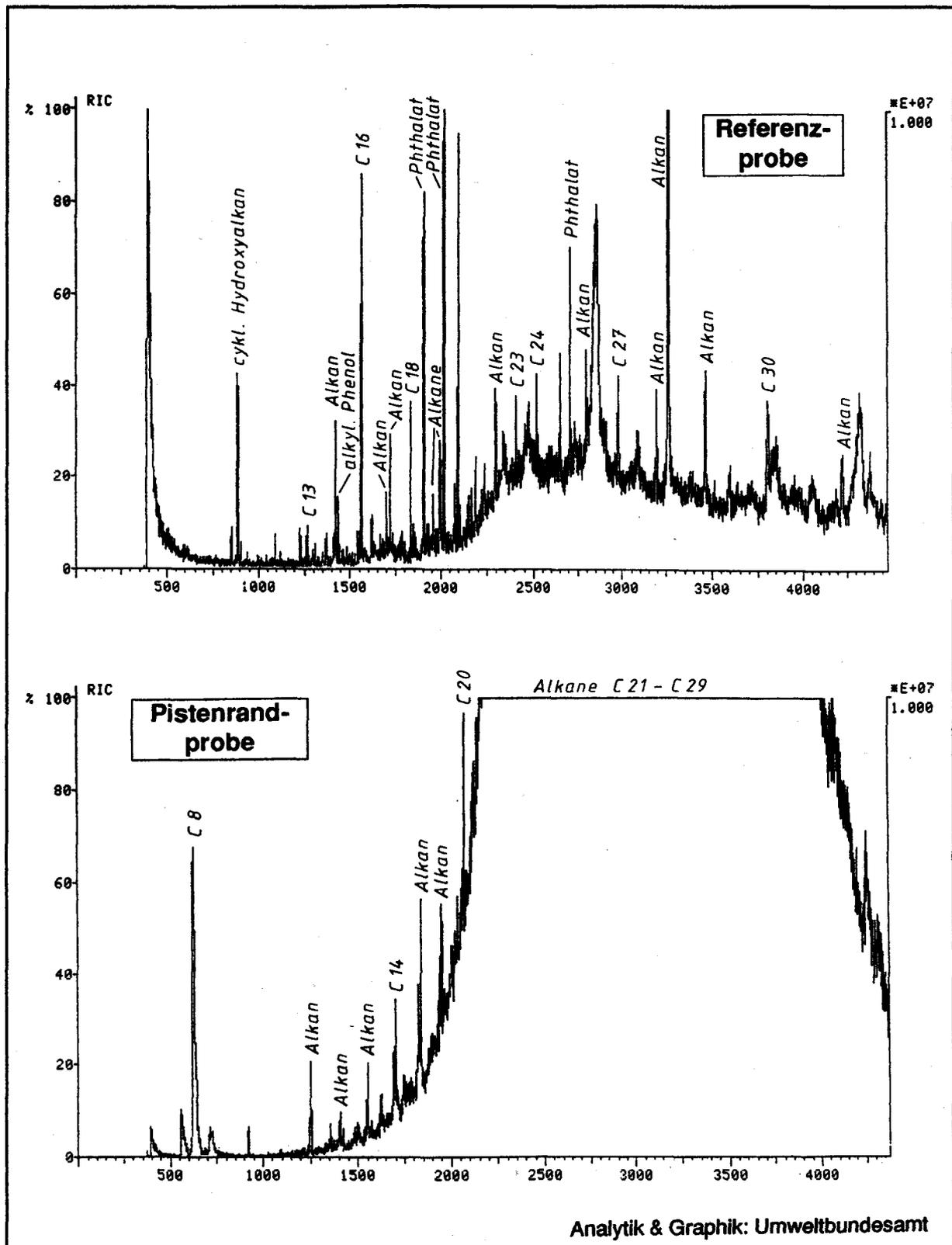
Die intensivsten Peaks des Chromatogrammes (Abb. 33) konnten als Hexadecan (C16) und als Phthalate bestimmt werden. Die Alkanbelastung besteht aus verschiedenen, zum Teil verzweigten Alkanen, von denen einige n-Alkane eindeutig identifiziert werden konnten (C13, C16, C18, C23, C24, C27, C30). Die Summenkonzentration liegt unter 5 ppb. Das Peakmuster des Chromatogrammes ist einer für die im Rahmen der Vorarbeiten zu dieser Studie untersuchten Mineralölprodukte charakteristischen Verteilung nicht zuzuordnen. Weiters wurden ein alkyliertes Phenol und ein cyclisches Hydroxyalkan gefunden. Zu erwähnen ist noch eine geringe Basisbelastung.

### Pistenrandprobe (PR3-89)

Die Hauptmenge der organischen Verbindungen in der Pistenrandprobe ist eine starke, nicht identifizierbare Basisbelastung, welche sich in einer Schwarzfärbung der Analysenlösung nach der Extraktion mit Hexan ausdrückte. Identifiziert wurden Alkane in einem Bereich von 8 bis 29 Kohlenstoffatomen mit einem Verteilungsmaximum bei C25. Eine Quantifizierung wurde wegen der hohen Basisbelastung nicht vorgenommen.

### Vergleich

Sowohl die Referenz- als auch die Pistenrandprobe ist im Hinblick auf Alkane unauffällig. Die Pistenrandprobe muß aber aufgrund der hohen Basisbelastung als verunreinigt bezeichnet werden. Auffällig ist das Fehlen der Phthalate in der Pistenrandprobe.

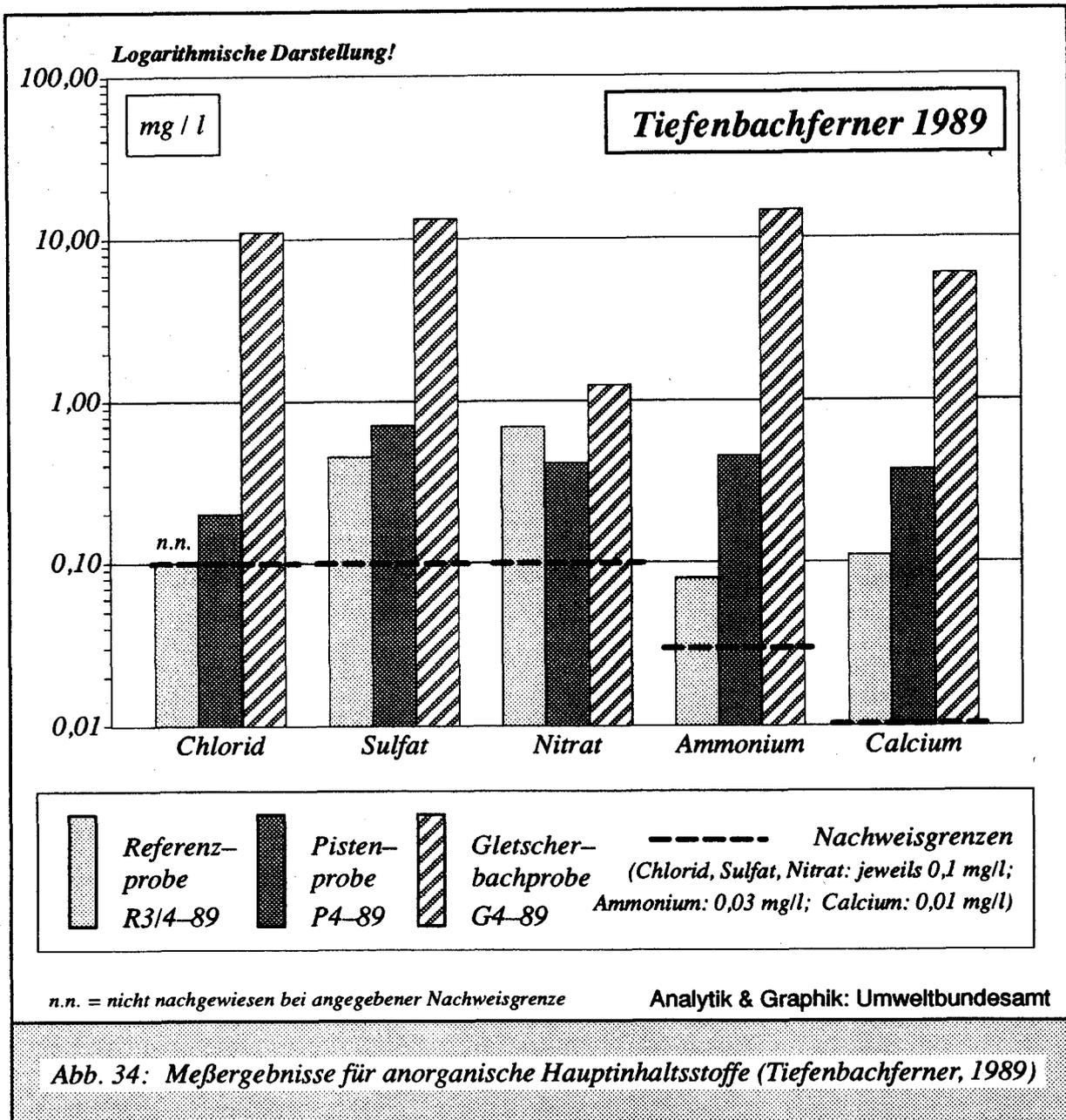


Analytik & Graphik: Umweltbundesamt

Abb. 33: Intensitätsgleiche Abbildungen der Chromatogramme der Referenzprobe R 3/4–89 (oben) und der Pistenrandprobe PR3–89 (unten) des Rettenbachferners

## 5.3.3.2 Tiefenbachferner

Wie bereits beim Rettenbachferner erwähnt, wird die entnommene Referenzprobe (R3/4-89) als Bezugsprobe für die benachbarten Gletscher herangezogen.



Die Ergebnisse der Pistenprobe (P4-89) des Tiefenbachfernens sind jenen der Pistenprobe vom Rettenbachferner (P3-89) sehr ähnlich, d.h. es wurden wiederum Erhöhungen bei den untersuchten Parametern gegenüber der Referenzprobe festgestellt. Eine Ausnahme bildet das Nitrat, dessen Konzentration auf der Piste um 40 % unter dem Wert der Referenzprobe liegt, als gleichbleibend erwies sich der Phosphatgehalt. Die Absolutwerte der untersuchten Ionen sind als eher niedrig anzusehen und bewegen sich im natürlichen Schwankungsbereich (s. auch Kap. 3).

**Tab. 33: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Tiefenbachferner) sowie Vergleich mit Literaturdaten**

Parameter	Referenz- probe R3/4-89 (mg/l)	Pisten- probe P4-89 (mg/l)	Erhöhung gegen- über Referenz- probe (Faktor)	Nieder- schlagsver- gleichswerte (mg/l)*	Hintereisferner (Tirol) Teufelseck (mg/l)**	Badeeis (mg/l)**
Sulfat	0,45	< 0,71	1,6	0,58	0,61	0,59
Chlorid	< 0,10	< 0,20	> 2,0	0,21	0,33	0,25
Nitrat	0,69	> 0,41	0,6	0,50	0,48	0,38
Ammonium	0,08	< 0,45	5,6	0,10	0,10	0,09
o-Phosphat	< 0,05	= < 0,05	-	-	-	-
Calcium	0,11	< 0,37	3,4	0,28	0,40	0,32
Magnesium	0,02	< 0,12	6,0	0,02	0,04	0,03
Natrium	< 0,05	< 0,21	> 4,2	0,05	0,12	0,06
Kalium	< 0,02	< 0,14	> 7,0	0,04	0,06	0,03

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

\*\*\*) Mittelwerte über die gesamte Schneedecke (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

#### Gletscherbach (Tiefenbachferner)

Die Untersuchungsergebnisse bezüglich der Wasserbeschaffenheit des Gletscherbaches vom Tiefenbachferner (G4-89) lassen eine Verunreinigung durch Abwässer zum Zeitpunkt der Probenahme deutlich erkennen, was durch einen Vergleich mit Daten aus dem Schwarzsee und dem Gaislacher See sowie der Gurgler Ache bestätigt wird. Als auffällig und unter den Ergebnissen der Gurgler Ache liegend müssen die niedrigeren Werte bei den Härtebildnern (Calcium, Magnesium) und beim Sulfat angesehen werden. Die hohen Werte für Ammonium und ortho-Phosphat, aber vor allem die organische Belastung sind als deutliche Indikatoren für die erfolgte Beeinträchtigung durch kommunale Abwässer anzusehen und überschreiten die in der Immissionsrichtlinie für Fließgewässer angegebenen Richtwerte.

**Tab. 34: Analysenwerte des Gletscherbaches (Tiefenbachferner) im Vergleich mit anderen Untersuchungen**

<i>Parameter</i>	<i>Gletscherbachprobe (Tiefenbachferner) G4-89 (mg/l)</i>	<i>Schwarzsee/ Sölden* (mg/l)</i>	<i>Gaislacher See* (mg/l)</i>	<i>Gurgler Ache** oberhalb Obergurgl (mg/l)</i>
<i>Sulfat</i>	13,30	1,90	2,80	23,00
<i>Chlorid</i>	11,10	0,43	0,46	2,00
<i>Nitrat</i>	1,30	0,76	0,57	< 1,00
<i>Ammonium</i>	14,80	0,04	–	0,06
<i>o-Phosphat</i>	2,30	–	–	0,04
<i>Calcium</i>	6,00	0,92	1,30	12,00
<i>Magnesium</i>	0,80	0,17	0,16	3,40
<i>Natrium</i>	10,40	0,10	0,44	1,40
<i>Kalium</i>	6,40	0,08	0,12	2,80
<i>TOC</i>	16,00	–	–	–
<i>DOC</i>	11,40	–	–	–

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

\*\*) Gewässergüte Tirol 1979/80

## Organische Überblicksanalyse

### *Referenzprobe (R3/4-89)*

(siehe Rettenbachferner)

### *Pistenrandprobe (PR4-89)*

Die Pistenrandprobe vom Tiefenbachferner enthält vor allem Alkane. Das Maximum der typischen Alkanverteilung liegt bei C 25, ihre Summenkonzentration kann mit kleiner als 5 ppb angegeben werden. Zu erwähnen ist noch ein relativ großer Peak mit einer Elutionstemperatur von 270 °C, welcher als ein Alkylbenzol identifiziert werden konnte. Neben einem kleinen Phthalatpeak ist noch eine geringe Basisbelastung zu erkennen. Die Probe PR4-89 kann als wenig belastet bezeichnet werden.

### *Vergleich*

Während die Basisbelastung der Referenzprobe höher ist als die der Pistenrandprobe, verhält sich die Gesamtkonzentration der Alkane genau umgekehrt. Sie liegt jedoch bei beiden Proben unter 5 ppb. Auffällig ist auch der im Vergleich zur Referenzprobe in der Pistenrandprobe wesentlich geringere Gehalt an Phthalaten.

Da für den Rettenbachferner und den Tiefenbachferner aus geographischen Überlegungen dieselbe Probenahmestelle für die Referenzprobe gewählt wurde, läßt sich die erhöhte Basisbelastung der Referenzprobe im Vergleich mit der Pistenrandprobe des

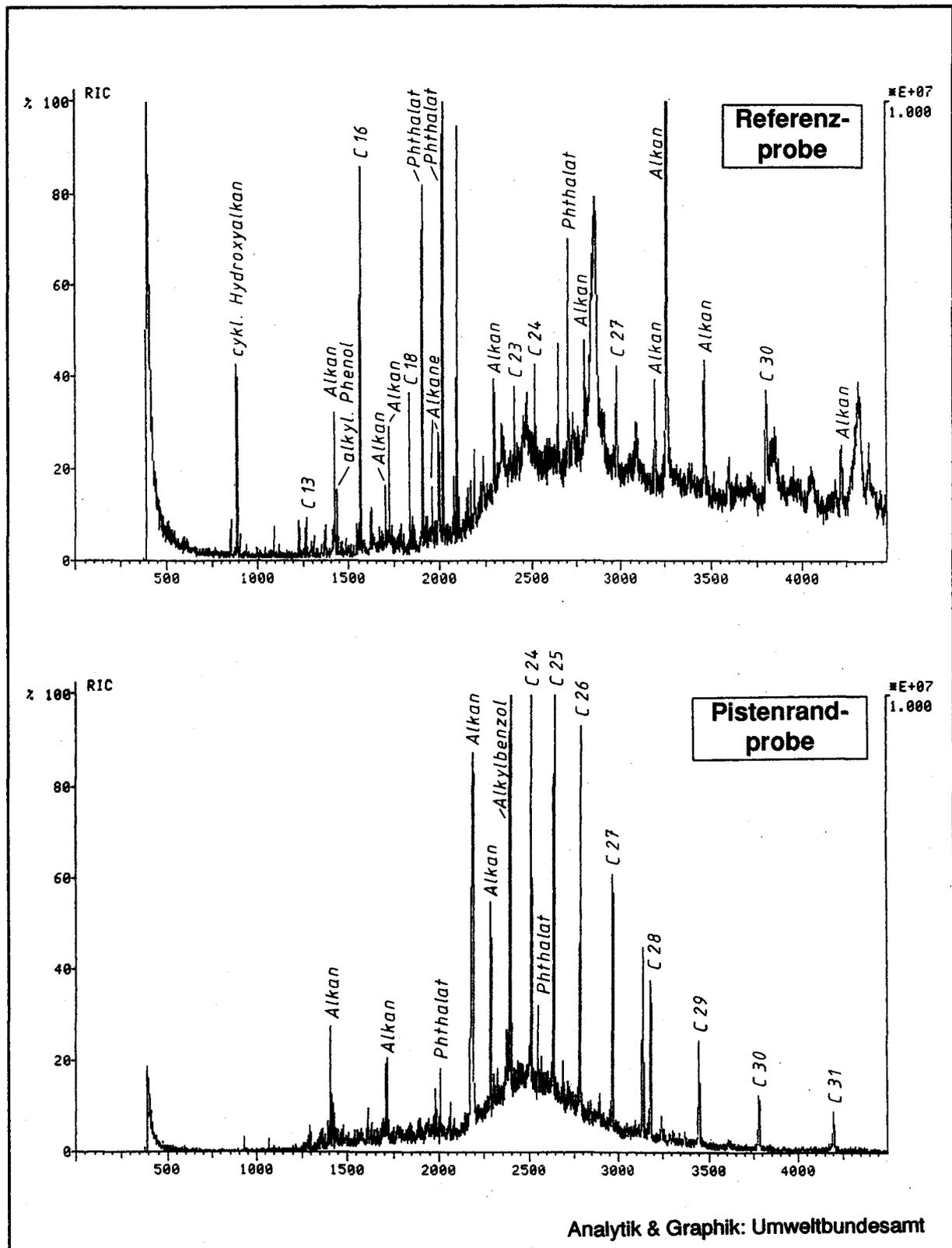


Abb. 35: Intensitätsgleiche Abbildungen der Chromatogramme der Referenzprobe R3/4-89 (oben) vom Rettenbachferner und Pistenrandprobe PR4-89 (unten) des Tiefenbachferners

Analytik & Graphik: Umweltbundesamt

Tiefenbachferners vielleicht als Beeinflussung durch den Pistenbetrieb am Rettenbachferner (siehe PR3–89) erklären, wie der Vergleich der Analysenergebnisse der drei Proben (PR3–89, PR4–89 und R3/4–89) zeigt. Die Ergebnisse der massenspektrometrischen Untersuchung der Pistenrandprobe Rettenbachferner aus dem Jahre 1989 zeigten eine große, nicht identifizierbare Basisbelastung.

Eine zweite Untersuchung mit erweitertem Parameterumfang sollte zeigen, ob die Basisbelastung innerhalb einiger Monate eine Veränderung erfährt.

#### 5.3.4 Untersuchung 1990

Die zweite Probenahme wurde am 28. August 1990 nur auf dem Rettenbachferner durchgeführt, da die Zufahrt zum Tiefenbachferner gesperrt war.

Die Gletscheroberfläche wirkte visuell verschmutzt, eine Schneeauflage war kaum vorhanden. Die Eisoberfläche wurde daher mit Pistengeräten aufgerissen, um eine Schifahrsmöglichkeit zu gewährleisten. Wegen zu starker Schmelzwasserbildung an der Gletscheroberfläche mußte allerdings zu Mittag der Betrieb eingestellt werden. Zum Zeitpunkt der Probenahme war mäßiger Touristenandrang zu beobachten, einige Schinachwuchsmannschaften hatten Trainingspisten ausgesteckt.

Die Pistenprobe (P3–90) wurde entlang einer solchen Trainingsstrecke entnommen (Seehöhe: 2850 – 3050 m). Die Entnahme der Pistenrandprobe (PR3–90) erfolgte wiederum entlang der Fahrtstrecke der Pistenfahrzeuge (Seehöhe: 2650 – 2750 m).

Problematisch gestaltete sich die Auswahl einer geeigneten Entnahmestelle für die Referenzprobe. Da der Rettenbachferner zum großen Teil für den Pistenbetrieb genutzt wird, war es nicht möglich, die Referenzprobe weit genug entfernt vom genutzten Gletscherbereich zu entnehmen. Daher und aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde für die Referenzprobe (R3/4–90) wieder derselbe Entnahmebereich wie bei der Probenahme im Jahre 1989 herangezogen. Die Entnahmestelle befindet sich südöstlich des Parkplatzes im unteren, stark mit Gletscherspalten durchzogenen Bereich des Gletschers. Es kann nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, daß Schadstoffe aus dem genutzten Bereich durch Windverfrachtung dorthin gelangen.

Der Gletscherbach (1) wurde an derselben Entnahmestelle wie 1989 knapp unterhalb des Restaurants beprobt. Zirka 500 Meter in östlicher Richtung floß ein weiterer Gletscherbach (2), der knapp oberhalb der Straße zum Tiefenbachferner beprobt wurde. Im Kartenausschnitt (Abb. 29) sind die einzelnen Probenahmepunkte zu sehen. Tab. 35 gibt wiederum eine Übersicht über die gezogenen Proben.

Tab. 35: Probenahme 1990 – Rettenbachferner

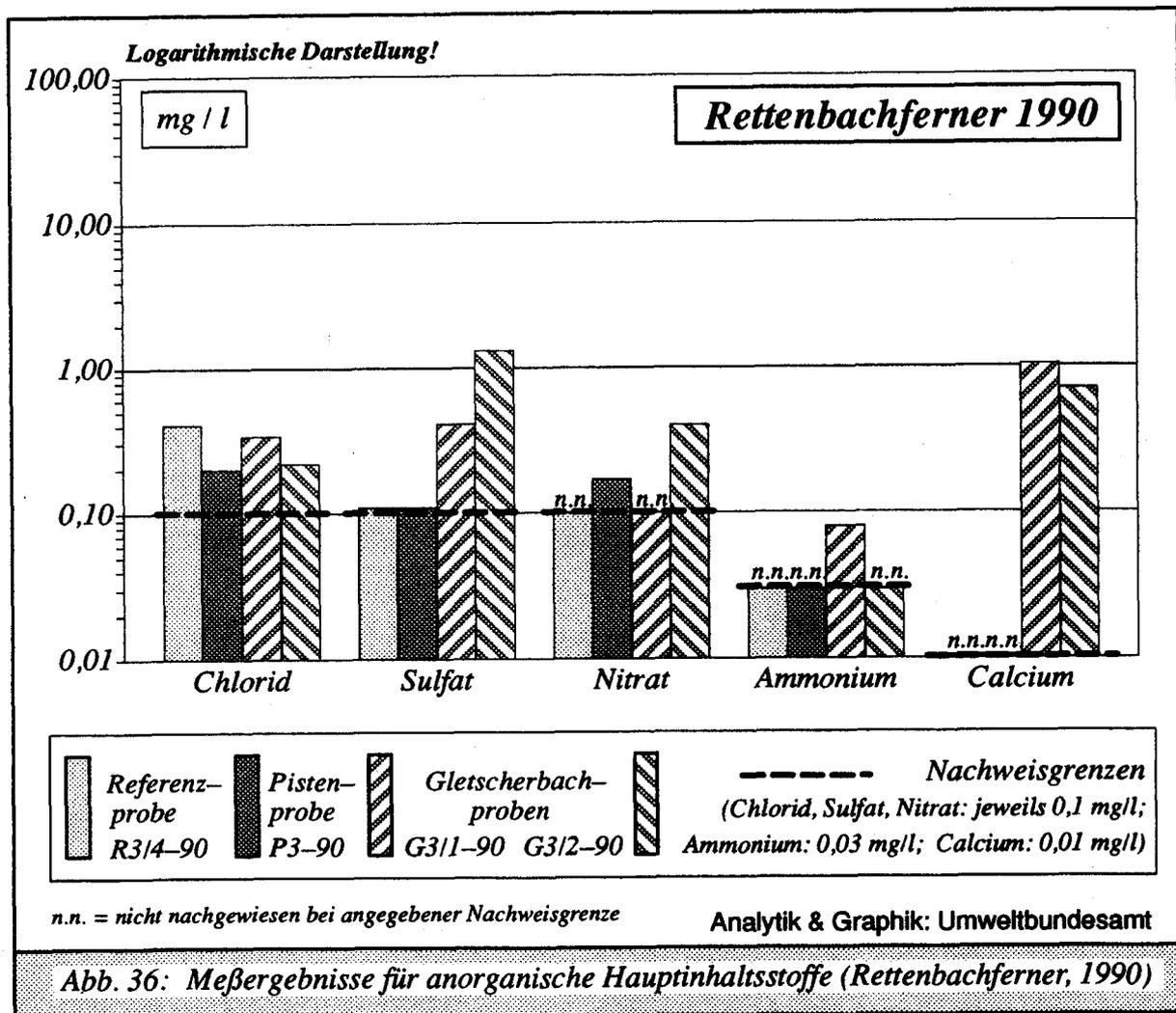
Bezeichnung der Probe	Zahl der Einzelproben	Probenahmetiefe (cm)	Entnahmestelle
P3–90	4	0 – 20	Piste
PR3–90	4	0 – 15	Pistenrand
G3/1–90	1		Gletscherbach 1 (Rettenbachferner)
G3/2–90	1		Gletscherbach 2 (Rettenbachferner)
R3/4–90	1	0 – 15	Referenz

Tab. 36: Analysenergebnisse der Untersuchung 1990 – Rettenbachferner					
Parameter	Referenz- probe R3/4-90 (mg/l)	Pisten- probe P3-90 (mg/l)	Pisten- rand probe PR3-90 (mg/l)	Gletscherbach- probe 1 (Rettenbach- ferner) G3/1-90 (mg/l)	Gletscherbach- probe 2 (Rettenbach- ferner) G3/2-90 (mg/l)
Sulfat	0,11	0,11	–	0,41	1,30
Chlorid	0,41	0,20	–	0,34	0,22
Jodid	< 0,001	< 0,001	–	< 0,001	< 0,001
Nitrat	< 0,10	0,17	–	< 0,10	0,40
Nitrit	< 0,01	< 0,01	–	< 0,01	< 0,01
Ammonium	< 0,03	< 0,03	–	0,08	< 0,03
o-Phosphat	< 0,05	0,06	–	< 0,05	< 0,05
Calcium	< 0,01	< 0,01	–	1,00	0,70
Magnesium	0,04	0,46	–	0,63	0,41
Kalium	0,06	0,06	–	3,50	1,10
Natrium	0,05	< 0,05	–	0,88	0,24
Karbonathärte (°dH)	0,05	0,05	–	0,24	0,13
Blei (Probe unfiltriert)	0,210	–	0,100	–	–
Bor	< 0,03	0,07	–	< 0,03	< 0,03
C-H	–	–	–	0,16	< 0,10
TOC	–	–	–	1,50	0,70
DOC	–	–	–	0,90	0,80
TIC	–	–	–	0,50	< 0,50
DIC	–	–	–	0,50	< 0,50
CSB	–	–	–	< 15,00	< 15,00
BSB <sub>5</sub>	–	–	–	< 10,00	< 10,00
MBAS	–	–	–	0,03	0,08
LAS	–	–	–	0,02	0,02
	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
1,1-Dichlorethylen	n.n.	–	n.n.	–	–
Chloroform	0,1	–	0,1	–	–
1,1,1-Trichlorethan	0,3	–	0,5	–	–
1,2-Dichlorpropan	n.n.	–	n.n.	–	–
1,2-Dichlorethan	n.n.	–	n.n.	–	–
Tetrachlormethan	n.n.	–	n.n.	–	–
Trichlorethylen	0,3	–	0,2	–	–
Bromdichlormethan	n.n.	–	n.n.	–	–
1,1,2-Trichlorethan	n.n.	–	n.n.	–	–
Dibromchlormethan	n.n.	–	n.n.	–	–
Perchlorethylen	< 0,1	–	< 0,1	–	–
1,2,3-Trichlorpropan	n.n.	–	n.n.	–	–
1,4-Dichlorbutan	n.n.	–	n.n.	–	–
1,4-Dichlorbenzol	n.n.	–	n.n.	–	–
1,2-Dichlorbenzol	n.n.	–	n.n.	–	–
1,2,3,4-Tetrachlorbutan	n.n.	–	n.n.	–	–

Die Ionengehalte der Referenzprobe (R3/4–90) sind als gering zu bezeichnen (s. auch Kap. 3) und liegen bei den meisten Parametern (Ausnahme Chlorid, Magnesium, Kalium) unter jenen der im Jahre 1989 untersuchten Referenzprobe (R3/4–89).

Die Werte der Pistenprobe (P3/90) bewegen sich in der gleichen Größenordnung wie jene der Referenzprobe. Auffallend sind allerdings bei der Pistenprobe die Erhöhungen der Gehalte an Magnesium (um das Eifache), ortho-Phosphat und Bor gegenüber der Referenzprobe. Eine plausible Erklärung für diese Erhöhungen konnte nicht gefunden werden.

Ein Vergleich der Pistenproben aus den beiden Untersuchungsjahren ergibt, daß die Werte der meisten Parameter im Jahre 1990 geringer waren. Als gleichbleibend ist der Chlorid-Gehalt, als erhöht die Konzentration für Magnesium anzusehen. Dieses Ergebnis ist den bei den Referenzproben angetroffenen Verhältnissen ähnlich und ist möglicherweise auf die Schmelzvorgänge auf dem Gletscher im August zurückzuführen.



Die am 28. August 1990 vom Pistenrand und von der Referenzstelle entnommenen Proben wurden einer ausgedehnten Untersuchung auf organische Substanzen unterzogen. Es sollte damit festgestellt werden, ob und inwieweit in derartig hoch gelegenen

Regionen anthropogen verursachte Schadstoffe nachzuweisen sind. Neben flüchtigen chlorierten bzw. bromierten kurzkettigen Kohlenwasserstoffen wurden auch dihalogenierte Benzole analysiert. Wie schon beim Mittelbergferner festgestellt, konnten am Rettenbachferner Chloroform, 1,1,1-Trichlorethan und Trichlorethylen eindeutig nachgewiesen und Perchlorethylen identifiziert werden. Die Analysenwerte der anderen untersuchten organischen Verbindungen blieben unter der Nachweisgrenze der Methodik.

Als bemerkenswert ist der in der unfiltrierten Referenzprobe gemessene Bleiwert von 0,21 mg/l anzuführen. Er bestätigt damit die bei der Beschreibung der Referenzprobenahmestelle geäußerte Vermutung, daß eine Beeinflussung dieser Stelle durch den Parkplatz gegeben sein könnte. Der am Pistenrand gemessene Bleigehalt betrug gegenüber der Referenzprobe etwa die Hälfte, war aber damit um ca. das Fünffache größer als am Mittelberg/Brunnenkogelferner gemessenen Bleiwerte.

Tab. 37: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Rettenbachferner) sowie Vergleich mit Literaturdaten

Parameter	Referenz- probe R3/4-90 (mg/l)	Pisten- probe P3-90 (mg/l)	Erhöhung gegen- über Referenz- probe (Faktor)	Nieder- schlagsver- gleichswerte (mg/l)*	Hintereisferner (Tirol) Teufelseck (mg/l)**	Badeeis (mg/l)**
Sulfat	0,11	= 0,11	1,0	0,58	0,61	0,59
Chlorid	0,41	> 0,20	0,5	0,21	0,33	0,25
Jodid	< 0,001	= < 0,001	-	-	-	-
Nitrat	< 0,10	< 0,17	> 1,7	0,50	0,48	0,38
Nitrit	< 0,01	= < 0,01	-	-	-	-
Ammonium	< 0,03	= < 0,03	-	0,10	0,10	0,09
o-Phosphat	< 0,05	< 0,06	> 1,2	-	-	-
Calcium	< 0,01	= < 0,01	-	0,28	0,40	0,32
Magnesium	0,04	< 0,46	11,5	0,02	0,04	0,03
Natrium	0,05	> < 0,05	< 1,0	0,05	0,12	0,06
Kalium	0,06	= 0,06	1,0	0,04	0,06	0,03
Bor	< 0,03	< 0,07	> 2,3	-	-	-
Karbonathärte (°dH)	0,05	= 0,05	1,0	-	-	-

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)

\*\*\*) Mittelwerte über die gesamte Schneedecke (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)

### Gletscherbach 1 (G3/1-90)

Der Vergleich der Ergebnisse der Wasserproben aus dem Gletscherbach 1 des Rettenbachfernens (Probenahme 1989 und 1990) zeigte, daß im Jahre 1990 die Verunreinigung des Baches an dieser Entnahmestelle ganz wesentlich abgenommen hatte. Es erwiesen sich sowohl die Salzgehalte als auch die Nährstoffanteile sowie die organische Belastung als stark vermindert und lagen in der Größenordnung wie sie im Schwarzsee und im Gaislacher See gemessen worden sind.

**Tab. 38: Analysenwerte der Gletscherbäche (Rettenbachferner) im Vergleich mit anderen Untersuchungen**

Parameter	Gletscherbachproben (Rettenbachferner)		Schwarzsee/ Sölden*	Gaislacher See*	Gurgler Ache**) oberhalb Obergurgl
	G3/1-90 (mg/l)	G3/2-90 (mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
Sulfat	0,41	1,30	1,90	2,80	23,00
Chlorid	0,34	0,22	0,43	0,46	2,00
Jodid	< 0,001	< 0,001	–	–	–
Nitrat	< 0,10	0,40	0,76	0,57	< 1,00
Nitrit	< 0,01	< 0,01	–	–	–
Ammonium	0,08	< 0,03	0,04	–	0,06
o-Phosphat	< 0,05	< 0,05	–	–	0,04
Calcium	1,00	0,70	0,92	1,30	12,00
Magnesium	0,63	0,41	0,17	0,16	3,40
Natrium	0,88	0,24	0,10	0,44	1,40
Kalium	3,50	1,10	0,08	0,12	2,80
Bor	< 0,03	< 0,03	–	–	–
Karbonathärte (°dH)	0,24	0,13	–	–	–
C-H	0,16	< 0,10	–	–	–
TOC	1,50	0,70	–	–	–
DOC	0,90	0,80	–	–	–
TIC	0,50	< 0,50	–	–	–
DIC	0,50	< 0,50	–	–	–
CSB	< 15,00	< 15,00	–	–	–
BSB <sub>5</sub>	< 10,00	< 10,00	–	–	–
MBAS	0,03	0,08	–	–	–
LAS	0,02	0,02	–	–	–

\*) Vergleichswerte von Hochgebirgsseen in angrenzenden Bereichen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)

\*\*) Gewässergüte Tirol 1979/80

Das Ergebnis von 1990 entspricht der Tatsache, daß im Zuge der Bauarbeiten an der Abwasserleitung aus dem Gletscherschigebiet Rettenbachferner die Einleitungsstelle der Abwässer in den Rettenbach talwärts verlegt wurde und somit deren Auswirkungen auf den Bach bei der Untersuchung im Jahre 1990 nicht erfaßt worden sind. Trotzdem konnten an der Entnahmestelle Tenside nachgewiesen werden, was auf einen gewissen Einfluß kommunaler Abwässer hindeutet. Diese Tatsache deckt sich mit den bakteriologischen Befunden insofern, als das Wasser von dieser Entnahmestelle durch das Hygieneinstitut der Universität Wien als "sehr keimreich mit massiver Fäkalverunreinigung" beurteilt wurde (Escherichia Coli: 200, Enterokokken: 200). Weiters muß der Gehalt von 0,16mg/l an Gesamtkohlenwasserstoffen (C-H), der über dem Richtwert der Immissionsrichtlinie für Fließgewässer von 0,1 mg/l liegt, als bemerkenswert bezeichnet werden. Dieses Ergebnis korreliert mit der Überblicksanalyse der Pistenrandprobe, bei der Mineralölprodukte analytisch nachzuweisen waren und wo auf der geschmolzenen Probe ein Ölfilm festzustellen war. Ob es sich dabei um eine

permanente oder nur temporäre Belastung handelt, kann aufgrund der vorhandenen Resultate nicht festgestellt werden.

#### *Gletscherbach 2 (G3/2–90)*

Beim anderen beprobten Gletscherbach des Rettenbachfernern (G3/2–90) lagen die Gehalte an anorganischen Inhaltsstoffen (Ausnahme: Sulfat, Nitrat) zum Teil noch unter jenen des Gletscherbaches 1 (G3/1–90). Der Vergleich des Ionengehaltes des Gletscherbaches (G3/2–90) mit den Untersuchungsergebnissen Schwarzsee und Gaislacher See zeigt keine nennenswerten Unterschiede. Auffallend ist allerdings das Vorhandensein einer geringen Konzentration an Kohlenwasserstoffen sowie die im Vergleich zum Gletscherbach 1 höheren Gehalte an anionenaktiven Tensiden (MBAS).

Die bakteriologische Untersuchung ergab, daß das Wasser auch dieses Gletscherbaches (G3/2–90) sehr keimreich war (Escherichia Coli und Enterokokken konnten nicht nachgewiesen werden). Eine Fäkalverunreinigung war allerdings nicht feststellbar.

### Organische Überblicksanalyse

#### *Referenzprobe (R3/4–90)*

Identifiziert wurden Phthalate, Phosphorsäureester, Carbonsäureester, alkylierte Phenole, Alkane und ein Terpen. Die Phthalate und die Phosphorsäureester haben hauptsächlich Butylgruppen als Estergruppierung. Die Carbonsäure-Ester bestehen aus Carbonsäuren mit Kettenlängen von 8 bis 18 Kohlenstoffatomen und verschiedenen langen Estergruppierungen. Die Alkane haben Kettenlängen von 10 und 16 bis 30 Kohlenstoffatomen (Gesamtkonzentration 5 – 10 ppb). Die Untergrundbelastung ist mäßig.

#### *Pistenrandprobe (PR3–90)*

Die Probe ist organisch stark belastet. Die Untergrundbelastung ist sehr hoch, auch die Alkankonzentration von 70 – 75 ppb ist beachtlich (Alkane mit Kettenlängen von 10 bis 30 Kohlenstoffatomen). Auffällig sind auch die vielen Naphthalenderivate, die in relativ hohen Konzentrationen auftreten.

#### *Vergleich*

Der Vergleich der beiden Chromatogramme zeigt eindeutig die starke Verunreinigung der Pistenrandprobe. Vor allem der hohe Untergrund und die ca. siebenfache Erhöhung der Alkankonzentration gegenüber der Referenzprobe, gemeinsam mit dem Auftreten der Naphthalenderivate, sind als Hinweis auf petrochemische Produkte zu werten, ebenso wie ein schimmernder Ölfilm auf der geschmolzenen Pistenrandprobe.

Somit konnte die starke Verunreinigung der Pistenrandprobe aus dem Jahr 1989 verifiziert werden. Die hohe Basisbelastung und die Alkane sind daher keine einmalige Verschmutzung, sondern scheinen durch lokalen Eintrag verursacht zu sein. Da am sehr nahe gelegenen Tiefenbachferner keine derartigen Verunreinigungen gefunden wurden, scheidet eine großräumige Beeinträchtigung (z.B. Ferneintrag) des Gebietes aus.

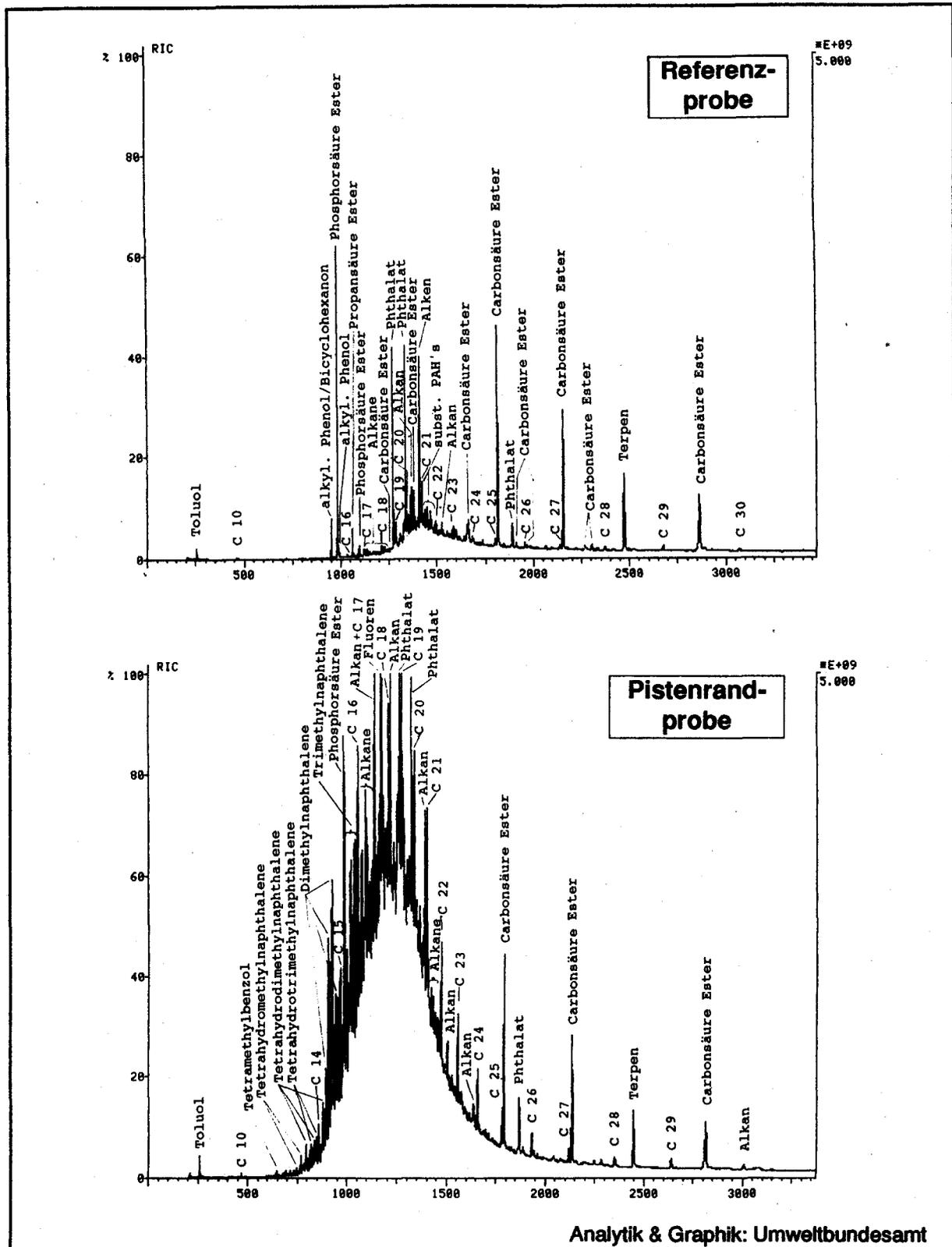


Abb. 37: Intensitätsgleiche Abbildungen der Chromatogramme der Referenzprobe R3/4-90 (oben) und der Pistenrandprobe PR3-90 (unten) des Rettenbachferners

### 5.3.5 Zusammenfassung der Untersuchungen

Die Probenahme am Rettenbachferner wurde in den Jahren 1989 und 1990 durchgeführt. Am Tiefenbachferner konnten wegen einer Zufahrtssperre im Jahre 1990 keine Proben entnommen werden. 1989 waren auf beiden Fernern je ein Gletscherbach, 1990 waren zwei Gletscherbäche am Rettenbachferner zugänglich. Aufgrund der geographischen Lage schien eine gemeinsame Referenzstelle zweckmäßig.

Die Analysendaten der Ionen in den Pistenproben bewegen sich mit einigen Ausnahmen (z.B. Magnesium, Ammonium) durchwegs in dem in der Literatur angegebenen Schwankungsbereich. Was schon beim Mittelberg/Brunnenkogelferner festgestellt wurde, nämlich im allgemeinen niedrigere Ionenanteile im August als im Oktober, dürfte mit dem Schmelzvorgang auf dem Gletscher im Zusammenhang stehen.

Wenngleich die im Jahre 1989 erhaltenen Analyseergebnisse für die einzelnen Ionen in den Pistenproben gegenüber der Referenzprobe geringfügig erhöht waren, kann daraus unter Berücksichtigung der geringen Absolutwerte und dem recherchierten Schwankungsbereich nicht der Einsatz von chemischen Präparierungsmitteln zum Zeitpunkt der bzw. vor der Probenahme abgeleitet werden.

Die im August 1990 entnommenen Schneeproben wurden auch auf ihren Bleigehalt untersucht. Es wurden in Relation zu den anderen Gletschern (z.B. Mittelberg/Brunnenkogelferner) relativ hohe Werte festgestellt, die auf lokale Einflüsse hindeuten.

Die organische Überblicksanalyse bei den Proben vom Rettenbachferner zeigte deutliche Unterschiede zwischen Referenz- und Pistenrandprobe, die durch die Ergebnisse der zweiten Probenahme bestätigt wurden. Da weder an der Referenzstelle, noch am benachbarten Tiefenbachferner eine Verunreinigung gleichen Ausmaßes festgestellt wurde, muß ein lokaler Verursacher vorhanden sein.

Die Wasserqualität der Gletscherbäche war im Jahre 1989 durch die nachweisbare Einleitung von Abwasser geprägt. Bauliche Maßnahmen zur Abwasserentsorgung führten im Jahre 1990 zu einer deutlichen Verbesserung der Wasserbeschaffenheit des Gletscherbaches (G3/1-90), wenngleich noch immer Verunreinigungen nachgewiesen werden konnten.

5.4 Hochstubaier – Stubaialtal



Probenahmestellen:

△ Referenzprobe

□ Gletscherbachprobe

Einzelprobe für die Mischproben:

○ Piste

◇ Pistenrand

☆ Umfeld

Abb. 38: Kartenausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr.3111 'Stubaier Alpen – Hochstubaier', 1:25.000, 9. Ausgabe 1988, Gletscherstand: 1970. Die Aufstiegshilfen Rotadlift, Übunglift Fernau und Übunglift Schaufelschuß sind noch nicht eingezeichnet.

### 5.4.1 Infrastruktur und Besucherzahlen

Das Gletscherschigebiet Hochstubai liegt im Talschluß des Stubaitales, einem Seitental des Wipptales. Es werden insgesamt 5 Gletscher der Stubaier Alpen für den Schilauflauf genutzt. Die Talstation der Stubaier Gletscherbahnen liegt bei der Mutterberg Alm in ca. 1750 m Höhe. Heute befinden sich hier auch mehrere Hotels.

Von hier führen zwei Kabinenbahnen (eine Einseil- und eine Zweiseilumlaufbahn) bis zur Mittelstation bei der Dresdner Hütte, einem Alpenvereinshaus in ca. 2300 m Höhe. Diese Mittelstation liegt noch außerhalb der Gletschervorfelder. Die Einseilumlaufbahn wurde in Hinblick auf Erhöhung der Beförderungskapazität Ende 1990 umgebaut. Mit der Dresdner Hütte besteht eine Übernachtungsmöglichkeit im Schigebiet.

Bei der Mittelstation befindet sich der 'Übungslift Fernau'. Von hier aus wird mit zwei Schleppliften – 'Fernau' und 'Fernauferner' – der Fernauferner erschlossen. An der Umstiegsstelle befindet sich mit der 'Bödele Hütte' eine Einkehrmöglichkeit.

Die 2. Sektion – 'Eisgrat' – der Zweiseilumlaufbahn führt von der Mittelstation weiter zur Bergstation 'Eisgrat', welche zwischen Schaufelferner und dem Bildstöcklteil des Daunkogelferners in 2850 m Höhe liegt. Von hier führt der Schlepplift 'Eisjoch II' zum Bildstöckljoch, 3133 m. Von Station und Restaurant 'Eisgrat' führt für Fußgänger ein markierter Weg zum Joch. Bei der Station 'Eisgrat' ist der 'Übungslift Schaufelschuß' aufgestellt.

Parallel zum Schlepplift 'Eisjoch II' werden die Schlepplifte 'Eisjoch I' und 'Eisjoch III' zum Bildstöckljoch geführt. Deren Einstiegsstellen befinden sich jedoch beim Restaurant 'Gamsgarten', das in etwa 2600 m Höhe im Gletschervorfeld des Daunkogelferners steht. Dieser Bereich des Gletscherschigebietes kann auch mit der Doppelsesselbahn 'Gamsgarten' erreicht werden. Von hier aus ist über die Tourenabfahrt durch die 'Wilde Grube' auch die Talstation bei der Mutterberg Alm erreichbar.

Vom Restaurant 'Gamsgarten' ist mit der 1989 errichteten 4er Sesselbahn 'Rotadel' der Daunkogelferner erreichbar. Am Daunkogelferner befindet sich der Schlepplift 'Daunferner'. Der Daunkogelferner kann auch vom Bildstöckljoch aus mit der Doppelsesselbahn 'Daunferner' und durch einen kurzen Tunnel erreicht werden. Hier wird mit etwa 3200 m der höchste Punkt des Schigebietes erreicht.

Diese Lifтанlage befindet sich bereits im Windachtal, das bei Sölden in das Ötztal mündet. Auf dem Windacher Ferner ist nur im obersten Teil der kurze Schlepplift 'Windacher Ferner' aufgebaut. Der Windacher Ferner grenzt an den Gaißkarferner, wo der gleichnamige Schlepplift die ganze Gletscherlänge nützt. Im Bereich des Bildstöckljochs befindet sich das Restaurant 'Jochdohle'.

#### *Betriebszeiten der Lifтанlagen:*

Ganzjährig sind die Zubringerbahnen zur Station 'Eisgrat' in Betrieb. Zum Schilauflauf sind die 'Eisjoch'–Lifte – jedoch nicht alle und je nach Schneelage mit höher gelegtem Einstieg – in Betrieb. Weiters wird auch der Schlepplift 'Gaißkarferner', ebenfalls mit nach oben verlegtem Einstieg, betrieben. Die übrigen Anlagen – am Fernau- und Daunkogelferner – sind etwa von Oktober bis April/Mai eingeschaltet. Geplant ist, die Anlagen am Daunkogelferner mit nach oben verlegtem Einstieg auch im Sommer im Betrieb zu lassen.

**Tab. 39: Seilbahnen und Lifte des Gletscherschigebietes Hochstubaï – Stubaïtal**  
(Quelle: Seilbahnen und Lifte in Tirol, Stand 1.4.1990 und Unterlagen der  
Betreibergesellschaft, Stand Nov. 1990)

Liftbezeichnung	Typ	Höhen- diff.	schräge Länge	Kapazität Pers./h	Sommer- betrieb	An- trieb
1 ZUB Dresdnerhütte <sup>1</sup>	ZUB	541m	1925m	1200	ja <sup>1</sup>	E
2 EUB Dresdnerhütte <sup>1</sup>	EUB	546m	1904m	1385	ja <sup>1</sup>	E
3 Eisgrat	ZUB	595m	2340m	1200	ja <sup>1</sup>	E
4 Gamsgarten	DSB	419m	1904m	2700	–	E
5 Rotadl	4SB	383m	1284m	1165	–	E
6 Fernau	SCHL	275m	925m	1188	–	E
7 Fernauferner	SCHL	452m	1962m	1200	–	E
8 Übungslift Fernau	SCHL	22m	137m	677	–	E
9 Eisjoch I	SCHL	518m	2292m	1300	ja <sup>2</sup>	E
10 Eisjoch II	SCHL	227m	1076m	1200	ja <sup>2</sup>	E
11 Eisjoch III	SCHL	498m	2150m	1200	ja <sup>2</sup>	E
12 Übungslift Schaufelschuß	SCHL	130m	300m	– <sup>3</sup>	–	E
13 DSB Daunferner	DSB	110m	374m	1433	–	E
14 SCHL Daunferner	SCHL	327m	1612m	1440	–	E
15 Windacher Ferner	SCHL	23m	167m	712	–	E
16 Gaißkarferner	SCHL	231m	1023m	1250	ja <sup>4</sup>	E
<b>Summe</b>		<b>5297m</b>	<b>21375m</b>	<b>19250</b>		
<b>Summe ohne Zubringerbahnen</b>		<b>4210m</b>	<b>17546m</b>	<b>16665</b>		

E: elektr. Antrieb  
ZUB: Zweiseilumlaufbahn, EUB: Einseilumlaufbahn, DSB: Doppelsesselbahn, 4SB: Vierersesselbahn  
SCHL: Schilift  
<sup>1</sup> Zubringerbahn, im Winter Tourenabfahrt möglich; <sup>2</sup> nicht alle 'Eisjoch'-Schlepplifte in Betrieb,  
Einstieg nach oben verlegt; <sup>3</sup> keine Angaben vorhanden; <sup>4</sup> Einstieg nach oben verlegt

Im August 1990 war für mehrere Wochen aufgrund Schneemangels der Schibetrieb gänzlich eingestellt.

Erstmals war im Juni 1990 der Betrieb zu Revisionszwecken gänzlich geschlossen.

#### Ausbaupläne:

Von den Gletscherbahnen wird derzeit eine Kabinenbahn von der Mittelstation zum Bereich 'Gamsgarten' gebaut.

Weiters sind nach Auskunft der Gletscherbahnen vor allem ein Parallelschlepplift am Daunkogelferner, der Ausbau des Schleppliftes 'Windacher Ferner' und der Ersatz des Schleppliftes 'Fernau' durch eine Sesselbahn geplant.

Bezüglich der Beschneiungsanlagen wird ein Ausbau der Anlagen zur Beschneiung der Piste zwischen Mittelstation und 'Gamsgarten' sowie von Pisten im Vorfeld des Schauelferners angestrebt. Hierfür wäre nach Auskunft der Gletscherbahnen genügend Wasser in den gegenwärtigen Becken vorhanden.

#### *Parkplätze:*

Bei der Talstation sind ca. 2700 PKW-Stellplätze und etwa 60 weitere Busparkplätze vorhanden. Das Schigebiet ist auch mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar. Zusätzlich wurden nach Angabe der Gletscherbahnen im Jahr 1990 für Buszubringer ca. 7 Mio. öS von seiten des Schigebietes ausgegeben.

#### *Beschäftigte:*

In der Hauptsaison sind ca. 160 Personen im Gletscherschigebiet Hochstubai beschäftigt. Etwa 30 Personen sind Saisonkräfte.

#### *Pistenpräparierung:*

Nach Auskunft der Gletscherbahnen werden keine chemischen Mittel zur Pistenpräparierung verwendet. Dies gilt auch für das Rennlauftraining. Nach Angabe der Gletscherbahnen sind präparierte Pisten mit einer Gesamtfläche von etwa 1,8 km<sup>2</sup> (Stand vor Inbetriebnahme der 'Rotadel'-Bahn) vorhanden.

Beschneiungsanlagen existieren bei der Abfahrtspiste beim Daunkogelferner und bei den Anlagen und der Piste der 'Eisjoch'-Lifte. Nach Auskunft der Gletscherbahnen werden etwa 15,6 ha künstlich beschneit. Das Wasser wird Teichen beim Restaurant 'Gamsgarten' entnommen. Diese waren als 'Eissee' bereits vorhanden und wurden künstlich erweitert.

#### *Pistengeräte:*

Die Wartung der Pistengeräte erfolgt in Garagen, die mit entsprechenden Anlagen (u.a. dichter Boden, Ölabscheider) ausgestattet sind. Es wird angestrebt, alle Pistenraupen in Garagen unterzubringen. Der Betrieb von Pistengeräten mit biologisch abbaubaren Ölen wird erprobt.

Nach Angabe der Gletscherbahnen haben die Fahrer der Pistenraupen bei Schlauchplätzen die Anweisung, den verschmutzten Schnee zu sammeln und über die Ölabscheider zu entsorgen.

#### *Energieversorgung:*

Nach Angabe der Gletscherbahnen werden alle Liftanlagen elektrisch betrieben. Die Zubringerleitungen sind im allgemeinen im Boden verlegt. Von der Station 'Eisgrat' wird ein Kabel auf Stützen zum Bildstöckljoch geführt. Die Versorgung der Anlagen am Daunkogelferner erfolgt vom Joch aus mit einem freihängenden Kabel. Gleiches gilt für die Versorgung des Schleppliftes am Gaißkarferner.

In den Anlagen 'Gamsgarten', 'Eisgrat', Mittel- und Talstation wird auch elektrisch geheizt. In den Verpflegungsstationen 'Jochdohle' und 'Bödele Hütte' wird mit Gas gekocht.

**Wasserversorgung und Abwasserentsorgung:**

Zur Wasserversorgung werden drei Quellen beim Eisseer in der Nähe des Restaurants 'Gamsgarten' verwendet. Zu den Restaurants 'Eisgrat' und 'Gamsgarten' bestehen Leitungen, wobei 'Gamsgarten' eine Trinkwasser- und eine Brauchwasserversorgung besitzt. Die Mittelstation besitzt keine Trinkwasserversorgung, für die Brauchwasserversorgung wird Wasser im Bereich östlich der Station gefaßt. Die Verpflegungsstationen 'Jochdohle' und 'Bödele Hütte' werden mit Tanks versorgt.

Das Gletscherschigebiet besitzt eine biologische Kläranlage bei der Mittelstation der Gletscherbahnen. Die Restaurants 'Eisgrat' und 'Gamsgarten' sind mit einem Kanal angeschlossen. Ebenso ist auch die Dresdner Hütte an die Kläranlage angeschlossen. In der Station 'Eisgrat' befindet sich auch ein Zwischenspeicher für die zu klärenden Abwässer. Bei dieser Verpflegungsstation befindet sich eine WC-Anlage mit einer Wasserrwiederaufbereitung. Die Reststoffe werden zur Station 'Eisgrat' transportiert und dort in die Kanalanlage eingeleitet.

Der in der Kläranlage bei der Mittelstation anfallende Schlamm wird per Bahn in die Talstation transportiert.

Die Kläranlage bei der Mittelstation ist auf eine Kapazität von bis zu – kurzfristig – 10000 Besuchern ausgelegt. Derzeit ist die Anlage nach Angabe der Gletscherbahnen bei etwa 8000 bis 9000 Besuchern am Limit. Im Bereich der Talstation (Mutterberg Alm) gibt es eine Abwasserreinigungsanlage; es besteht jedoch die Absicht zum Bau eines Kanals nach Fulpmes zur Ableitung der anfallenden Abwässer.

**Besucher:**

Tabelle 40 zeigt die Bergfahrten auf der 1.Sektion der Gletscherbahn als Besucherzahlen pro Jahr.

*Tab. 40: Besucher des Gletscherschigebietes Hochstubai (Zahl der Besucher pro Monat = Zahl der ab Tal bergwärts beförderten Personen: 1.Sektion der Gletscherbahnen; Quelle: Amtliche Eisenbahnstatistik der Republik Österreich)*

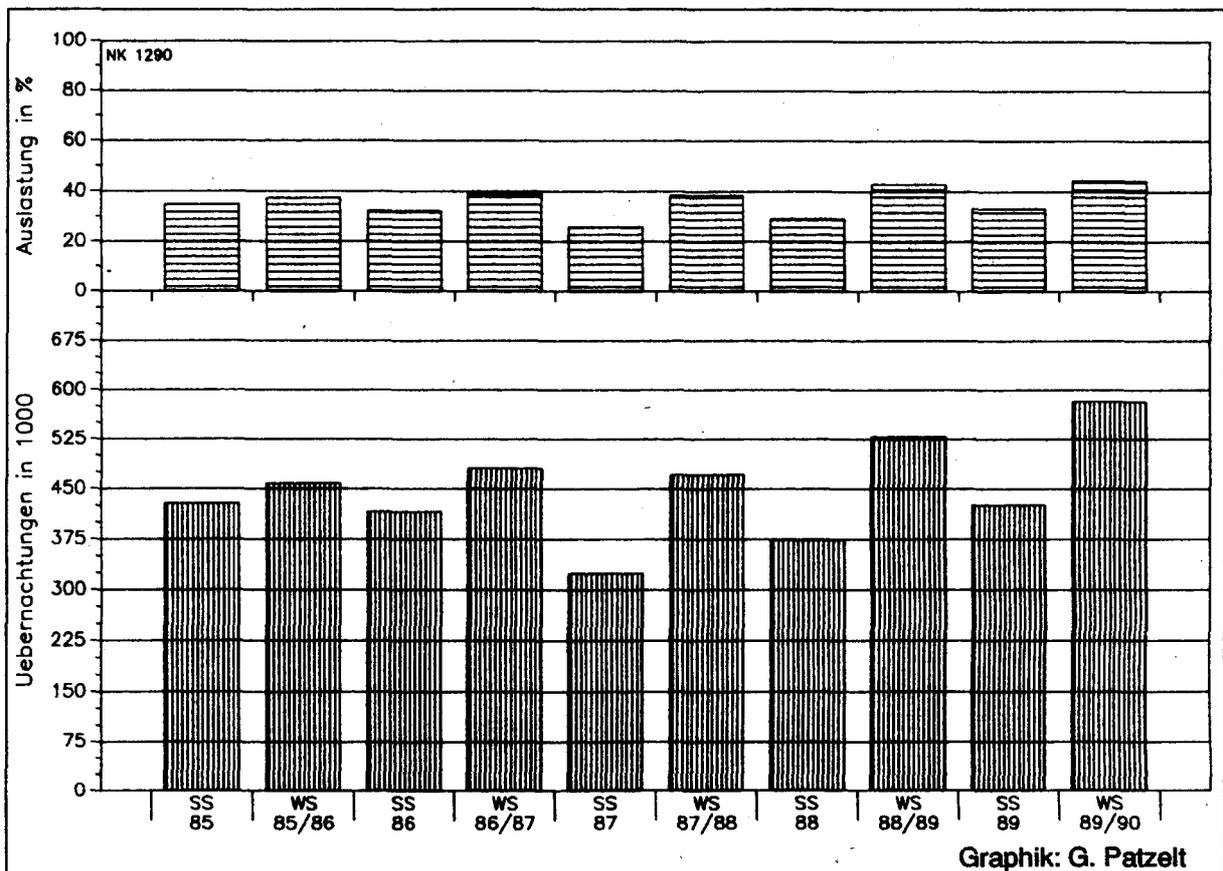
<i>Jahr</i>	<i>Besucher</i>	<i>Jahr</i>	<i>Besucher</i>
<i>1989</i>	<i>980 724</i>	<i>1987</i>	<i>701 591</i>
<i>1988</i>	<i>732 930</i>	<i>1986</i>	<i>687 254</i>

Die Schneearmut der letzten Winter hat auch im Gletscherschigebiet Hochstubai zu starken Besuchersteigerungen geführt.

Mit etwa 11 000 Personen wurde im März 1989 der Tagesbesucherrekord verzeichnet. Nach Angabe der Gletscherbahnen gelten 6000 bis 7000 Personen als eine sehr gute Besucherzahl. An solchen Tagen sind nach Schätzungen der Gletscherbahnen bis zu einem Drittel der Besucher Snowboard-Fahrer.

#### Nächtigungszahlen der Gemeinde Neustift:

Abbildung 39 zeigt für die Gemeinde Neustift die saisonalen Nächtigungsziffern und die prozentuelle Bettenauslastung. Neustift weist ca. 7300 Betten auf. Bei den Übernachtungszahlen besteht ein Verhältnis von etwa 2:3 zwischen Sommer- und Wintersaison. Noch 1985 war die Saisonauslastung zu beiden Jahreszeiten etwa gleich. Die Bettenauslastung erreichte in der Wintersaison 1989/90 knapp 45 %. Diese Wintersaison zeigt keine wesentliche Nächtigungszunahme bzw. deutliche Änderungen bei der Auslastung. Dies überrascht, da bei den Besucherzahlen im Gletscherschigebiet für den gleichen Zeitraum doch deutliche Zuwachsraten festzuhalten sind.



**Abb. 39:** Saisonale Übernachtungszahlen, absolut, und Bettenauslastung, in Prozent, in der Gemeinde Neustift: Sommersaison 1985 – Wintersaison 1989 (Quelle: Der Fremdenverkehr in Österreich etc.. In: Beiträge zur Österreichischen Statistik; Der Fremdenverkehr im Winterhalbjahr 1989/90, Vorläufige Ergebnisse für Tirol, In: Veröffentlichungen des Sachgebietes Statistik des Amtes der Tiroler Landesregierung)

### 5.4.2 Die Gletscher des Schgebietes

#### Geologie:

Das Gebiet der Stubaier Gletscherbahnen gehört zur Ötztaler Masse. Im Bereich des Gletscherschgebietes stehen Paragneise an. Weite Bereiche sind von Moränenmaterial bedeckt.

#### Beschreibung:

Insgesamt werden vom Gletscherschgebiet Hochstubaier 5 Gletscher genutzt. Während Fernau-, Schaufel- und Daunkogelferner in die Ruetz entwässern, fließen die Schmelzwässer von Windacher und Gaißkarferner zuerst in die Windache und dann weiter in die Ötztaler Ache.

Tab. 41: Gletscher des Schgebietes Hochstubaier (Quelle: Österr. Gletscherinventar)

Gletscher	Exp.	Fläche	höch.P.	tief.P.	max.Länge	SG 2:1	Fl.Änd.	SG Änd.	
Fernau- ferner	1969	N	1,888km <sup>2</sup>	3290m	2590m	2,2km	2860m	-41,2%	+30m
	1850	N	3,210km <sup>2</sup>	3320m	2300m	3,0km	2830m	-	-
Schaufel- ferner	1969	NE	0,919km <sup>2</sup>	3200m	2700m	1,6km	2890m	-43,1%	+120m
	1850	NE	1,614km <sup>2</sup>	3280m	2360m	2,8km	2770m	-	-
Daunkogel- ferner	1969	NE	2,195km <sup>2</sup>	3260m	2640m	2,4km	2860m	-48,5%	+80m
	1850	NE	4,262km <sup>2</sup>	3330m	2370m	3,3km	2780m	-	-
Gaißkar- ferner	1969	SE	0,751km <sup>2</sup>	3190m	2890m	1,1km	3040m	-	-
	1850 <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
Windacher Ferner	1969	SW	0,520km <sup>2</sup>	3160m	2780m	1,2km	2980m	-39,8% <sup>4</sup>	+50m
	1850 <sup>3</sup>	SW	1,814km <sup>2</sup>	3280m	2560m	1,9km	2930m	-	-
Summe	1969	-	6,273km <sup>2</sup>	3290m	2590m	-	Ø 2865m <sup>6</sup>	-44,9% <sup>5</sup>	+70m <sup>5</sup>
	1850 <sup>5</sup>	-	9,086km <sup>2</sup>	3330m	2300m	-	Ø 2795m <sup>5</sup>	-	-

Exp.: Exposition, N: Nord, NE: Nord-Ost, SE: Süd-Ost, SW: Süd-West,  
 SG: Schneegrenze, SG 2:1: siehe Kap. 2.1.2  
<sup>1</sup> keine Werte vorhanden; <sup>3</sup> hing' 1850' mit dem Warenkarferner zusammen; <sup>4</sup> Warenkarferner mitberücksichtigt (ohne Warenkarferner: -71,3%); <sup>5</sup> nur Fernau-, Schaufel- und Daunkogelferner; <sup>6</sup> nur Fernau-, Schaufel- und Daunkogelferner, mit Gletscherflächen gewichtet; alle Gletscher 1969 : 2895m

Alle Gletscher weisen mittlere Neigungen auf, zeigen kaum markante Bereiche wie Gletscherbrüche und sind eher spaltenarm. Der Daunkogelferner weist zwei Zungen auf, wobei die westliche Zunge auch 'Bildstöckferner' genannt wird. Im Firnbereich hängen Schaufel- und Daunkogelferner zusammen.

Das Österreichische Gletscherinventar weist für die drei nord- bis nordostexponierten Gletscher – Fernau-, Schaufel- und Daunkogelferner – eine Schneegrenzhöhe im Mittel von 2870 m – zwischen 2860 m bis 2890 m – aus, während für die beiden südwest- bzw. südostexponierten Gletscher – Windacher und Gaißkarferner – mit etwa 3000 m – 2980 m und 3040 m – eine deutlich höherliegende Schneegrenze festgehalten ist.

Bei etwa gleich hohem Gipfelbereich führt dieser expositionsbedingte Unterschied der mittleren Schneegrenzhöhe dieser beiden Gletschergruppen zu deutlichen Unterschieden in der Gletschergröße: Fernau-, Schaufel- und Daunkogelferner: 0,9 bis 2,2 km<sup>2</sup>, Windacher und Gaißkarferner: 0,5 bis 0,7 km<sup>2</sup>.

#### Größenänderungen:

Das Österreichische Gletscherinventar weist für alle durch das Schigebiet genutzten Gletscher eine Fläche von zusammen 6,273 km<sup>2</sup> aus. Gegenüber '1850' weisen alle Gletscher einen Flächenverlust von etwa 40 % bis 50 % auf.

Für die Mehrzahl der genutzten Gletscher liegen Gletscherzungenmessungen des Meßdienstes des Österreichischen Alpenvereins vor. Der Daunkogelferner wird nach ersten Messungen in den 1890er Jahren seit den 1920er Jahren kontinuierlich beobachtet. In Abbildung 40 sind die Meßergebnisse seit 1960 dargestellt. Nach etwa 40 Jahren mit durchgehenden Längenverlusten – der Negativrekord wurde 1947 mit –48,3m gemessen –, wurde 1965/66 erstmals ein Vorstoß registriert. Ein 8 Jahre andauernder Vorstoß mit einem Vorrückungsbetrag von insgesamt 44,6 m wurde um 1980

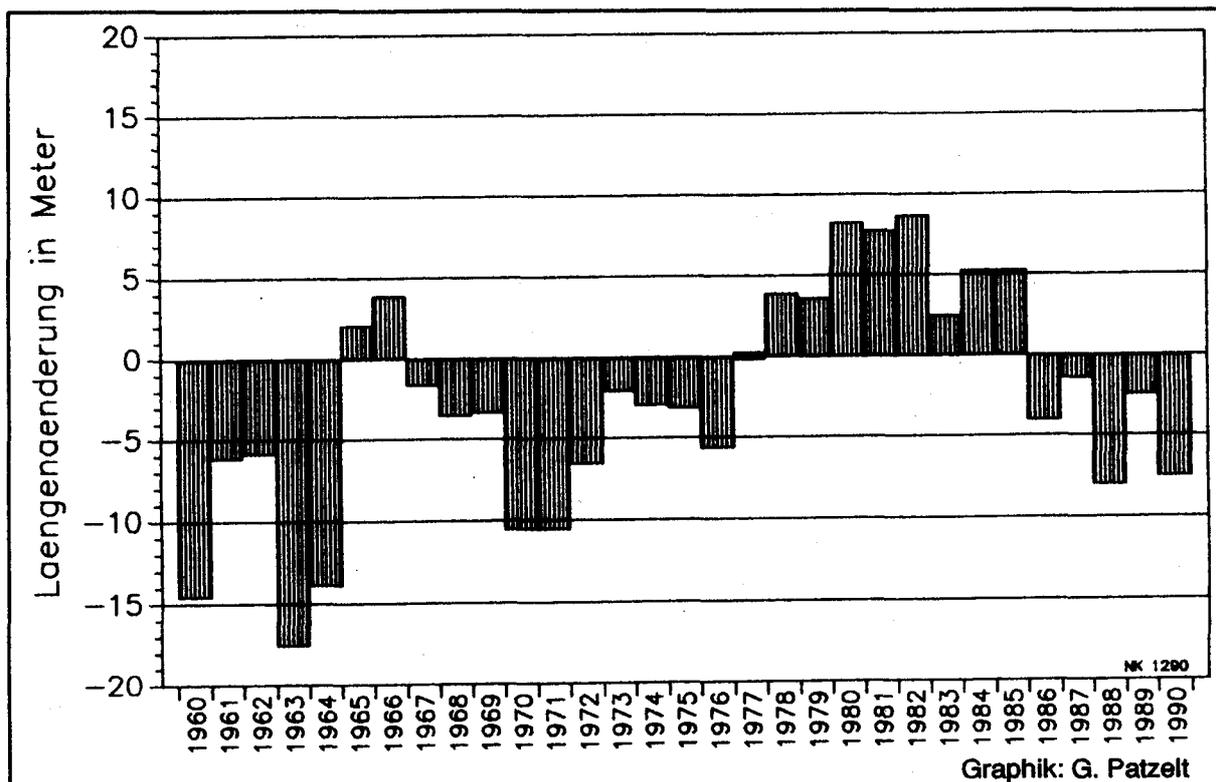
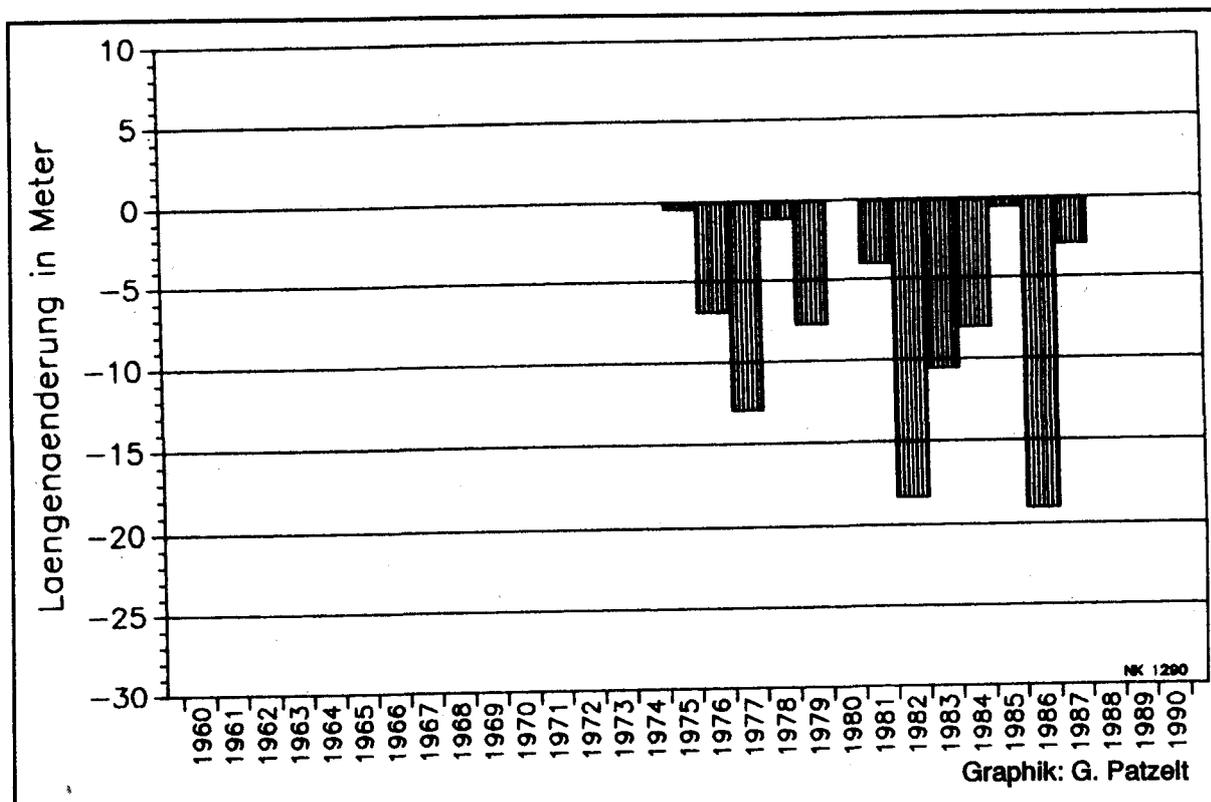


Abb. 40: Längenänderung des Daunkogelferners im Vergleich zum Vorjahr: Die Meßergebnisse der Jahre 1960 – 1990 (Quelle: Publikationen und Jahresberichte des Gletschermessdienstes des ÖAV)

beobachtet. Mit diesem Verhalten steht der Daunkogelferner in gutem Einklang mit dem Mittel der Alpengletscher. Dargestellt sind in Abbildung 40 die Beobachtungen an der Hauptzunge. Der Bildstöckljochteil dieses Gletschers – siehe Abbildung 41 – wies seit den 1970er Jahren nur Längenverluste auf.

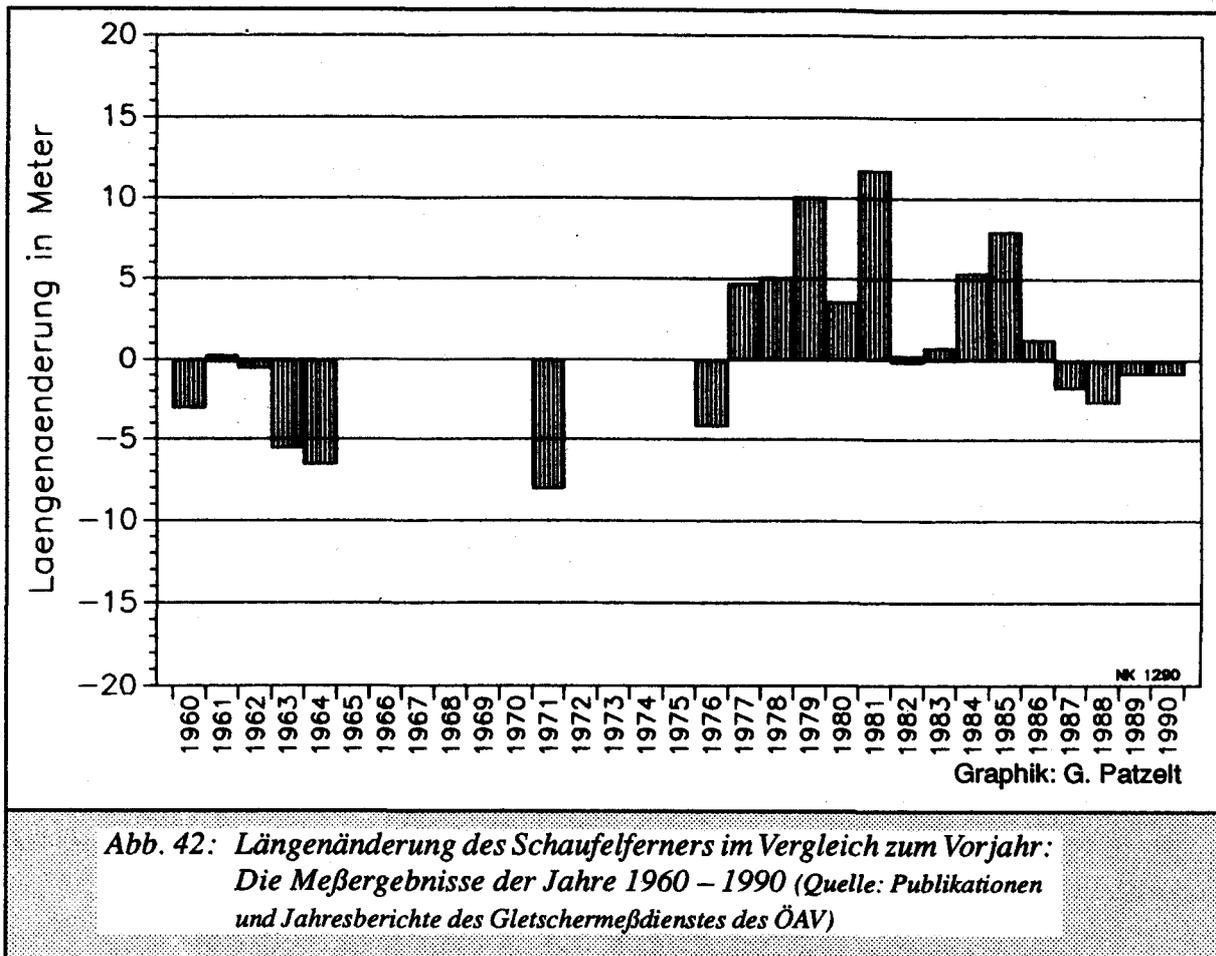


**Abb. 41: Längenänderung des Daunkogelferners–Bildstöcklteil im Vergleich zum Vorjahr: Die Meßergebnisse der Jahre 1960 – 1990**  
(Quelle: Publikationen und Jahresberichte des Gletschermessdienstes des ÖAV)

Die Meßreihe des Schaufelferners beginnt ebenfalls in den 1920er Jahren. Hier wurde der größte Rückzugsbetrag 1953 mit  $-106,3$  m beobachtet. Die Zunge des Schaufelferners war Ende der 1960er Jahre wiederholt schneebedeckt, deshalb weist hier die Beobachtungsreihe eine Lücke auf. Anfang der 1970er Jahre fielen die Messungen aus. Um 1980 stieß auch der Schaufelferner um insgesamt  $49,9$  m vor.

Der Fernauferner rückte in der zweiten Hälfte der 1970er Jahre z.T. deutlich vor. In den 1980er Jahren zeigte dieser Gletscher ein insgesamt stationäres Verhalten.

Für den Windacher Ferner liegen keine neueren Angaben über Größenänderungen vor. Für den Gaißkarferner sind Längenänderungswerte ab dem Jahr 1984 vorhanden. Diese zeigen ein Zurückweichen dieses Gletschers um bis zu  $7,2$  m pro Jahr an. In den Jahren 1985 und 1989 war der Gaißkarferner stationär.



**Abb. 42: Längenänderung des Schaufelferners im Vergleich zum Vorjahr:  
Die Meßergebnisse der Jahre 1960 – 1990 (Quelle: Publikationen  
und Jahresberichte des Gletschermessdienstes des ÖAV)**

#### Genutzte Flächen:

Insgesamt werden vom Schigebiet etwa 3 km<sup>2</sup> Gletscherfläche für Pisten und freie Abfahrten genutzt. Dies sind knapp 50% der Fläche der fünf betroffenen Gletscher. Von Schaufel- und Daunkogelferner werden etwa 1,9 km<sup>2</sup> oder ca. 60%, vom Gaißkarferner etwa 0,4 km<sup>2</sup> oder ca. 55% der Gesamtfläche genutzt. Relativ gering ist mit 0,7 km<sup>2</sup> oder nur etwa 35% des Gesamtareals die für Piste und freie Abfahrt verwendete Fläche des Fernauferners. Sehr klein ist mit ca. 0,05 km<sup>2</sup> oder 10% der Gesamtfläche das durch das Schigebiet genutzte Areal des Windacher Ferners. Hier befinden sich nur am obersten Gletscherteil Anlagen.

HAIMAYER (1987a) weist für das Schigebiet Hochstubai – noch ohne den Schlepplift 'Daunferner' – eine erschlossene Gletscherfläche von 2,35 km<sup>2</sup> aus.

Im Sommer findet Schilauflauf nur auf den oberen Teilen von Schaufel- u. Gaißkarferner statt. Dabei wird eine Fläche von etwa 0,3 km<sup>2</sup> oder 5% der Gesamtfläche aller erschlossenen Gletscher bzw. ca. 10% der im Winter genutzten Flächen befahren. Langlaufloipen werden derzeit im Schigebiet Hochstubai keine angelegt.

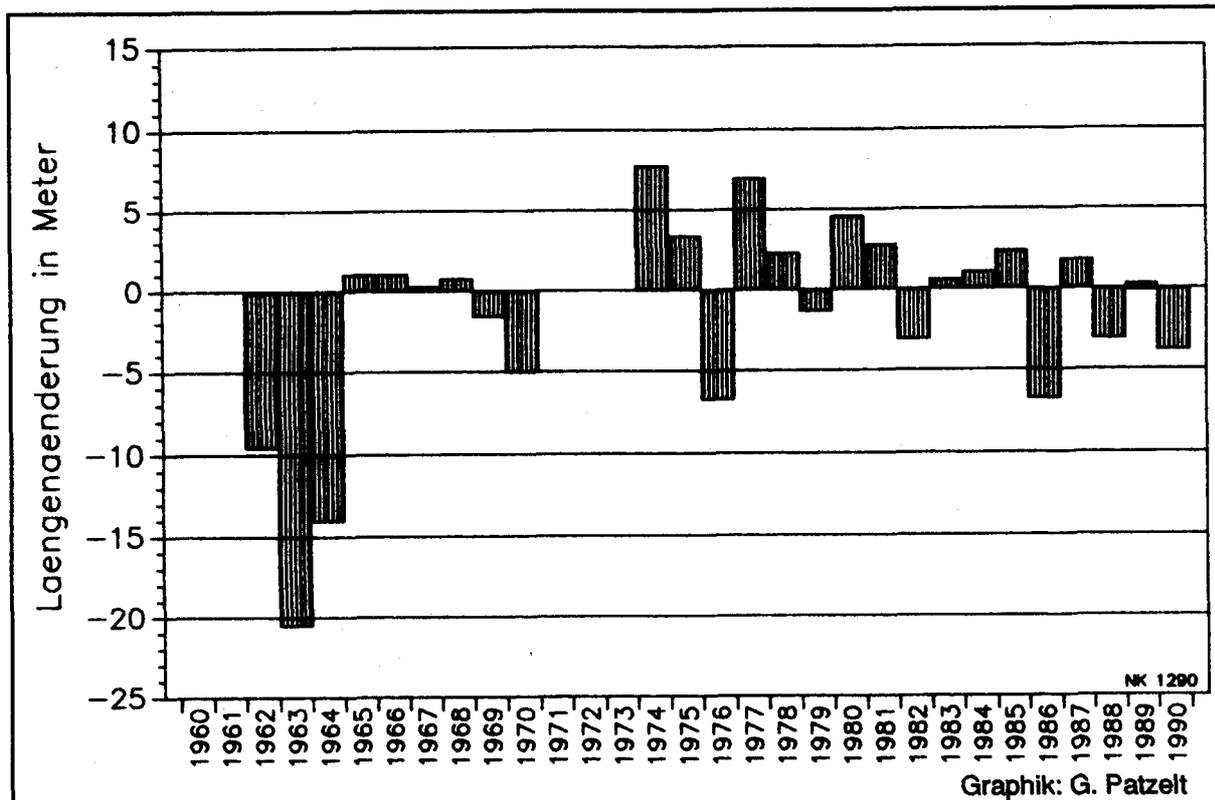


Abb. 43: *Längenänderung des Fernaufnerers im Vergleich zum Vorjahr: Die Meßergebnisse der Jahre 1960 – 1990 (Quelle: Publikationen und Jahresberichte des Gletschermessdienstes des ÖAV)*

### 5.4.3 Untersuchung 1989

Die Probenahme wurde am 8.10.1989 durchgeführt.

Zum Zeitpunkt der Probenahme herrschte reger Trainingsbetrieb.

Sechs Einzelproben für die Pistenprobe (P5–89) wurden in Seehöhen von 2850 – 3050m entnommen; für die Pistenrandprobe (PR5–89) wurden Schneeproben in Seehöhen zwischen 2900 und 3050 m gezogen. Das Restaurant Eisgrat – gleichzeitig Bergstation der Zweiseilumlaufbahn – liegt in 2850 m Seehöhe und ist direkt vom Schaufelferner umgeben. Aus dem Umfeld des Restaurants wurde eine Probe (U5–89), bestehend aus vier Einzelproben (Seehöhe: 2850 m), gezogen. Neben der Referenzprobe (R5–89), die vom Gaißkarferner unterhalb der Schaufelspitze stammt (Seehöhe: ca. 3100 m), wurden noch zwei Gletscherbäche beprobt: der Fernaubach (G5/1–89) in einer Seehöhe von knapp 2300 m unterhalb der Dresdner Hütte und der zweite Gletscherbach (G5/2–89) im Bereich des Restaurants Gamsgarten (Seehöhe ca. 2600 m).

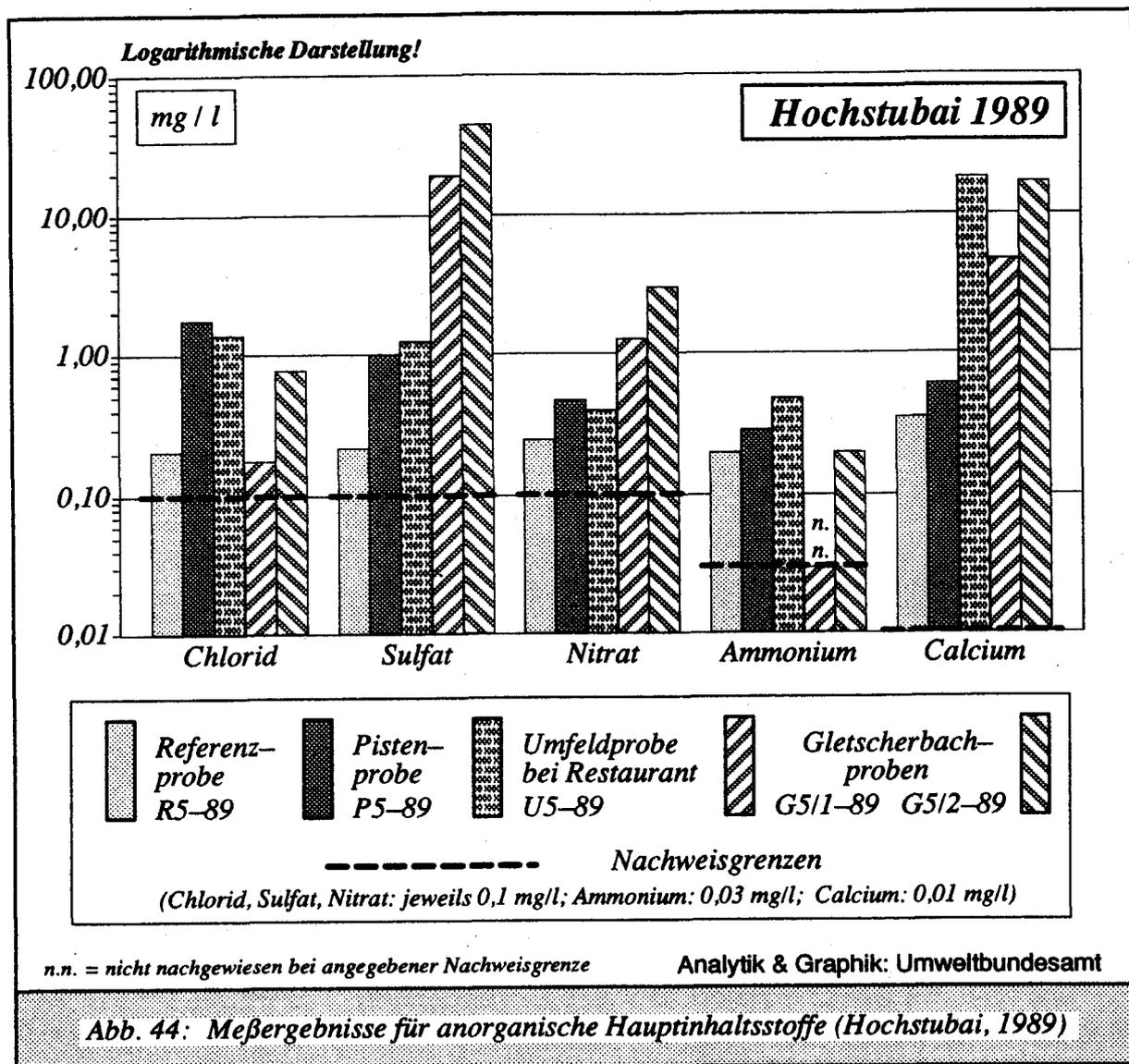
Tabelle 42 gibt eine Übersicht über die Probenahme im Jahre 1989, der Kartenausschnitt (Abb. 38) gibt die Position der einzelnen Probenahmepunkte wieder.

<i>Tab. 42: Probenahme 1989 – Hochstubai</i>			
<i>Bezeichnung der Probe</i>	<i>Zahl der Einzelproben</i>	<i>Probenahmetiefe (cm)</i>	<i>Entnahmestelle</i>
<i>P5-89</i>	<i>6</i>	<i>0 – 10</i>	<i>Piste</i>
<i>PR5-89</i>	<i>6</i>	<i>0 – 10</i>	<i>Pistenrand</i>
<i>U5-89</i>	<i>4</i>	<i>0 – 40</i>	<i>Umfeld des Restaurants</i>
<i>G5/1-89</i>	<i>1</i>	<i>–</i>	<i>Gletscherbach bei Dresdner Hütte (Fernaubach)</i>
<i>G5/2-89</i>	<i>1</i>	<i>–</i>	<i>Gletscherbach bei Restaurant Gamsgarten</i>
<i>R5-89</i>	<i>1</i>	<i>0 – 40</i>	<i>Referenz</i>

<i>Tab. 43: Analyseergebnisse der Untersuchung 1989 – Hochstubai</i>					
<i>Parameter</i>	<i>Referenzprobe R5-89 (mg/l)</i>	<i>Pistenprobe P5-89 (mg/l)</i>	<i>Umfeldprobe bei Restaurant U5-89 (mg/l)</i>	<i>Gletscherbachprobe 1 (Fernaubach) G5/1-89 (mg/l)</i>	<i>Gletscherbachprobe 2 G5/2-89 (mg/l)</i>
<i>Sulfat</i>	<i>0,22</i>	<i>1,00</i>	<i>1,20</i>	<i>19,40</i>	<i>45,10</i>
<i>Chlorid</i>	<i>0,21</i>	<i>1,80</i>	<i>1,40</i>	<i>0,18</i>	<i>0,77</i>
<i>Nitrat</i>	<i>0,25</i>	<i>0,47</i>	<i>0,40</i>	<i>1,30</i>	<i>3,00</i>
<i>Ammonium</i>	<i>0,20</i>	<i>0,29</i>	<i>0,48</i>	<i>&lt; 0,03</i>	<i>0,20</i>
<i>o-Phosphat</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>&lt; 0,05</i>
<i>Calcium</i>	<i>0,35</i>	<i>0,60</i>	<i>18,40</i>	<i>4,70</i>	<i>17,10</i>
<i>Magnesium</i>	<i>0,12</i>	<i>0,21</i>	<i>10,90</i>	<i>1,10</i>	<i>2,10</i>
<i>Natrium</i>	<i>0,08</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>0,31</i>	<i>1,00</i>	<i>2,90</i>
<i>Kalium</i>	<i>0,12</i>	<i>0,12</i>	<i>3,70</i>	<i>2,10</i>	<i>5,00</i>
<i>TOC</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>0,70</i>	<i>0,90</i>

Die Ionengehalte der Referenzprobe (R5-89) liegen im Größenordnungsbereich vergleichbarer Untersuchungen (s. Kap. 3).

Die Pistenprobe (P5-89) weist gegenüber der Referenzprobe (R5-89) bis auf die geringen Gehalte bei Natrium und Kalium Erhöhungen bei den anderen untersuchten Parametern auf. Bezüglich des Absolutwertes ist nur der hohe Chloridgehalt der Pistenprobe auffällig.



### Umfeldprobe

Die aus dem Umfeld des Restaurants entnommene Probe (U5-89) unterscheidet sich ganz deutlich von der Referenzprobe (R5-89) durch Anstiege in den Gehalten der untersuchten Parameter. Vor allem die Werte für Calcium, Magnesium und Kalium waren sehr stark erhöht. Auch absolut gesehen können die Meßwerte als für Schneeproben stark erhöht angesehen werden. Die einschlägige Literatur nennt 3 mg Ca/l als Obergrenze für durch Staublagen beeinflusste Schneeproben. In der Umfeldprobe wurde das Sechsfache dieses Wertes gemessen. Die in der Literatur zitierten Magnesiumwerte für Schneeproben schwanken zwischen 0,1 mg Mg/l. Der Magnesiumgehalt der Umfeldprobe liegt damit um das 30- bis 100-fache höher. Kalium liegt zirka um das Zehnfache über der angegebenen Obergrenze von 0,3 mg K/l. Weiters können die Werte von Sulfat, Ammonium und Chlorid als leicht erhöht bezeichnet werden. Aufgrund dieser Ergebnisse ist eine anthropogene Beeinflussung des Gletschers im Umfeld des Restaurants feststellbar.

**Tab. 44: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Hochstubaibai) sowie Vergleich mit Literaturdaten**

Parameter	Referenz- probe R5-89 (mg/l)	Pisten- probe P5-89 (mg/l)	Erhöhung gegen- über Referenz- probe (Faktor)	Nieder- schlagsver- gleichswerte (mg/l)*	Hintereisferner (Tirol) Teufelseck (mg/l)**	Badeeis (mg/l)**
Sulfat	0,22	< 1,00	4,5	0,58	0,61	0,59
Chlorid	0,21	< 1,80	8,4	0,21	0,33	0,25
Nitrat	0,25	< 0,47	1,9	0,50	0,48	0,38
Ammonium	0,20	< 0,29	1,5	0,10	0,10	0,09
o-Phosphat	< 0,05	= < 0,05	-	-	-	-
Calcium	0,35	< 0,60	1,7	0,28	0,40	0,32
Magnesium	0,12	< 0,21	1,7	0,02	0,04	0,03
Natrium	0,08	> 0,05	0,6	0,05	0,12	0,06
Kalium	0,12	= 0,12	1,0	0,04	0,06	0,03

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

\*\*) Mittelwerte über die gesamte Schneedecke (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

**Tab. 45: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Umfeldprobe (Hochstubaibai) sowie Vergleich mit Literaturdaten**

Parameter	Referenz- probe R5-89 (mg/l)	Umfeldprobe bei Restaurant U5-89 (mg/l)	Erhöhung gegen- über Referenz- probe (Faktor)	Nieder- schlagsver- gleichswerte (mg/l)*	Hintereisferner (Tirol) Teufelseck (mg/l)**	Badeeis (mg/l)**
Sulfat	0,22	< 1,20	5,6	0,58	0,61	0,59
Chlorid	0,21	< 1,40	6,6	0,21	0,33	0,25
Nitrat	0,25	< 0,40	1,6	0,50	0,48	0,38
Ammonium	0,20	< 0,48	2,4	0,10	0,10	0,09
o-Phosphat	< 0,05	= < 0,05	-	-	-	-
Calcium	0,35	< 18,40	52,6	0,28	0,40	0,32
Magnesium	0,12	< 10,90	90,8	0,02	0,04	0,03
Natrium	0,08	< 0,31	3,9	0,05	0,12	0,06
Kalium	0,12	< 3,70	31,0	0,04	0,06	0,03

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

\*\*) Mittelwerte über die gesamte Schneedecke (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

### Gletscherbäche

Die beiden beprobten Gletscherbäche sind, wie die Werte für den TOC zeigen, organisch nur geringfügig belastet.

**Tab. 46: Analysenwerte der Gletscherbäche (Hochstubaier) im Vergleich mit anderen Untersuchungen**

Parameter	Gletscherbach 1 (Fernaubach) G5/1-89 (mg/l)	Gletscher- bach 2 G5/2-89 (mg/l)	Mutterberger See*) (mg/l)	Grünau See*) (mg/l)
Sulfat	19,40	45,10	0,96	6,20
Chlorid	0,18	0,77	0,11	0,39
Nitrat	1,30	3,00	0,69	1,00
Ammonium	< 0,03	0,20	0,00	0,02
o-Phosphat	< 0,05	< 0,05	–	–
Calcium	4,70	17,10	0,50	2,10
Magnesium	1,10	2,10	0,08	0,39
Natrium	1,00	2,90	0,16	0,46
Kalium	2,10	5,00	0,20	0,39
TOC	0,70	0,90	–	–

\*) Vergleichswerte von Hochgebirgsseen in angrenzenden Bereichen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)

### Gletscherbach 1

Die anorganischen Untersuchungsergebnisse der Proben aus den Gletscherbächen werden mit den Daten der in diesem Gebiet liegenden Seen (Mutterberger See, 2483m Seehöhe; Grünau See, 2330 m Seehöhe) verglichen. In der aus dem Fernaubach unterhalb der Dresdner Hütte entnommenen Probe (G5/1-89) liegen die Ergebnisse für Ammonium und ortho-Phosphat – bei den Indikatoren für das Vorhandensein kommunaler Abwässer – unterhalb der Nachweisgrenze der angewandten Untersuchungsmethode. Im Fernaubach betragen die Werte für die Härtebildner sowie die Alkalimetalle Natrium und Kalium ein Mehrfaches der in den Seen für diese Parameter festgestellten Gehalte.

### Gletscherbach 2

In der Wasserprobe aus dem Gletscherbach 2 (G5/2-89) sind – wie bereits im Fernaubach – vor allem der Sulfat- sowie der Calcium-Gehalt gegenüber den Vergleichswerten sehr stark erhöht. Generell liegen die Anteile sämtlicher Ionen im Gletscherbach G5/2-89 deutlich über jenen (zwischen dem Zwei- bis Vierfachen) der Probe aus dem Fernaubach (G5/1-89) und den beiden Seen. Es ist auszuschließen, daß in diesen Fällen eine anthropogen verursachte Belastung durch Abwässer vorliegt, da vor allem der jeweilige Gehalt an ortho-Phosphat und an dem gesamten organischen Kohlenstoff als niedrig einzuschätzen und kaum Chlorid vorhanden ist. Wie die Erfahrung bei

der Bewertung der chemisch–physikalischen Belastung der Tiroler Fließgewässer (Gewässergüte Tirol/Stand 1989/90, WWK, BMLF) zeigt, ist gerade der Phosphatanteil in den turbulenten und rasch fließenden Gewässern ein ausgezeichneter Verunreinigungsindikator für häusliche Abwässer.

Ein Vergleich der Ergebnisse der beiden Proben (G5/1–89 und G5/2–89) mit den Werten des Gletscherbaches aus dem Weißseeferner (G1–89) zeigt eine bemerkenswerte Ähnlichkeit bei den deutlich erhöhten Konzentrationen der untersuchten Ionen auf: die höchsten Anteile fallen auf die Parameter Calcium und Sulfat. Als ebenfalls erhöht anzusehen sind die Gehalte an Magnesium, Natrium und Kalium. Die Berechnung der molaren Verhältnisse für Calcium und Sulfat ergeben eine gute Übereinstimmung, die auf eine gemeinsame Herkunft schließen läßt. Jahreszeitlich bedingt kann davon ausgegangen werden, daß die subglaziale Komponente im Gletscherabfluß die Oberflächen–Komponente überwiegt.

In dieses Bild passen auch die Untersuchungsergebnisse der Gletscherbäche aus dem Rettenbachferner (G3/1–90, G3/2–90). Wenngleich beide Bäche eine anthropogene Beeinträchtigung aufweisen, liegen – als Folge der Schmelzvorgänge am Gletscher – die Konzentrationen der anorganischen Parameter in den durch die Literatur ausgewiesenen Schwankungsbereichen.

#### *Frühere Untersuchungen im Bereich des Gletscherschigebietes Hochstubaier*

GROSS, G. (1984) zitiert die Ergebnisse einer limnologischen Untersuchung des Fernaubaches im Stubaiter Gletscherschigebiet von R. PECHLANER (Limnologisches Institut der Universität Innsbruck), bei der "sich vom Geruch als auch vom Zustand der Steine her deutliche Hinweise" ergaben, "daß der Fernaubach nicht nur, wie erwartet, durch Fäkalien, sondern auch durch Mineralöle verunreinigt wird". Diese Untersuchung erfolgte allerdings bereits 1976/78 und damit vor Inbetriebnahme der Kläranlage des Stubaiter Gletscherschigebietes im Jahre 1980.

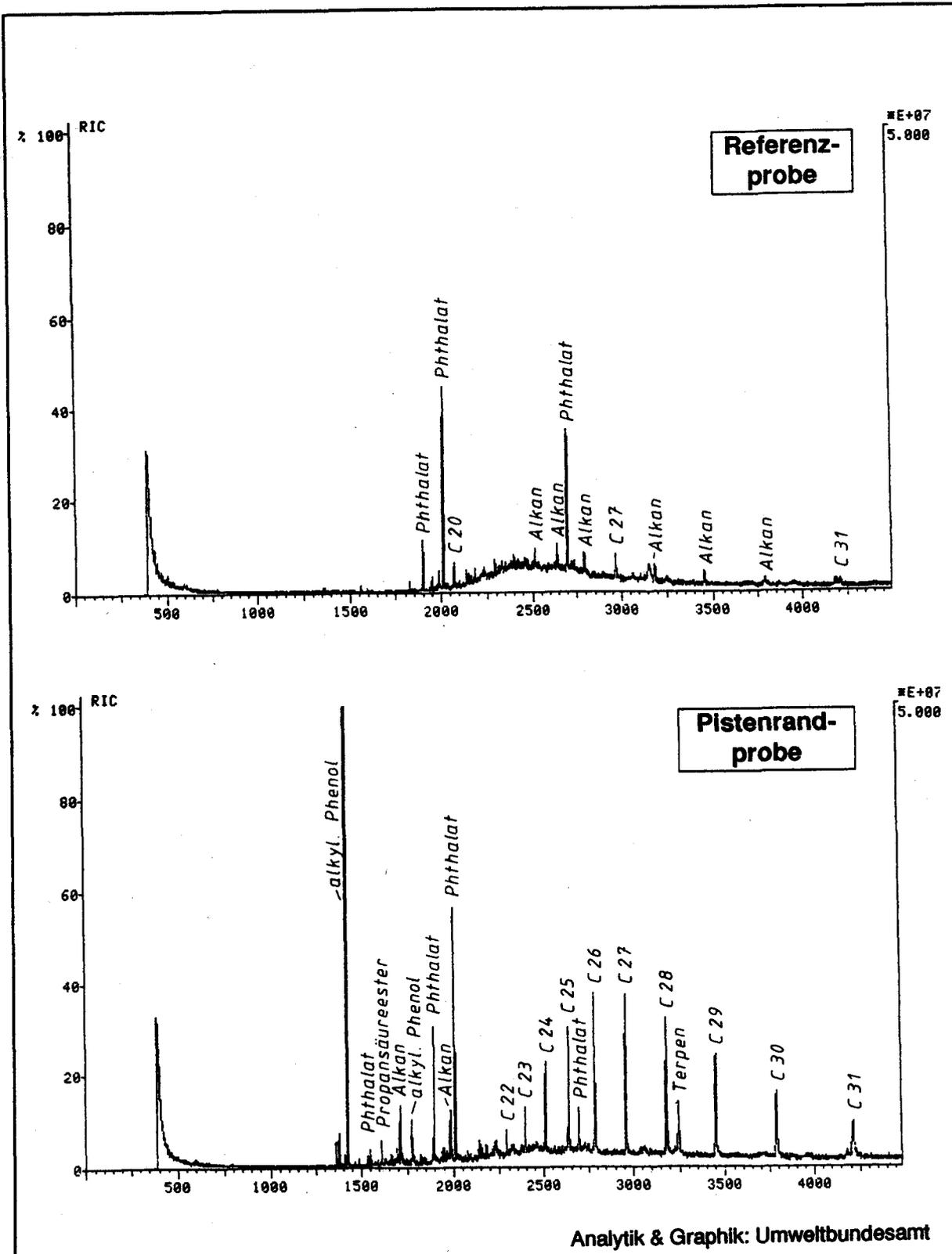
### **Organische Überblicksanalyse**

#### *Referenzprobe (R5–89)*

In dem Chromatogramm der Referenzprobe (Abb. 45) fallen die drei herausragenden Phthalatpeaks besonders auf. Neben einer sichtbaren Basisbelastung enthält die Probe Alkane von 20 bis 31 Kohlenstoffatomen in einer Summenkonzentration zwischen 1 und 5 ppb.

#### *Pistenrandprobe (PR5–89)*

Der Peak mit der höchsten Intensität konnte als alkyliertes Phenol (2,6–Bis–[1,1–dimethylethyl]–4–methylphenol) identifiziert werden. Die in einem Bereich von 22 – 31 Kohlenstoffatomen gefundenen Alkane zeigen eine für Mineralölprodukte typische Verteilung mit einem Maximum bei C 26 und einer Konzentration (Summe aller Alkane) zwischen 5 und 10 ppb. Als weitere Inhaltsstoffe wurden ein Propansäureester, Phthalate und ein Terpen identifiziert. Die Basisbelastung liegt in der Größenordnung der Referenzprobe.



Analytik & Graphik: Umweltbundesamt

Abb. 45: Intensitätsgleiche Abbildungen der Chromatogramme der Referenzprobe R5-89 (oben) und der Pistenrandprobe PR5-89 (unten) des Schaufelferners (Hochstubaai)

### *Vergleich*

Während die Basisbelastung und die Phthalatkonzentrationen bei Pistenrand- und Referenzprobe gleich hoch sind, ist die Alkanbelastung in der Pistenrandprobe höher als in der Referenzprobe. Der in der Pistenrandprobe hohe Gehalt an einem alkylierten Phenol ist besonders auffällig.

Die Proben müssen als gering verunreinigt betrachtet werden.

#### **5.4.4 Zusammenfassung der Untersuchung**

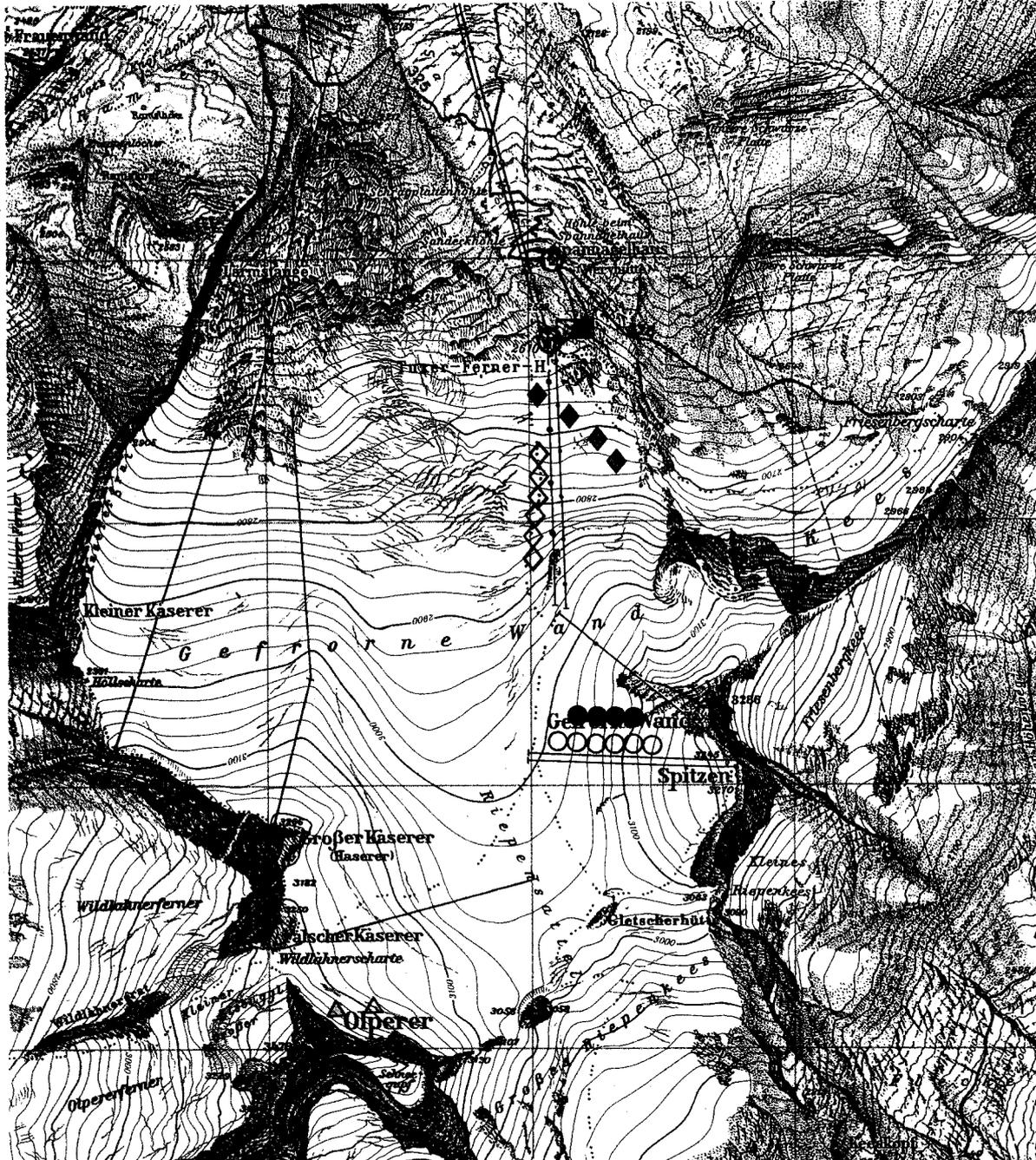
Vom Schigebiet Hochstubai wurden im Oktober 1989 insgesamt fünf Proben aus dem Bereich der Piste, einer Referenzstelle, zweier Gletscherbäche und aus dem Nahbereich des Restaurants genommen.

Die Meßwerte der anorganischen Parameter bei Referenz- und Pistenprobe liegen – abgesehen vom Chlorid – im Schwankungsbereich und zumeist auch im Konzentrationsbereich der Niederschlagsvergleichswerte. Die Tendenz einer geringen Erhöhung der Pistendaten gegenüber jenen der Referenzprobe ist feststellbar.

Durch den Vergleich der Meßwerte der Umfeldprobe mit den Ergebnissen der Referenzprobe läßt sich ein merklicher Einfluß durch die Gletschernutzung ableiten, wobei die Art der Verunreinigung nicht namhaft gemacht werden kann. Auch der Nachweis für den Einsatz von Pistenpräparierungsmitteln kann nicht erbracht werden.

Die Anteile der anorganischen Parameter in den Gletscherbächen waren unterschiedlich. Es traten Differenzen in den Absolutwerten der Parameter auf, aber in beiden Fällen waren die Konzentrationen derselben Ionen erhöht: Sulfat, Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium. Die organische Belastung – gemessen mit dem Summenparameter TOC – war in beiden Bächen gering. Die deutliche Besserung des Fernaubaches im Jahre 1989 gegenüber einer bereits 1976/78 erfolgten Untersuchung durch die Universität Innsbruck dürfte auf die Inbetriebnahme der Kläranlage zurückzuführen sein. Referenz- und Pistenrandprobe waren hinsichtlich organischer Verunreinigungen gering belastet, wenngleich am Pistenrand die Alkankonzentration gegenüber der Referenzprobe erhöht war.

5.5 Hintertux – Zillertal



**Probenahmestellen** (gelb: Probenahme 1989, orange: Probenahme 1990):

△ Referenzprobe	Einzelprobe für die Mischproben:
□ Gletscherbachprobe	○ Piste    ◇ Pistenrand

**Abb. 46:** Kartenausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr.35/1 'Zillertaler Alpen – Westliches Blatt', 1:25.000, 4. Ausgabe 1987, Gletscherstand: 1969; Die Aufstiegsstellen Gefrorene Wand IV, Gletscherboden, Schlegeis und Kaserer I sind noch nicht eingezeichnet.

### 5.5.1 Infrastruktur und Besucherzahlen

Das Gletscherschigebiet Hintertux befindet sich am Talschluß des Tuxer Tales, einem Seitental des Zillertales. Zwei Gletscher des Tuxer Hauptkammes, der zu den Zillertaler Alpen gehört, werden für den Schilaufl genützt, das Gefrorene Wand Kees und das Große Riepenkees.

Die Talstation der Gletscherbahn, Seehöhe ca. 1500 m, liegt nur etwa 1 km von der Ortschaft Hintertux entfernt. Zwischen Talstation und Ortschaft stehen heute mehrere Hotels.

Das Gletscherschigebiet wird mit mehreren Seilbahnen, die in 4 Sektionen aufgebaut sind, erschlossen. In der 1. Sektion führen eine Einseilumlaufbahn mit 4er Kabinen und ein Doppelsessellift bis zur Sommerbergalpe. Hier liegt der Ausgangspunkt zum Schigebiet Tuxerjoch, welches mit einer Einersesselbahn und 2 Schleppliften – siehe auch Tabelle 47 – erschlossen ist. Weiters endet auf der Sommerbergalpe der Schlepplift 'Zusteige', der eine Zubringerfunktion für die Station Sommerberg besitzt, da bei Abfahrten vom Gletscherschigebiet eine Niederung erreicht wird, die höhenmäßig unter der Sommerbergalpe liegt. Eine Talabfahrt nach Hintertux ist im Winter über einen Schiweg möglich.

Die 2. Sektion der Gletscherbahn besteht wiederum aus einer Einseilumlaufbahn mit 4er Kabinen und einer Einersesselbahn. Die Bergstation 'Tuxer-Ferner-Haus' liegt in 2610 m Höhe in der Nähe des Eisrandes des Gefrorene Wand Kees. Etwas tiefer als das Tuxer-Ferner-Haus steht die AV-Hütte Spannagelhaus.

Die 3. Sektion der Gletscherbahn führt vom Tuxer-Ferner-Haus mit einer Doppel- und einer Einersesselbahn zu einem aus dem Gletscher ragenden Geländeteil in etwa 2950 m Höhe.

Mit der 4. Sektion wird mittels einer Doppelsesselbahn der mit 3250 m höchste Punkt des Gletscherschigebietes bei den Gefrorene Wand Spitzen, 3270 m, erreicht. Zur 4. Sektion der Gletscherbahn gehört auch noch der gegenüber dem Doppelsessellift 'Gefrorene Wand Spitzen IV' deutlich kürzere Schlepplift 'Gefrorene Wand IV'.

Mit den obersten beiden Sektionen wird der östliche Teil des Gefrorene Wand Kees erschlossen. Der Bereich des 'Riepensattels', des Gletscherteils zwischen Großem Kaserer, 3266 m, Olperer, 3476 m und Gefrorene Wand Spitzen, 3270 m, wird von den Schleppliften 'Gefrorene Wand I+II' – östlicher Teil – und 'Olperer' – westlicher Teil – zugänglich gemacht. Hier sind zeitweise auch noch weitere kleine Schlepplifte aufgestellt, z.B. der 'Gletscherbodenlift', der nur von etwa Juni bis Mitte November in Betrieb ist und im Winter abgebaut wird. Auch die in Tabelle 47 verzeichneten Trainingslifte I und II sind transportabel und besitzen mehrere Aufstellungsorte; je nach Bedarf werden diese Lifte, nach Auskunft der Gletscherbahnen, im Gletscherbereich oder auch im Schigebiet Tuxerjoch aufgebaut.

**Tab. 47: Seilbahnen und Lifte des Gletscherschigebietes Hintertux – Zillertal**  
(Quelle: Amtliche Eisenbahnstatistik der Republik Österreich und Unterlagen der  
Betreibergesellschaft, Stand Nov. 1990)

Liftbezeichnung	Typ	Höhen- diff.	schräge Länge	Kapazität Pers./h	Sommer- betrieb	An- trieb
<b>Erste Sektion:</b>						
1 Sommerbergbahn <sup>1</sup>	EUB	513m	1365m	1750	ja <sup>5</sup>	E
2 Sommerbergess.I <sup>1</sup>	DSB	513m	1228m	1100	- <sup>6</sup>	E
<b>Zweite Sektion:</b>						
3 Spannagelbahn <sup>1</sup>	EUB	580m	2450m	1750	ja <sup>5</sup>	E
4 Sommerbergess.II <sup>1</sup>	ESB	580m	2500m	590	- <sup>6</sup>	E
<b>Dritte Sektion:</b>						
5 Gefror.Wand III	DSB	367m	1055m	1109	ja <sup>5</sup>	E
6 Sommerbergess.III	ESB	360m	1056m	720	- <sup>6</sup>	E
<b>Vierte Sektion:</b>						
7 Gefror.Wandsp.IV	DSB	260m	840m	1100	ja	E
8 Gefror.Wand IV	SCHL	122m	385m	1435	ja	E
<b>Gefrorne Wand Kees:</b>						
9 Lärmstange <sup>1</sup>	DSB	650m	1800m	1100	-	E
10 Kaserer I	SCHL	551m	1590m	1100	-	E
11 Kaserer II	SCHL	314m	1081m	1440	-	E
12 Gefror.Wand I	SCHL	231m	667m	960	ja	D
13 Gefror.Wand II	SCHL	223m	665m	1439	ja	E
14 Olperer	SCHL	202m	1000m	1435	-	E
15 Gletscherboden <sup>2</sup>	SCHL	13m	150m	600	ja	D
16 Trainingslift I <sup>3</sup>	SCHL	67m	240m	400	-	D
17 Trainingslift II <sup>3</sup>	SCHL	67m	240m	400	-	D
<b>Gr. Riepenkees:</b>						
18 Schlegeis	3SB	371m	1024m	1961	-	E
<b>Schigebiet Sommerbergalm:</b>						
19 Tuxerjochlift <sup>4</sup>	ESB	250m	1091m	720	-	E
20 Ramsmooslift <sup>4</sup>	SCHL	98m	476m	800	-	E
21 Tuxerjoch <sup>4</sup>	SCHL	212m	769m	1037	-	E
22 Sommerberg (Zusteige) <sup>4</sup>	SCHL	84m	428m	1360	-	E
<b>Summe</b>		6628m	22100m	24306		
<b>Summe ohne 1.Sektion</b>		5602m	19507m	21456		
<b>Summe ohne 1.Sek.u.Sommerbergalm</b>		4958m	16743m	17539		
<p>E: elektrischer Antrieb, D: Dieselantrieb  EUB: Einseilumlaufbahn, DSB: Doppelsesselbahn, ESB: Einersesselbahn, 3SB: Dreiersesselbahn,  SCHL: Schilift  <sup>1</sup> außerhalb des vergletscherten Bereiches; <sup>2</sup> im Winter abgebaut; <sup>3</sup> nicht fix installiert,  mehrere Aufstellungsorte; <sup>4</sup> nur Winterbetrieb, da außerhalb des vergletscherten Bereiches;  <sup>5</sup> Zubringerbahn; <sup>6</sup> im Sommer sporadischer Betrieb</p>						

Der westliche Teil des Gefrorenen Wand Kees wird von den Schleppliften 'Kaserer I' und 'Kaserer II' erschlossen. Unterhalb dieser Schlepplifte befindet sich die Doppelsesselbahn 'Lärmstange', die sich bereits außerhalb des heute vergletscherten Bereiches, aber gänzlich innerhalb des Gletschervorfeldes, also des zur Mitte des 19. Jahrhunderts vom Eis bedeckten Gebietes, befindet.

Mit der Dezember 1987 erfolgten Inbetriebnahme der Dreiersesselbahn 'Schlegeis' wurde auch das südlich an das Gefrorenen Wand Kees anschließende Große Riepenkees in das Gletscherschigebiet einbezogen. Die Talstation der Sesselbahn befindet sich nahe der Gletscherzunge im Gletschervorfeld des Großen Riepenkees, die Bergstation steht am nach Süden führenden Felsrücken der Gefrorenen Wand Spitzen.

Im Gletscherschigebiet befinden sich mehrere Restaurants. Neben dem Restaurant auf der Sommerbergalm wird von den Hintertuxer Gletscherbahnen noch das Restaurant im Tuxer-Ferner-Haus betrieben. Daneben sind noch das Spannagelhaus und im vergletscherten Gebiet die 'Gletscherhütte' am Riepensattel in etwa 3050m Höhe zu nennen.

#### *Betriebszeiten der Liftanlagen:*

Die 4 Sektionen der Gletscherbahn sind praktisch ganzjährig in Betrieb. Wie sich aus der von der Betreibergesellschaft zur Verfügung gestellten monatlichen Fahrtenstatistik ablesen läßt, sind die parallel zu den Kabinenbahnen bestehenden Sesselbahnen der ersten beiden Sektionen im Sommer allerdings nur zeitweise eingeschaltet.

Die Anlagen außerhalb des vergletscherten Bereiches – Schigebiet Tuxerjoch und die Doppelsesselbahn 'Lärmstange' – sind bezüglich der Laufzeiten von den Schneebedingungen abhängig. Im vergletscherten Bereich sind im Sommer neben den obersten beiden Sektionen der Gletscherbahn noch die Schlepplifte 'Gefrorene Wand I+II' sowie transportable Lifte, wie der Schlepper 'Gletscherboden', in Betrieb. Nach Angabe der Gletscherbahnen wird in etwa der Hälfte der Jahre auch mit dem Schlepplift 'Olperer' den Sommer über durchgefahren. Die 'Kaserer'-Schlepplifte sind im Sommer außer Betrieb. Gleiches gilt für die Dreiersesselbahn 'Schlegeis', die etwa von Ende September/Anfang Oktober bis Mai läuft.

#### *Ausbaupläne:*

Angestrebt wird eine Kabinenumlaufbahn vom Schlegeisspeicher – dieser liegt im Zamser Grund, einem anderen Seitental des Zillertales – zum Großen Riepenkees. Nach Angabe der Hintertuxer Gletscherbahnen soll damit die Verkehrssituation im Tuxer Tal entspannt werden, da es an Spitzenbesuchstagen bereits zu Verkehrsanhaltungen weitab der Gletscherbahntalstation kommt, und die Schifahrer mit Bussen weitertransportiert werden müssen.

#### *Parkplätze:*

Der nahe der Talstation liegende Parkplatz hat ein Fassungsvermögen von ca. 1500 PKW.

#### *Beschäftigte:*

Nach Angaben der Gletscherbahnen sind etwa 100 Personen ganzjährig beschäftigt, im Winter steigt die entsprechende Zahl auf ca. 140.

### *Pistenpräparierung:*

Nach Angabe der "Gletscherbahnen" werden bei der Pistenpräparierung keine chemischen Mittel aufgebracht. Gleiches gilt auch in bezug auf das Rennlauftraining. Gletscherspalten werden mit einer speziellen Eisfräse zugefräst. Beschneiungsanlagen waren bis 1990 keine vorhanden.

### *Pistengeräte:*

Für die Pistengeräte befinden sich im Gletscherbereich Garagen. In diesen Garagen, die dafür entsprechend ausgestattet sind, finden auch die Wartungsarbeiten statt. Nach Angabe der Gletscherbahn wurden biologisch abbaubare Öle bereits getestet. Eine generelle Verwendung soll bei entsprechender Freigabe durch die Erzeugerfirma der Pistenraupen erfolgen.

### *Energieversorgung:*

Die 4 Sektionen der Gletscherbahn werden elektrisch betrieben. Dabei ist das Kabel bis zum Tuxer-Ferner-Haus im Boden verlegt, über den Gletscher wird es als Luft-hängekabel weitergeführt. Dieses Kabel wird bis zur Sesselbahn 'Schlegeis' geführt, die ebenso wie der Schlepplift 'Gefrorene Wand II' elektrisch betrieben wird. Nach Angabe der Gletscherbahnen besteht ein Projekt zur Umrüstung des 'Olperer'-Liftes auf elektrischen Antrieb.

Auch die Doppelsesselbahn 'Lärmstange' ist elektrisch angetrieben. Hier führt ein Erdkabel von einer Trafostation des Versorgungskabels des Tuxer-Ferner-Hauses zur Talstation dieser Bahn. Von dort wird das Kabel auf mehreren Stützen zu den Schleppliften 'Kaserer I' und 'Kaserer II' geführt.

Neben den elektrischen Antrieben sind auch Dieselmotoren als Notstromaggregate bei Stromausfällen vorhanden.

Die Schlepplifte 'Gefrorene Wand I', 'Olperer' sowie die kleineren Schlepper 'Gletscherboden', 'Trainingslift I' und 'II' werden von Dieselaggregaten angetrieben.

### *Wasserversorgung und Abwasserentsorgung:*

Das Tuxer-Ferner-Haus wird mit Quellwasser versorgt. Beim Lift 'Zusteige' befinden sich eine Quelle und eine Pumpstation, mit deren Hilfe das Wasser zum Tuxer-Ferner-Haus hinaufgefördert wird. Es besteht auch eine Verbindung zur Wasserversorgung des Sommerbergalmgebietes. Von hier wird vor allem bei Wasserknappheit – dieser Fall tritt meist im Februar/März ein – zusätzlich Wasser bezogen.

Im Jahr 1991 wurde der Bau einer neuen Wasserversorgungsanlage im Gebiet Sommerberg/Ramsmoos durchgeführt und abgeschlossen. Dies geschah nicht zuletzt im Hinblick auf eine ausreichende Brandwasserversorgung.

Das Restaurant 'Gletscherhütte' wird vom Tuxer-Ferner-Haus mittels Kanistern mit Trinkwasser versorgt. Für die dort vorhandenen WC-Anlagen wird nach Auskunft der Gletscherbahnen Schneeschmelzwasser verwendet.

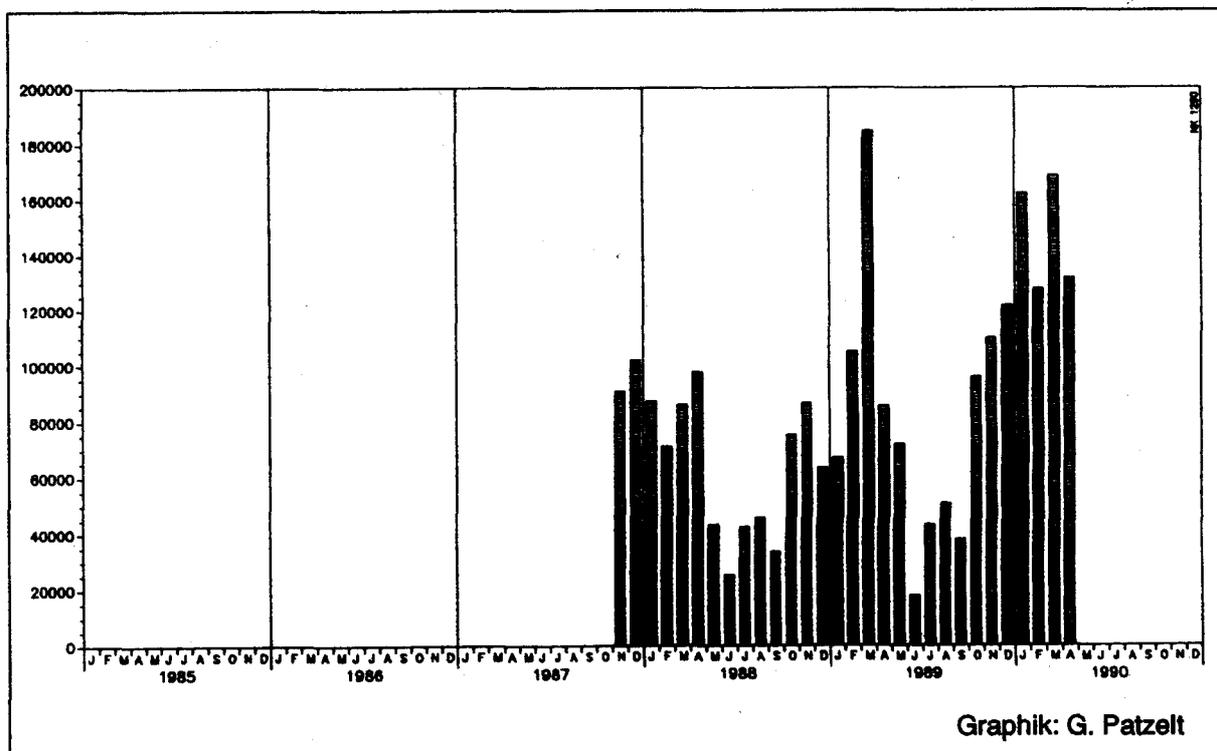
Die anfallenden Abwässer werden mittels eines Kanals in das Tal und einer Kläranlage zugeleitet. Angeschlossen an das Kanalnetz ist neben den Restaurants der Gletscher-

bahnen über einen Nebenkanal auch das Spannagelhaus. Die Abwasserentsorgung der 'Gletscherhütte' erfolgt nach Auskunft der Gletscherbahnen mittels Containern, deren Inhalt in das Kanalnetz geleitet wird. Ebenso werden die Abwässer einer WC-Anlage bei der Talstation der Doppelsesselbahn 'Lärmstange' in Behältern gesammelt und weiter über die Kanalanlage entsorgt. Bei den Liftanlagen befinden sich weitere Trockenklos für das Personal, die entsprechend entsorgt werden.

### *Besucher:*

In Abbildung 47 sind die monatlichen Besucherzahlen auf der Basis der Zahl der bergwärts beförderten Personen auf der 1. Sektion der Gletscherbahn für die Monate November 1987 bis April 1990 dargestellt. Fehlerquellen gegenüber der wirklichen Zahl der Besucher stellen einerseits mehrfache Bergfahrten von Schifahrern, die die Talabfahrt von der Sommerbergalm nach Hintertux benützt haben (diese Zahl dürfte allerdings aufgrund der relativ unattraktiven Abfahrt gering sein), sowie die Besucher des Spannagelhauses, die bei mehrtägigem Aufenthalt mittels der Bergfahrtenstatistik der 1. Sektion nicht erfaßt werden können, dar.

Die Liftanlagen des Teilschgebietes Tuxer Joch weisen bezüglich der transportierten Personen nur einen relativ geringen Anteil von 10 bis 15% an der Gesamtfahrtzahl des Schigebietes Hintertux auf.



*Abb. 47: Zahl der Besucher pro Monat = Zahl der ab Tal bergwärts beförderten Personen: 1. Sektion der Gletscherbahnen Hintertux, Nov. 1987 – April 1990 (Quelle: Unterlagen der Seilbahngesellschaft)*

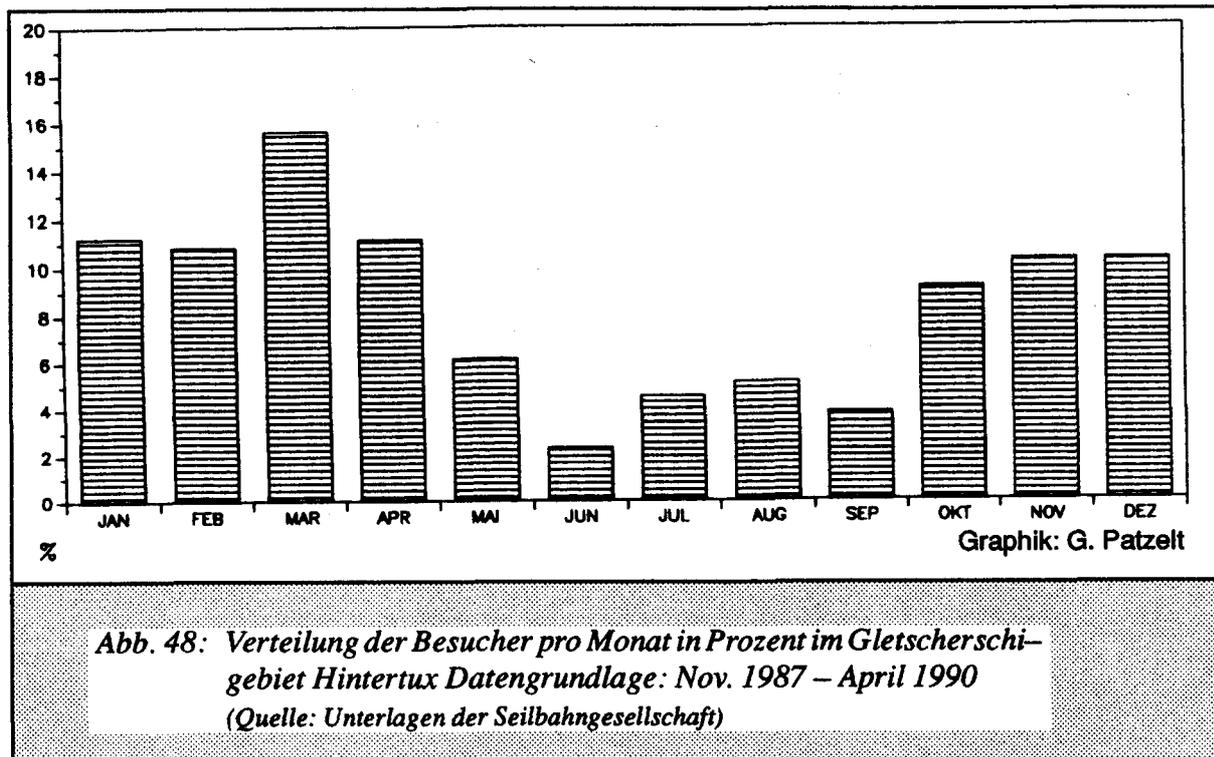


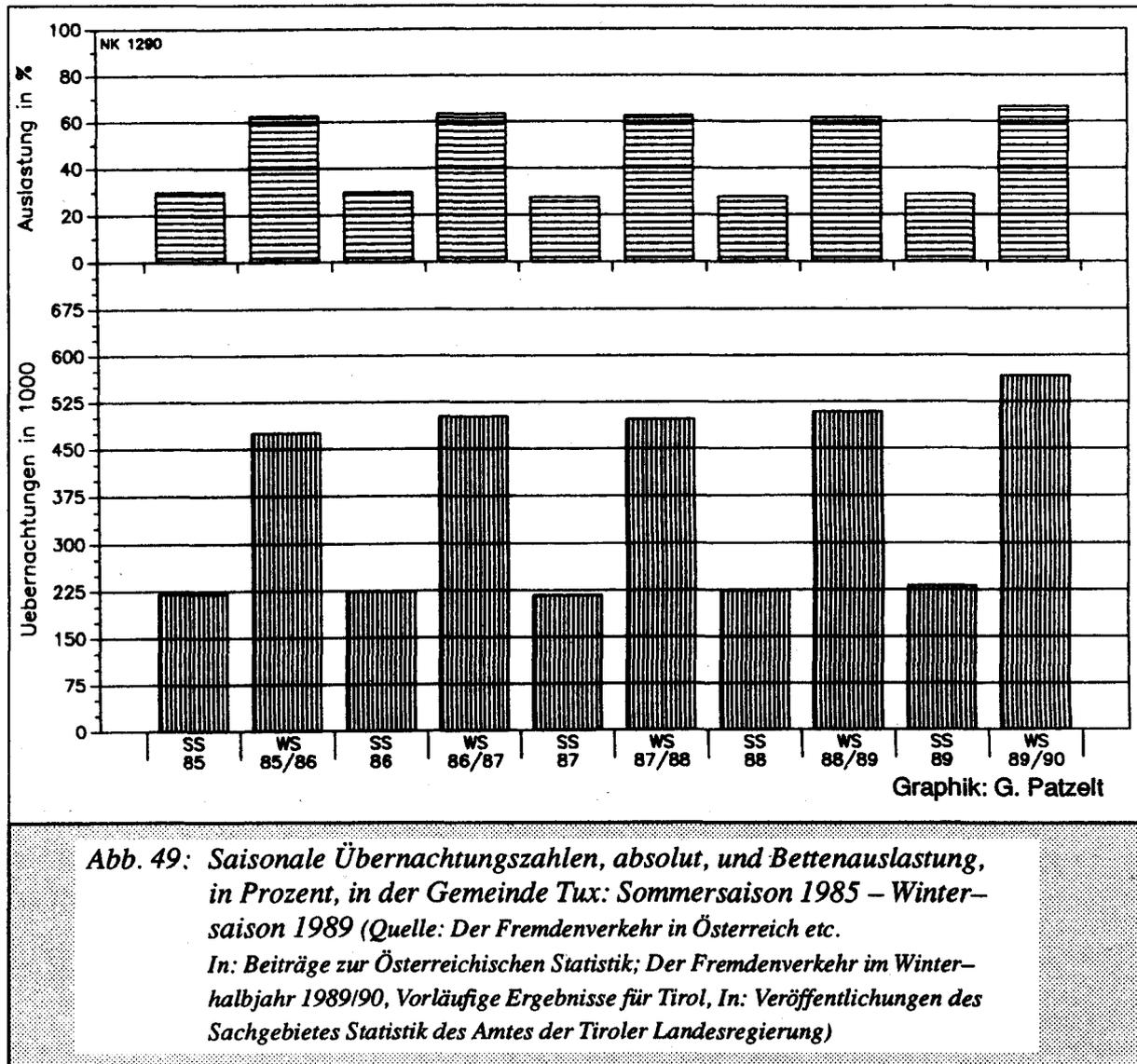
Abbildung 47 zeigt das deutliche Überwiegen der Winter- gegenüber der Sommersaison im Gletscherschigebiet Hintertux. Wie Abbildung 48 verdeutlicht, dauert diese Wintersaison vom Oktober bis in den Mai. Das Monatsmaximum wurde in den letzten Jahren jeweils im Frühjahr – März/April – erreicht.

Der schwächste Besuch ist im Juni zu verzeichnen. Die vier Sommermonate Juni bis September weisen einen Anteil am Jahresgesamtbesuch von nur etwa 15% auf. Nach Angabe der Gletscherbahnen wird in den Monaten Mai bis September 42% des Umsatzes mit Schifahrern gemacht. Geht man davon aus, daß die Schifahrer einen gegenüber reinen Ausflugstouristen mindestens doppelt so hohen Umsatz bewirken, so kann der Anteil der Schifahrer an den Sommerbesuchern auf maximal 25% geschätzt werden.

Der bisherige Rekordtag wurde nach Auskunft der Gletscherbahnen zu Weihnachten 1989 mit etwa 12 000 Besuchern registriert. Normale Spitzen sind Tage mit 5000 bis 6000 Personen.

#### *Nächtigungszahlen der Gemeinde Tux:*

Abbildung 49 zeigt für die Gemeinde Tux die saisonalen Nächtigungsziffern und die prozentuelle Bettenauslastung. Tux weist einen Bettenstand von etwa 4700 auf. Die Wintersaison dominiert ganz klar gegenüber dem Sommer. Mit einer Bettenauslastung von über 65% in der Wintersaison 1989/90 weist Hintertux diesbezüglich aus der Sicht des Fremdenverkehrs ausgezeichnete Ergebnisse auf. Mit rund 750 000 Übernachtungen im Jahr 1989 liegt die Gemeinde Tux an 26. Stelle der österreichischen Fremdenverkehrsorte.



### 5.5.2 Die Gletscher des Schigebietes

#### Geologie:

Das Gebiet gehört zum penninischen Tauernfenster. Im Bereich der Gletscher stehen vor allem Schiefer und Gneise an. Im nordwestlichen Abschnitt – Lärmstange, Kleiner Käserer – stehen Schiefer an, im Bereich Gefrorne Wand Kees und Riepenkees bildet vor allem der Zentralgneis der Hohen Tauern den Untergrund. Der Gipfelaufbau des Olperers besteht aus Granit (Brückl u. Gangl, 1972).

#### Beschreibung:

Vom Gletscherschigebiet werden zwei Gletscher genutzt: das Gefrorne Wand Kees und das Riepenkees. Wie Tabelle 48 zeigt, weist das Gefrorne Wand Kees eine Fläche von ca. 4,585 km<sup>2</sup> (Stand 1969), das Große Riepenkees eine Ausdehnung von 0,738 km<sup>2</sup> auf. Beide Gletscher hängen im Bereich des Riepensattels, einem breiten, vergletscherten Joch, das von einigen Felsrücken gegliedert wird, zusammen. Beide

Gletscher enden heute auch auf relativ breiter Front. Das Gefrorne Wand Kees bildet zwei, allerdings nicht sehr deutliche, Zungen aus. Die Hauptzunge dieses nord-exponierten Gletschers endete 1969 unterhalb eines Eisbruchs in 2480 m Höhe, eine kleinere Zunge des vom Kleinen und vom Großen Käserer kommenden, westlichen Gletscherteiles endete in ca. 2500 m Höhe. Das südwestexponierte Große Riepenkees endet hingegen bereits in 2770 m Höhe.

#### Größenänderungen:

'1850' bildete das Gefrorne Wand Kees mit dem heute praktisch abgetrennten Östlichen Gefrorenen Wand Kees einen Gletscher mit einer Fläche von 7,231 km<sup>2</sup>. Mit einem bis 1969 erfolgten Rückgang von nur 30,9% der damaligen Fläche (1969: Gefror. Wand Kees und Östl. Gefror. Wand Kees zusammen; nur Gefror. Wand Kees: -36,6%) ist der Größenverlust relativ gering, was für größere Gletscher aber typisch ist. In den etwa 70 Jahren zwischen '1850' und 1926 betrug der Größenrückgang nur 12,2%, der Großteil des Flächenverlustes geschah in den darauffolgenden Jahrzehnten.

Tab. 48: Gletscher des Schigebietes Hintertux (Quelle: Österr. Gletscherinventar)

Gletscher	Exp.	Fläche	höch.P.	tief.P.	max.Länge	SG 2:1	Fl.Änd.	SG Änd.	
Gefrorne Wand Kees <sup>1</sup>	1969 1850	N N	4,585km <sup>2</sup> 7,231km <sup>2</sup>	3300m 3330m	2480m 1990m	3,0km 4,2km	2890m 2750m	-36,6% <sup>3</sup> -	+140m <sup>4</sup> -
Großes Riepenkees	1969 1850	SE SE	0,738km <sup>2</sup> 1,750km <sup>2</sup>	3170m 3220m	2770m 2520m	1,1km 2,2km	2870m 2810m	-57,8% -	+60m -
Summe	1969 1850	- -	5,323km <sup>2</sup> 8,981km <sup>2</sup>	3300m 3330m	2610m 2330m	- -	Ø 2885m <sup>5</sup> Ø 2760m <sup>5</sup>	-40,7% -	+125m <sup>5</sup> -

Exp.: Exposition, N: Nord, SE: Süd-Ost, SG: Schneegrenze, SG 2:1: siehe Kap. 2.1.2  
<sup>1</sup> hing '1850' mit dem Östl.Gefror.Wand Kees zusammen; <sup>3</sup> wenn Östl.Gefr.Wand Kees mitberücksichtigt wird: -30,9%; <sup>4</sup> wenn Östl.Gefr.Wand Kees mitberücksichtigt wird: +130m; <sup>5</sup> Flächenverhältnis berücksichtigt

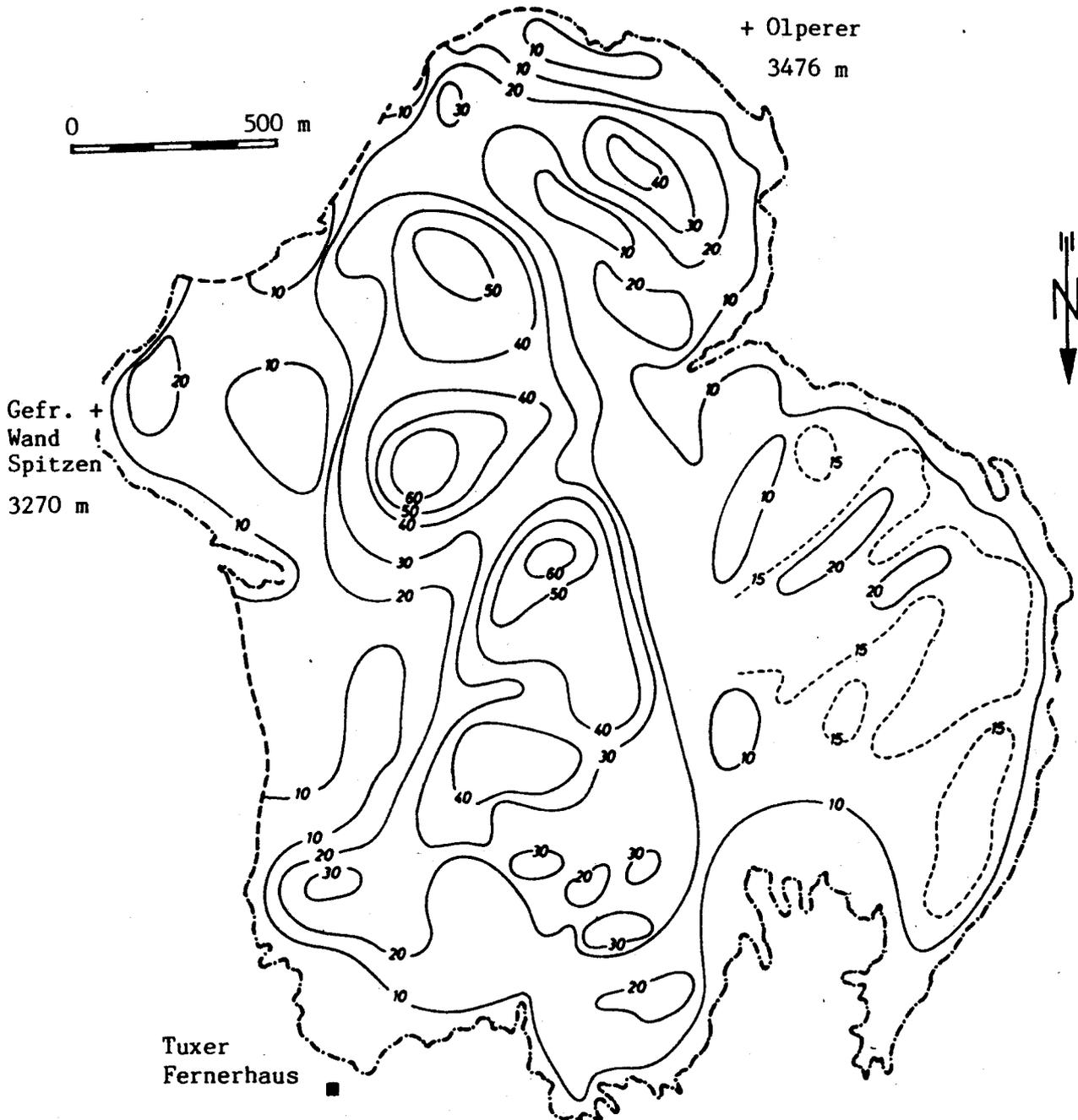
Das Große Riepenkees verlor mit 57,8 % zwischen '1850' und 1969 prozentuell deutlich mehr an Fläche, wobei hiervon 33,7 % bis zum Jahr 1926 verloren gingen.

Eine Statistik der jährlichen Längenänderungen liegt weder für das Gefrorne Wand Kees noch für das Große Riepenkees vor. Das Österreichische Gletscherinventar vermerkt nur für das Gefrorne Wand Kees für das Jahr 1975 einen Vorstoß von weniger als 20 m.

Ein Vergleich der Gletscherausdehnung von 1969 mit im Jahr 1985 aufgenommenen Luftbildern zeigt entsprechend die Hauptzunge unterhalb des Gletscherbruches in ähnlicher bzw. leicht vorgeschobener Lage. Die Zunge des westlichen Gletscherteiles schmolz hingegen zwischen 1969 und 1985 zurück. Für das Große Riepenkees ließen die Luftbilder von 1985 praktisch keine Größenänderungen gegenüber 1969 erkennen.

**Eisvolumen, Massenbilanz, Eisdynamik:**

Im Jahr 1969 erfolgte eine seismische Vermessung des Gefrorenen Wand Keeses durch E. BRÜCKL und G. GANGL (1972). Bei gemessenen maximalen Eisdicken von über 60 m wurde als mittlere Eisdicke ein Wert von 19 m errechnet (HOINKES et al. 1975).



Graphik: G. Patzelt

**Abb. 50: Gefrorene Wand Kees: Karte der Eismächtigkeit (1969).**

Aus: Brückl u. Gangl (1972)

Abbildung 50 zeigt die aufgrund der seismischen Untersuchungen erstellte Karte der Eismächtigkeit. Da seit 1969 keine wesentlichen Größenänderungen des Gefrorenen Wand Kees registriert wurden, spiegelt diese Karte sicherlich auch die heutigen Verhältnisse in ihren Grundzügen wider. Die Karte zeigt bereits relativ nahe des Eisrandes des östlichen Gletscherteils Eismächtigkeiten von 10 bis 30 m. Für den westlichen Gletscherteil sind die gemessenen Eisdicken deutlich geringer. Dies erklärt auch den seit der Vermessung erfolgten Rückgang des östlichen Gletscherzungenlappens.

Da die Abflüsse beider Gletscher von den Tauernkraftwerken zur Energiegewinnung genutzt werden, liegen auch von diesen durchgeführte Pegelmessungen vor. TOLLNER (1976) teilt die Ergebnisse der Pegelmessungen im Firngebiet des Gefrorenen Wand Kees der Jahre 1969 bis 1975 mit: in den Haushaltsjahren 1969/70, 1971/72 und 1973/75 wurde an den meisten Pegeln eine Erhöhung registriert, 1970/71 und 1972/73 praktisch überall ein Einsinken der Firnoberfläche beobachtet. Für das Haushaltsjahr 1970/71 wurde auch eine Massenbilanz für das Gefrorene Wand Kees erstellt. Der ermittelte Bilanzwert von  $-55$  cm stimmt gut mit dem für den gleichen Zeitraum errechneten Wert für den Hintereisferner von  $-60$  cm überein (HOINKES et al. 1975).

Auch die Gletscherbewegung wurde von den Tauernkraftwerken beobachtet. Der gemessene Maximalwert liegt bei ca. 42 Meter/Jahr (TOLLNER, 1976).

#### *Genutzte Flächen:*

Für den Schilauflauf werden ca. 75% der Fläche des Gefrorenen Wand Kees, dies sind  $3,5$  km<sup>2</sup>, genutzt. HAIMAYER (1987a) weist ebenfalls  $3,50$  km<sup>2</sup> als erschlossene Gletscherfläche aus. Für das Große Riepenkees liegt der entsprechende Schätzwert bei  $0,52$  km<sup>2</sup> oder ca. 70% der Gletscherfläche. Im Sommer werden im Bereich der Gefrorenen Wand Spitzen nur noch etwa  $0,40$  km<sup>2</sup> oder knapp 10% der Gletschergesamtfläche für den Schilauflauf genutzt. Ist der Schlepplift 'Olperer' auch in Betrieb, so steigt die genutzte Gletscherfläche auf ca. 15% der Gesamtfläche oder etwa  $0,7$  km<sup>2</sup>.

Langlaufloipen sind im vergletscherten Bereich nicht dauernd vorhanden, sondern werden nach Angabe der Gletscherbahnen nur auf Wunsch angelegt.

### 5.5.3 Untersuchung 1989

Die Probenahme wurde am 5.10.1989 durchgeführt.

Zu diesem Zeitpunkt war ein reger Trainingsbetrieb auf dem Gletscher festzustellen.

Die sechs Einzelproben für die Pistenprobe (P6–89) wurden entlang des Schleppliftes Gefrorene Wand IV in Seehöhen von ca. 3000 m entnommen. Die Pistenrandprobe (PR6–89), bestehend aus sechs Einzelproben, entstammt einem Höhenbereich von 2700–3000 m, die Referenzprobe (R6–89) wurde in einer Seehöhe von 3150 m unterhalb des Olperers gezogen. Der Gletscherbach G6–89 wurde unterhalb des Tuxer Ferner Hauses in einer Seehöhe von ca. 2550 m beprobt.

Tabelle 49 enthält die genaue Beschreibung der einzelnen Proben, die Lage der Entnahmestelle findet sich auf dem Kartenausschnitt (Abb. 46).

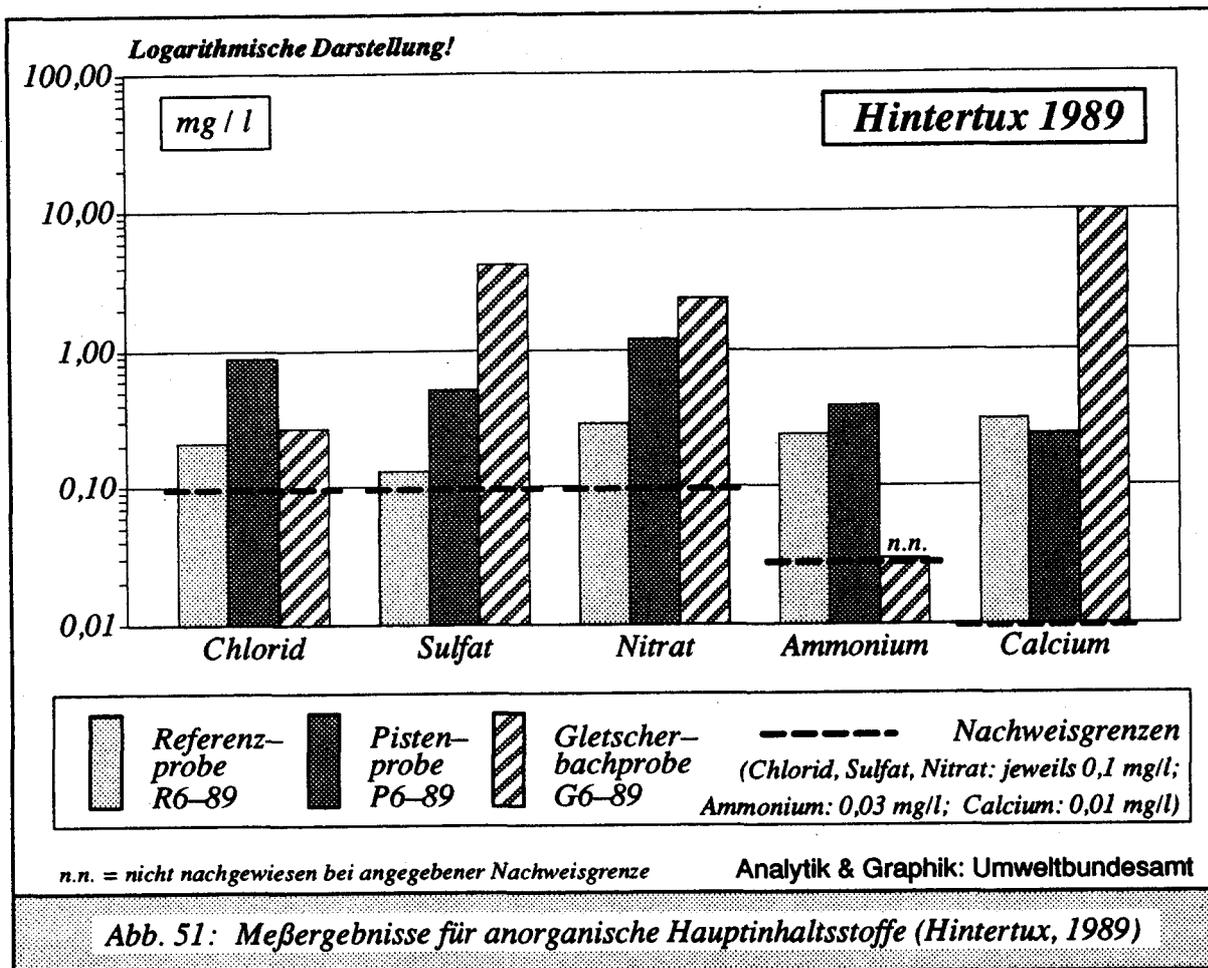
<i>Tab. 49: Probenahme 1989 – Hintertux</i>			
<i>Bezeichnung der Probe</i>	<i>Zahl der Einzelproben</i>	<i>Probenahme-tiefe (cm)</i>	<i>Entnahmestelle</i>
<i>P6-89</i>	<i>6</i>	<i>0 – 10</i>	<i>Piste</i>
<i>PR6-89</i>	<i>6</i>	<i>0 – 10</i>	<i>Pistenrand</i>
<i>G6-89</i>	<i>1</i>	<i>–</i>	<i>Gletscherbach</i>
<i>R6-89</i>	<i>1</i>	<i>0 – 40</i>	<i>Referenz</i>

<i>Tab. 50: Analysenergebnisse der Untersuchung 1989 – Hintertux</i>			
<i>Parameter</i>	<i>Referenzprobe R6-89 (mg/l)</i>	<i>Pistenprobe P6-89 (mg/l)</i>	<i>Gletscherbachprobe G6-89 (mg/l)</i>
<i>Sulfat</i>	<i>0,13</i>	<i>0,52</i>	<i>4,20</i>
<i>Chlorid</i>	<i>0,21</i>	<i>0,89</i>	<i>0,27</i>
<i>Nitrat</i>	<i>0,29</i>	<i>1,20</i>	<i>2,40</i>
<i>Ammonium</i>	<i>0,24</i>	<i>0,39</i>	<i>&lt; 0,03</i>
<i>o-Phosphat</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>&lt; 0,05</i>	<i>&lt; 0,05</i>
<i>Calcium</i>	<i>0,31</i>	<i>0,24</i>	<i>10,00</i>
<i>Magnesium</i>	<i>0,06</i>	<i>0,14</i>	<i>0,51</i>
<i>Natrium</i>	<i>0,07</i>	<i>0,13</i>	<i>0,34</i>
<i>Kalium</i>	<i>0,09</i>	<i>0,16</i>	<i>1,50</i>
<i>TOC</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>&lt; 0,50</i>

Bei den Parametern der Referenzprobe (R6-89) sind keinerlei Erhöhungen oder Auffälligkeiten zu bemerken (s. auch Kap. 3).

Die Ergebnisse der Pistenprobe (P6-89) zeigen bei den Anionen Anstiege gegenüber der Bezugsprobe, die bei Chlorid, Nitrat und Sulfat das Vierfache, bei Ammonium das Eineinhalbfache ausmachen. Auch die Werte für Natrium, Kalium und Magnesium sind gegenüber der Referenzprobe verdoppelt.

Es muß aber ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß trotz der festgestellten Erhöhungen die Ionenkonzentrationen in Bereichen liegen, die als den natürlichen Gehalt entsprechend angesehen werden können. Beim Vergleich der Werte von Referenz- und Pistenproben des Jahres 1989 von den einzelnen Gletschern untereinander fällt auf, daß in vielen Fällen der Ammoniumgehalt in den Pistenproben in einer Größenordnung von zirka 0,4 mg/l liegt.



**Tab. 51: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Hintertux) sowie Vergleich mit Literaturdaten**

Parameter	Referenzprobe R6-89 (mg/l)	Pistenprobe P6-89 (mg/l)	Erhöhung gegenüber Referenzprobe (Faktor)	Niederschlagsvergleichswerte (mg/l)*	Hintereisferner (Tirol) Teufelseck (mg/l)**	Badeeis (mg/l)**
Sulfat	0,13	< 0,52	4,0	0,58	0,61	0,59
Chlorid	0,21	< 0,89	4,2	0,21	0,33	0,25
Nitrat	0,29	< 1,20	4,2	0,50	0,48	0,38
Ammonium	0,24	< 0,39	1,6	0,10	0,10	0,09
o-Phosphat	< 0,05	= < 0,05	-	-	-	-
Calcium	0,31	> 0,24	0,8	0,28	0,40	0,32
Magnesium	0,06	< 0,14	2,3	0,02	0,04	0,03
Natrium	0,07	< 0,13	1,9	0,05	0,12	0,06
Kalium	0,09	< 0,16	1,8	0,04	0,06	0,03

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)

\*\*) Mittelwerte über die gesamte Schneedecke (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)

**Gletscherbach**

Der Gletscherbach war – wie der Wert für den TOC zeigt – organisch kaum belastet. Die Ergebnisse für ortho-Phosphat und Ammonium – beides Indikatoren für Verunreinigungen durch häusliche Abwässer – lagen unter der Nachweisgrenze der Analysenmethode.

Der relativ hohe Calciumgehalt ist durch das Vorkommen von Kalkglimmerschiefer im Gestein des Gletscherbereiches erklärbar. Als erhöht ist der Nitratwert anzusehen.

**Tab. 52: Analysenwerte des Gletscherbaches (Hintertux) im Vergleich mit anderen Untersuchungen**

<i>Parameter</i>	<i>Gletscherbachprobe G6-89 (mg/l)</i>	<i>Friesenbergsee*) (mg/l)</i>	<i>Wesendlekarsee*) (mg/l)</i>
<i>Sulfat</i>	4,20	2,00	2,00
<i>Chlorid</i>	0,27	0,14	0,18
<i>Nitrat</i>	2,40	1,60	1,10
<i>Ammonium</i>	< 0,03	0,01	0,00
<i>o-Phosphat</i>	< 0,05	–	–
<i>Calcium</i>	10,00	7,10	2,70
<i>Magnesium</i>	0,51	0,40	0,18
<i>Natrium</i>	0,34	0,41	0,28
<i>Kalium</i>	1,50	1,30	0,47
<i>TOC</i>	< 0,50	–	–

*\*) Vergleichswerte von Hochgebirgsseen in angrenzenden Bereichen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)*

**Organische Überblicksanalyse****Referenzprobe (R6-89)**

Die Referenzprobe enthält vor allem Alkane, Phthalate und eine sehr hohe Basisbelastung. Die Alkane haben Kettenlängen von 18 bis 31 Kohlenstoffatomen mit einer Summenkonzentration zwischen 20 und 25 ppb. Eine charakteristische Verteilung, die auf Mineralölprodukte hinweist, liegt nicht vor. Neben den Alkanen und den nicht näher identifizierten Phthalaten wurden ein aromatisches Sulfon und ein Terpen gefunden.

**Pistenrandprobe (PR6-89)**

Die Hauptmenge der Inhaltsstoffe sind Alkane im Bereich von 22 bis 31 Kohlenstoffatomen mit einer für Mineralölprodukte typischen Verteilung, einem Verteilungsmaximum bei C25 und einer Summenkonzentration zwischen 15 und 20 ppb. Die Basisbelastung ist sehr hoch, als weitere Inhaltsstoffe wurden Phthalate und Terpene gefunden.

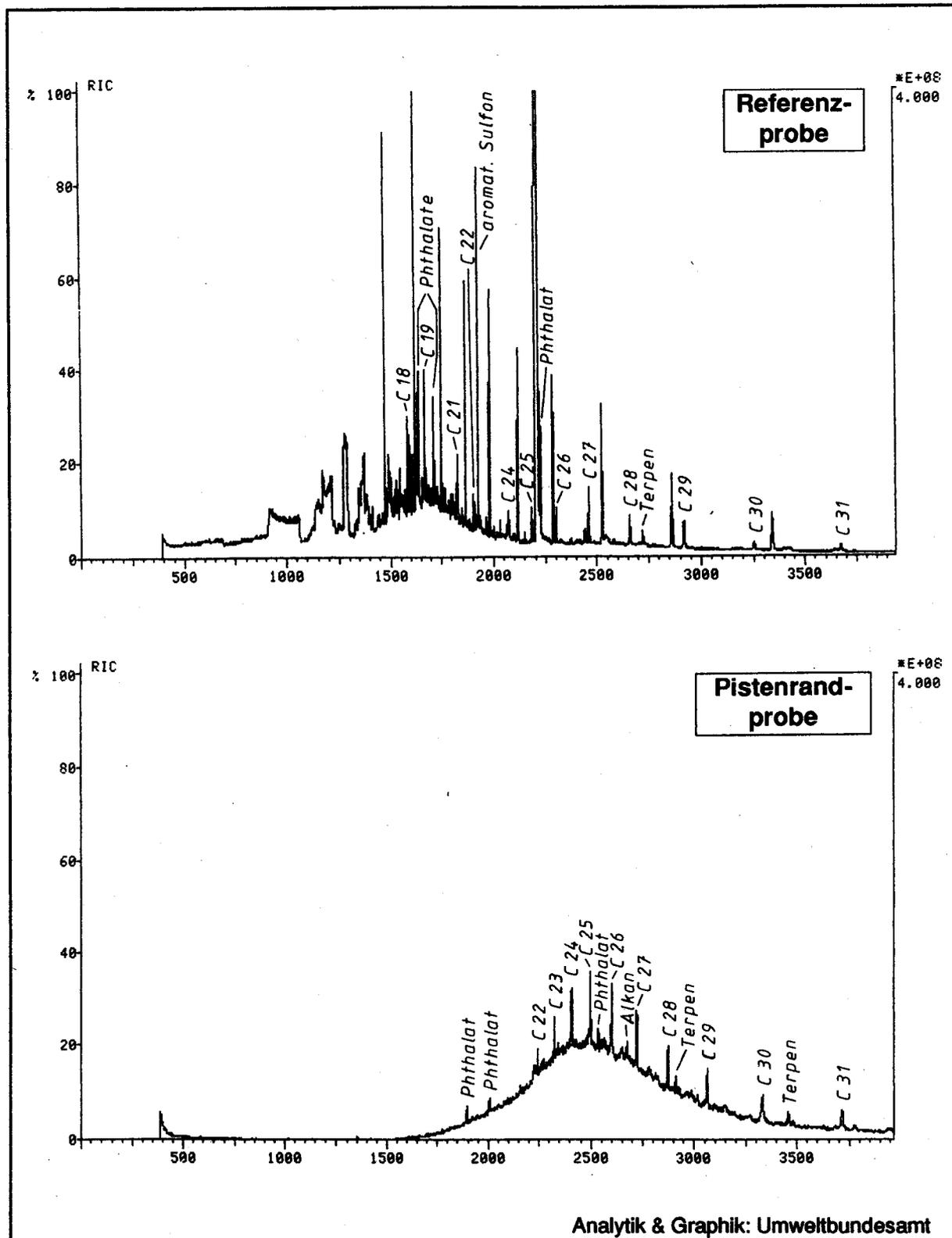


Abb. 52: Intensitätsgleiche Abbildungen der Chromatogramme von Referenzprobe R6-89 (oben) und Pistenrandprobe PR6-89 (unten) des Hintertuxer Gletschers

### Vergleich

Beide Proben weisen eine sehr hohe Basisbelastung aber in unterschiedlichen Elutionsbereichen auf. Die Alkankonzentrationen können als erhöht bezeichnet werden, wobei die Referenzprobe etwas stärker belastet ist als die Pistenrandprobe und im Gegensatz dazu keine typische Alkanverteilung zeigt. Auch die Phthalatgehalte sind in der Referenzprobe höher als in der Pistenrandprobe. Die vergleichsweise höhere organische Basisbelastung der Proben des Hintertuxer Gletschers (1989) im Vergleich zu den Proben anderer Gletscher kann der Übersichtstafel Abbildung 86 entnommen werden. Bemerkenswert ist die höhere Belastung der Referenz- gegenüber der Pistenrandprobe.

Die GC-MS-Untersuchungen der Pistenrandprobe und der Referenzprobe aus dem Jahr 1989 zeigten eine relativ hohe organische Belastung. Alkan- und Phthalatgehalte waren in der Referenzprobe größer als in der Pistenrandprobe. Eine nochmalige Probenahme und Untersuchung sollte zeigen, ob die erhaltenen Daten bestätigt werden können.

#### 5.5.4 Untersuchung 1990

Die Probenahme wurde am 30.8.1990 durchgeführt.

Zum Zeitpunkt der Probenahme war am Hintertuxer Gletscher nur stellenweise eine geringe Schneeeauflage vorhanden. Der Gletscher machte einen optisch ähnlich schmutzigen Eindruck wie der Brunnenkogelferner. Es herrschte nur mäßiger Pistenbetrieb, einige Nachwuchsmannschaften hatten Trainingspisten ausgesteckt.

Die Einzelproben für die Pistenprobe (P6-90) wurden entlang einer breit ausgesteckten Trainingspiste unterhalb der Gefrorenen Wand Spitze entnommen. Die Fahrtstrecke für die Pistenfahrzeuge erstreckte sich von der Gletscherzunge in zwei weitläufigen Serpentinien bis zur Gletscherhütte. Die Pistenrandprobe (PR6-90) wurde aus dem unteren Drittel der Fahrtstrecke entnommen.

Die Referenzprobe (R6-90) stammt von der gleichen Stelle unterhalb des Olperers wie bei der Probenahme 1989.

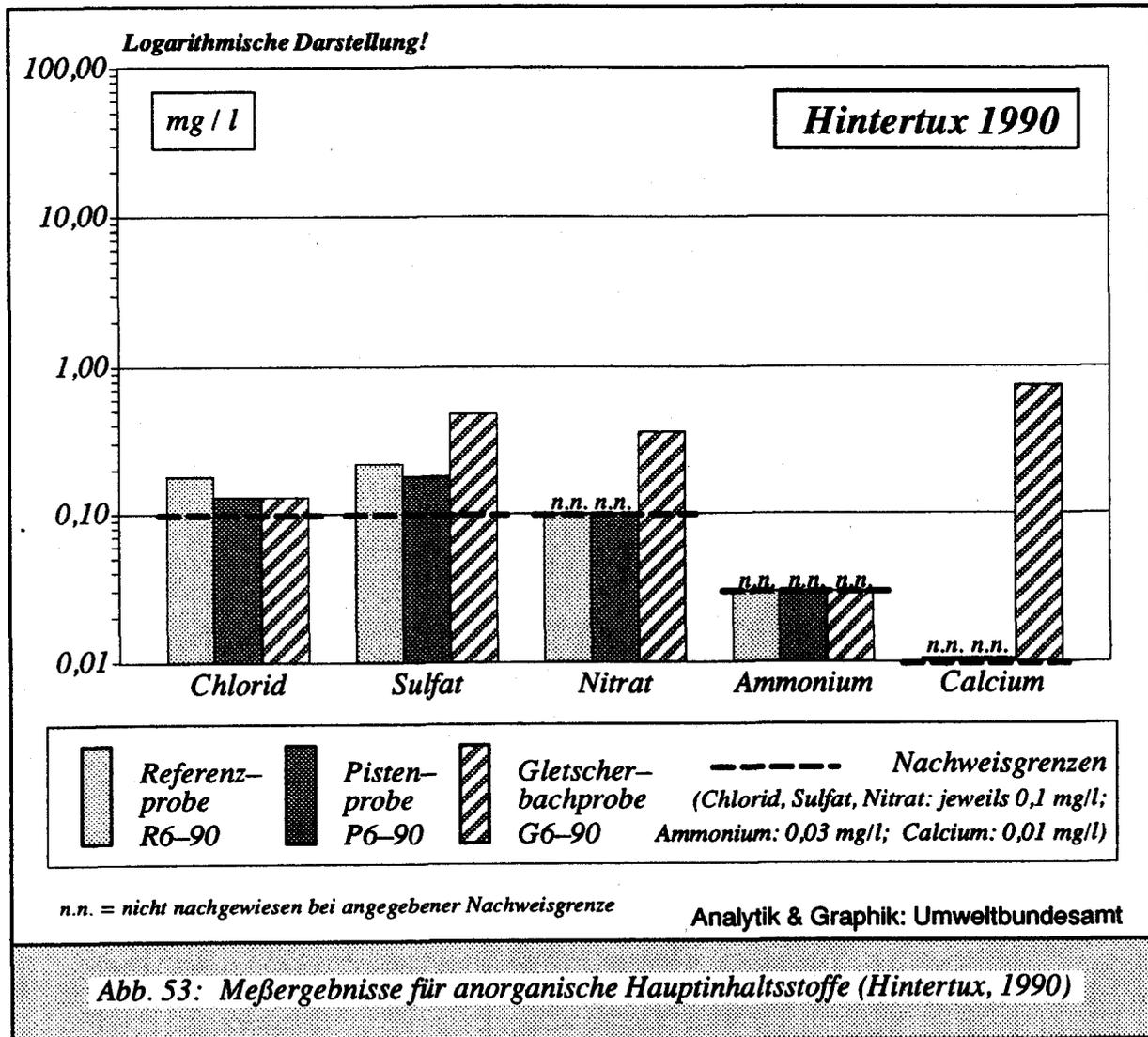
Der Gletscherbach wurde – wie 1989 – unterhalb des Restaurants (Tuxer Ferner Haus) beprobt.

*Tab. 53: Probenahme 1990 – Hintertux*

<i>Bezeichnung der Probe</i>	<i>Zahl der Einzelproben</i>	<i>Probenahmetiefe (cm)</i>	<i>Entnahmestelle</i>
<i>P6-90</i>	<i>4</i>	<i>0 – 20</i>	<i>Piste</i>
<i>PR6-90</i>	<i>4</i>	<i>0 – 20</i>	<i>Pistenrand</i>
<i>G6-90</i>	<i>1</i>	<i>–</i>	<i>Gletscherbach</i>
<i>R6-90</i>	<i>1</i>	<i>0 – 20</i>	<i>Referenz</i>

Tab. 54: Analysenergebnisse der Untersuchung 1990 – Hintertux

Parameter	Referenz- probe R6-90 (mg/l)	Pisten- probe P6-90 (mg/l)	Pistenrand- probe PR6-90 (mg/l)	Gletscherbach- probe G6-90 (mg/l)
Sulfat	0,22	0,18	–	0,48
Chlorid	0,18	0,13	–	0,13
Jodid	< 0,001	< 0,001	–	< 0,001
Nitrat	< 0,10	< 0,10	–	0,36
Nitrit	< 0,01	< 0,01	–	< 0,01
Ammonium	< 0,03	< 0,03	–	< 0,03
o-Phosphat	< 0,05	< 0,05	–	< 0,05
Calcium	< 0,01	< 0,01	–	0,74
Magnesium	0,04	0,04	–	0,25
Natrium	< 0,05	< 0,05	–	< 0,05
Kalium	0,03	0,02	–	0,41
Karbonathärte (°dH)	0,05	0,05	–	0,17
Blei (Probe unfiltriert)	0,047	–	0,154	–
Bor	< 0,03	< 0,03	–	< 0,03
C-H	–	–	–	0,23
TOC	–	–	–	2,10
DOC	–	–	–	0,90
TIC	–	–	–	0,60
DIC	–	–	–	0,60
CSB	–	–	–	< 15,00
BSB <sub>5</sub>	–	–	–	< 10,00
MBAS	–	–	–	< 0,01
LAS	–	–	–	< 0,01
	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
1,1-Dichlorethylen	n.n.	–	n.n.	–
Chloroform	0,7	–	0,3	–
1,1,1-Trichlorethan	0,2	–	0,2	–
1,2-Dichlorpropan	n.n.	–	n.n.	–
1,2-Dichlorethan	n.n.	–	n.n.	–
Tetrachlormethan	n.n.	–	n.n.	–
Trichlorethylen	0,1	–	0,1	–
Bromdichlormethan	n.n.	–	n.n.	–
1,1,2-Trichlorethan	n.n.	–	n.n.	–
Dibromchlormethan	n.n.	–	n.n.	–
Perchlorethylen	0,1	–	0,1	–
1,2,3-Trichlorpropan	n.n.	–	n.n.	–
1,4-Dichlorbutan	n.n.	–	n.n.	–
1,4-Dichlorbenzol	n.n.	–	n.n.	–
1,2-Dichlorbenzol	n.n.	–	n.n.	–
1,2,3,4-Tetrachlorbutan	n.n.	–	n.n.	–



Die Analysenergebnisse der Referenzprobe (R6-90) und der Pistenprobe (P6-90) weisen keinerlei Auffälligkeiten auf. Die Werte sind im Vergleich mit anderen Untersuchungen (s. auch Kap. 3) als eher niedrig zu bezeichnen.

Gegenüber den Ergebnissen der Referenzprobe aus dem Jahre 1989 waren in der Referenzprobe des Jahres 1990 mit Ausnahme des Sulfats bei allen anderen Parametern Abnahmen feststellbar, die zum Teil erheblich sind.

In der Pistenprobe von 1990 konnten bei allen Parametern, abgesehen von den unveränderten Ergebnissen für das ortho-Phosphat, dessen Konzentration in der überwiegenden Zahl aller untersuchten Proben kleiner als 0,05 mg/l war, 1990 Abnahmen registriert werden.

Die Referenz- und Pistenrandprobe der im Jahre 1990 durchgeführten Wiederholungsuntersuchungen wurden auf ihren Gehalt an organischen Schadstoffen wie z.B. halogenierte (chlorierte und bromierte) aliphatische Kohlenwasserstoffe und zwei Dichlorbenzole untersucht. Die Ergebnisse vom Hintertuxer Gletscher bestätigen die bei den anderen Gletschern (Mittelbergferner, Rettenbachferner) erhaltenen Resultate.

**Tab. 55: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Hintertux) sowie Vergleich mit Literaturdaten**

Parameter	Referenz- probe R6-90 (mg/l)	Pisten- probe P6-90 (mg/l)	Erhöhung gegen- über Referenz- probe (Faktor)	Nieder- schlagsver- gleichswerte (mg/l)*	Hintereisferner (Tirol) Teufelseck (mg/l)**	Badeeis (mg/l)**
Sulfat	0,22	> 0,18	0,8	0,58	0,61	0,59
Chlorid	0,18	> 0,13	0,7	0,21	0,33	0,25
Jodid	< 0,001	= < 0,001	-	-	-	-
Nitrat	< 0,10	= < 0,10	-	0,50	0,48	0,38
Nitrit	< 0,01	= < 0,01	-	-	-	-
Ammonium	< 0,03	= < 0,03	-	0,10	0,10	0,09
o-Phosphat	< 0,05	= < 0,05	-	-	-	-
Calcium	< 0,01	= < 0,01	-	0,28	0,40	0,32
Magnesium	0,04	= 0,04	1,0	0,02	0,04	0,03
Natrium	< 0,05	= < 0,05	-	0,05	0,12	0,06
Kalium	0,03	> 0,02	0,7	0,04	0,06	0,03
Karbonathärte (°dH)	0,05	= 0,05	-	-	-	-
Bor	< 0,03	= < 0,03	-	-	-	-

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)

\*\*) Mittelwerte über die gesamte Schneedecke (PSENNER, R., NICKUS, U., 1986)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)

Es wurden Chloroform, 1,1,1-Trichlorethan und Trichlorethylen nachgewiesen. Darüberhinaus war am Hintertuxer Gletscher auch Perchlorethylen in einer Konzentration von 0,1 mg/l vorhanden. Der Chloroform-Gehalt war in der Referenzprobe zirka doppelt so hoch wie in der Pistenrandprobe. Es kann davon ausgegangen werden, daß die Schadstoffe durch Ferntransport und Niederschläge auf die Gletscher gelangen. Ihr Auftreten kann als ubiquitär angesehen werden. Ähnliche Ergebnisse über das Auftreten von halogenierten Kohlenwasserstoffen wurden auch in der Bundesrepublik Deutschland festgestellt und sind in Tabelle 25 dargestellt.

Die Ionengehalte der Wasserprobe aus dem Gletscherbach (G6-90) liegen zum Teil weit unter den Untersuchungsergebnissen des Jahres 1989, wobei die größten Unterschiede bei Sulfat, den Erdalkali- und Alkalimetallen festzustellen waren. Auch der Vergleich mit den in der Nähe befindlichen Seen (Friesenbergsee, Wesendlekarsee) zeigt für den Gletscherbach zumeist niedrigere Werte. Dies ist auf einen großen Oberflächenanteil von Schmelzwasser am Gesamtabfluß zurückzuführen. Auf die starke Dynamik bei den Gehalten an Inhaltsstoffen in Gletscherabflüssen wurde bereits bei Kap. 3.2 hingewiesen. Als erhöht ist der Gehalt an Kohlenwasserstoffen (C-H) im Gletscherbach zu bezeichnen, der mit 0,23 mg/l bereits in einem Konzentrationsbereich liegt, der eindeutig auf eine Verunreinigung hinweist und den Richtwert aus der ImRL (Richtlinien für die Begrenzung von Immissionen in Fließgewässern, BMLF, 1987) von 0,1 mg/l deutlich übersteigt.

**Tab. 56: Analysenwerte des Gletscherbaches (Hintertux) im Vergleich mit anderen Untersuchungen**

Parameter	Gletscherbachprobe G6-90 (mg/l)	Friesenbergsee*) (mg/l)	Wesendlekarsee*) (mg/l)
Sulfat	0,48	2,00	2,00
Chlorid	0,13	0,14	0,18
Jodid	< 0,001	–	–
Nitrat	0,36	1,60	1,10
Nitrit	< 0,01	–	–
Ammonium	< 0,03	0,02	0,00
o-Phosphat	< 0,05	–	–
Calcium	0,74	7,10	2,70
Magnesium	0,25	0,40	0,19
Natrium	< 0,05	0,41	0,28
Kalium	0,41	1,30	0,47
Bor	< 0,03	–	–
Karbonathärte (°dH)	0,17	–	–
C-H	0,23	–	–
TOC	2,10	–	–
DOC	0,90	–	–
TIC	0,60	–	–
DIC	0,60	–	–
CSB	< 15,00	–	–
BSB <sub>5</sub>	< 10,00	–	–
MBAS	< 0,01	–	–
LAS	< 0,01	–	–

\*) Vergleichswerte von Hochgebirgsseen in angrenzenden Bereichen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)

Gegenüber der Untersuchung von 1989 als erhöht und konform mit dem Gehalt an Kohlenwasserstoffen muß der TOC bezeichnet werden. Die Erhöhung beider Parameter zeigt eine Verunreinigung mit organischen Substanzen an, für die – wie die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen vom Hygiene Institut der Universität Wien zeigen (leicht erhöhte Koloniezahl, Escherichia Coli und Enterokokken konnten nicht nachgewiesen werden) – als Ursache häusliche Abwässer nicht nachgewiesen werden konnten. Der Anteil an Kohlenwasserstoffen könnte eventuell auf Mineralöle zurückzuführen sein.

### Organische Überblicksanalyse

#### *Referenzprobe (R6-90)*

Von den identifizierten Substanzen (Phthalate, alkylierte Phenole, Phosphorsäureester, Carbonsäureester, Alkane, Terpen) weisen ein Phthalat und ein Phosphorsäureester die höchsten Konzentrationen auf. Die Summe der Alkane (10 Kohlenstoffatome und 16 bis 29 Kohlenstoffatome) weist eine Konzentration von 15 – 20 ppb auf.

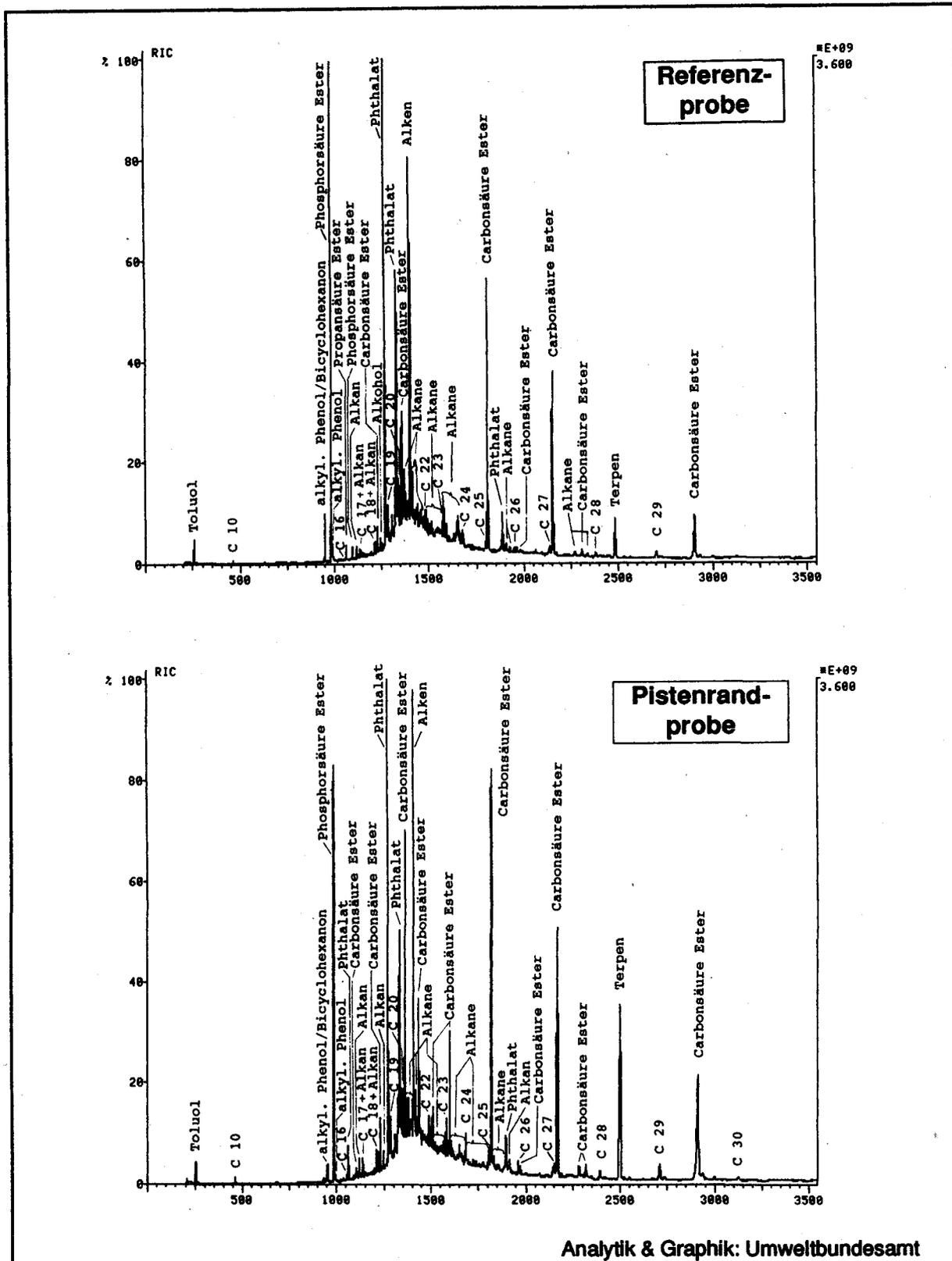


Abb. 54: Intensitätsgleiche Abbildungen der Chromatogramme von Referenzprobe R6-90 (oben) und Pistenrandprobe PR6-90 (unten) des Hintertuxer Gletschers

Analytik & Graphik: Umweltbundesamt

### *Pistenrandprobe (PR6-90)*

Diese Probe ist bis auf geringfügige Konzentrationsunterschiede mit der Referenzprobe identisch. Sowohl die Alkankonzentration von 20 – 25 ppb als auch die Untergrundbelastung ist ähnlich der der Referenzprobe.

### *Vergleich*

Der Vergleich zeigt die Ähnlichkeit der Proben in allen Bereichen. Daher kann die Verunreinigung nicht eindeutig auf den Schibetrieb zurückgeführt werden.

Die erhöhte organische Belastung der Referenzprobe aus dem Jahre 1989 konnte nicht bestätigt werden.

### **5.5.5 Zusammenfassung der Untersuchungen**

Das Schigebiet Hintertux wurde in zwei aufeinanderfolgenden Jahren (1989, 1990) im Bereich der Piste und an einer Referenzstelle beprobt. In beiden Jahren war auch ein Gletscherbach für die Probenahme zugänglich. Obwohl alle anorganischen Meßergebnisse aus Referenz- und Pistenprobe im Jahre 1989 in dem aus Literaturdaten ermittelten Schwankungsbereich liegen, ist doch bei fast allen Werten der Pistenprobe eine geringfügige Erhöhung gegenüber jenen der Referenzprobe und teilweise auch gegenüber den Niederschlagswerten festzustellen. Rückschlüsse auf eventuelle Ursachen sind allerdings nicht möglich.

Die für die anorganischen Parameter des Jahres 1990 erhaltenen Meßergebnisse sind als gering einzustufen und entsprechen größenordnungsmäßig den Werten wie sie auch bei den anderen in dieser Jahreszeit entnommenen Gletscherproben nachgewiesen wurden. Sie fallen durchwegs in die angegebenen Schwankungsbereiche und liegen im Konzentrationsbereich der in der Literatur für Niederschläge angegeben ist. Verglichen mit den Werten aus dem Jahre 1989 wurden in den Proben aus dem Jahre 1990 bei den anorganischen Inhaltsstoffen niedrigere Konzentrationen festgestellt.

In beiden Proben aus dem Jahre 1989 wurde, gemessen an den Ergebnissen der Proben von anderen Gletschern, die größte organische Verunreinigung nachgewiesen. Hingegen lag diese des Jahres 1990 durchaus in der Größenordnung wie sie auf anderen Gletschern gemessen worden ist und damit deutlich unter der des Vorjahres.

Die Ergebnisse der im Jahre 1989 durchgeführten Untersuchungen auf organische Verunreinigungen zeigten, daß die Basisbelastung der Pistenrandprobe deutlich höher war, als diese der Referenzprobe, während die Verhältnisse bei den Alkanen genau umgekehrt lagen.

Im August 1990 wurde auch auf leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (HKW) untersucht. Die Ergebnisse stehen durchaus im Einklang mit international vorliegenden Daten. Es kann davon ausgegangen werden, daß der Eintrag durch Ferntransport erfolgt.

Die Ionengehalte des Gletscherbaches unterliegen jahreszeitlich bedingten Schwankungen und liegen im August deutlich unter den Werten vom Oktober. Die 1990 festgestellte organische Verunreinigung ist aufgrund der hygienischen Untersuchungsergebnisse nicht auf häusliche Abwässer zurückzuführen. Sie dürfte von technischen Produkten stammen.

### 5.6 Kitzsteinhorn – Kaprunertal



**Probenahmestellen** (gelb: Probenahme 1989, orange: Probenahme 1990):

△ Referenzprobe

Einzelprobe für die Mischproben:

○ Piste

◇ Pistenrand

**Abb. 55:** Kartenausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr.40 'Großglocknergruppe', 1:25.000, 6. Ausgabe 1982, Gletscherstand: 1965.

Die Aufstiegshilfen Gletscherbahn Kaprun 2, Gipfelbahn, Sonnenkarbahn, Langwiedbahn, Magnetköpflift I+II und Keeslift sind noch nicht eingezeichnet.

### 5.6.1 Infrastruktur und Besucherzahlen

Die Talstation des Gletscherschigebietes am Kitzsteinhorn, das seit 1966 existiert, liegt ca. 5 km taleinwärts des Ortes Kaprun in ca. 900 m Höhe. Das Schigebiet am Kitzsteinhorn kann durch eine Schienenbahn, die großteils in einem Tunnel verläuft, erreicht werden. Diese Bahn endet beim Alpincenter in ca. 2450 m Höhe. In diesem Bereich befinden sich auch die Krefelder Hütte der DAV-Sektion Krefeld und ein Bundessportheim. Für die Fahrt von der Talstation ins Schigebiet steht außerdem noch eine 8-er Kabinen-Umlaufbahn zur Verfügung. Diese wird zur Talstation der Langwiedbahn geführt. Diese Kabinenbahn weist eine Kapazität von 1500 Personen pro Stunde auf. Vor 1991 existierte eine Kabinenbahn, die in zwei Sektionen mit einer Zwischenstation bei der Salzburger Hütte, 1867 m, zum Alpincenter geführt wurde. Diese Kabinenbahn wies nur eine relativ geringe Kapazität auf (siehe Tab. 57) und war z.B. im Sommer 1989 nur an 17 Tagen in Betrieb (Amtliche Eisenbahnstatistik der Republik Österreich 1990: 83).

Das Schmiedinger Kees wird vom Alpincenter aus mit zwei Seilbahnen erschlossen: der östliche Teil wird mit der obersten Sektion der Kabinenbahn, die zur in 3029 m Höhe befindlichen Bergstation Kitzsteinhorn führt, erreicht. Diese Bergstation mit Restaurant befindet sich knapp 200m unter dem Gipfel. Eine kleine Schienenbahn stellt die Verbindung zwischen der Bergstation und den Schleppliften 'Magnetköpfl I+II' her.

Der westliche Gletscherteil wird vom Alpincenter aus durch den Doppelsessellift Schmiedingergratbahn erschlossen. Am Schmiedinger Kees selbst stehen zwei Doppelschlepplifte: mit den 'Maurergletscherliften I+II' wird der Gletscherteil östlich des Maurerkogels, 2995 m, erschlossen, mit den 'Schmiedingerliften I+II' wird der mittlere Gletscherteil für den Schilaufl zugänglich gemacht. Neu ist der Keeslift, der von der Talstation der Maurergletscherlifte zur Bergstation der Schmiedingerlifte führt.

Außerhalb des Gletschers stehen die Sonnenkarbahn, eine Doppelsesselbahn, die vom Gletschersee zur westlichen Gletscherzunge führt und vor allem eine Zubringerfunktion hat, der Schlepplift 'Krefelder Hütte', der sich im Bereich des Alpincenters befindet und die 'Langwiedbahn', eine 4er Sesselbahn, deren Kopfstation sich beim Alpincenter befindet. Der Schlepplift 'Salzburgerboden' ist ein kleiner Zubringerlift bei der Zwischenstation der Kabinenbahn 'Gletscherbahn Kaprun 1' bei der Salzburger Hütte und wird nur periodisch betrieben.

Insgesamt weist das Schigebiet im Winter eine maximale Höhenerstreckung von etwa 1150 Metern auf.

#### *Betriebszeiten der Liftanlagen:*

Im Sommer werden im Gletscherbereich – siehe auch Tabelle 57 – nur Magnetköpfl- und Schmiedingerlifte betrieben. Dazu wird ab etwa Ende Juli der Einstieg der Schmiedingerlifte auf das obere Gletscherplateau verlegt. Die Schmiedingergratbahn – und damit zusammenhängend die Maurergletscherlifte – werden nur von etwa Oktober bis Mitte/Ende Juni betrieben. Die Gondelbahn zur Kitzsteinhorn-Bergstation und die 'Gipfelbahn' fungieren im Sommer nur als Zubringer.

**Tab. 57: Seilbahnen und Lifte des Gletscherschigebietes Kitzsteinhorn – Kaprunertal**  
(Quelle: Amtliche Eisenbahnstatistik der Republik Österreich und Unterlagen der  
Betreibergesellschaft, Stand Dez.1990)

Liftbezeichnung	Typ	Höhen- diff.	schräge Länge	Kapazität Pers./h	Sommer- betrieb	An- trieb
<i>Gletscherbahn Kaprun<sup>1</sup></i>						
1 a) Wüstelau-Salzb.H. <sup>1</sup>	KB	970 m	a)+b):	a)+b):	ja <sup>2</sup>	E
2 b) Salzb.H.-Krefeld.H.	KB	554 m	2028 m	340	ja <sup>2</sup>	E
3 c) Krefeld.H.-Kitzsteinh.	KB	577 m	2205 m	680	ja <sup>3</sup>	E
4 Gletscherbahn Kaprun 2 <sup>1</sup>	STB	1535 m	3900 m	1220	ja <sup>1</sup>	E
5 Gipfelbahn <sup>4</sup>	STB	91 m	257 m	500	ja <sup>3</sup>	E
6 Schmiedingergratbahn	DSB	300 m	1275 m	900	–	E
7 Sonnenkarbahn <sup>6</sup>	DSB	197 m	800 m	1440	–	E
8 Langwiedbahn <sup>6,7</sup>	4SB	477 m	1650 m	2200	–	E
9 Maurer Gletscherlift I	SCHL	308 m	1120 m	1000	–	E
10 Maurer Gletscherlift II	SCHL	308 m	1120 m	1000	–	E
11 Schmiedingerlift I	SCHL	413 m	1388 m	1000	ja <sup>5</sup>	E
12 Schmiedingerlift II	SCHL	413 m	1388 m	1000	ja <sup>5</sup>	E
13 Magnetköpflift I	SCHL	60 m	290 m	I)+II):	ja	E
14 Magnetköpflift II	SCHL	60 m	280 m	1440	ja	E
15 Keeslift <sup>7</sup>	SCHL	322 m	1400 m	1440	ja <sup>5</sup>	E
16 Krefelderhüttenlift <sup>6</sup>	SCHL	343 m	1507 m	1440	–	E
17 Salzburgerbodenlift <sup>6</sup>	SCHL	24 m	82 m	650	–	E
<i>Summe</i>		6952 m	22718 m	16250		
<i>Summe ohne Zubringer I.Sektion</i>		4447 m	16790 m	14690		
<i>Summe nur vergletsch.Ber.</i>		3049 m	11523 m	10400		
<p><i>E: elektrischer Antrieb</i>  <i>KB: Kabinenbahn, STB: Standseilbahn, DSB: Doppelsesselbahn, 4SB: Vierersesselbahn, SCHL: Schilift</i>  <sup>1</sup>Zubringerbahn, außerhalb des vergletscherten Bereiches; <sup>2</sup>Zubringerbahn, im Sommer sporadischer Betrieb; <sup>3</sup> im Sommer nur Zubringer; <sup>4</sup> Zubringer zur Gipfelstation; <sup>5</sup> im Sommer nur im oberen Abschnitt Schibetrieb; <sup>6</sup> außerhalb des vergletscherten Bereiches; <sup>7</sup> Inbetriebnahme Ende 1990</p>						

Die Revisionszeiten der Bahnen werden nach Möglichkeit so gelegt, daß insgesamt ein ununterbrochener Betrieb möglich ist.

#### Ausbaupläne:

Im Süden grenzt das Gletscherschigebiet an die Kernzone des Nationalparks Hohe Tauern. Dadurch ist eine Ausdehnung des Schigebietes auf andere Gletscher ausgeschlossen und heute auch außer jeder Diskussion.

#### Parkplätze:

Die Talstation liegt ca. 5 km vom Ortszentrum von Kaprun entfernt. Bei der Talstation sind Parkplätze für 900 PKW und bis zu 80 Busse vorhanden. Weiters stehen ca. 1 km taleinwärts für Tage mit sehr starkem Besucherandrang weitere Parkplätze zur Verfü-

gung. Nach Auskunft der Betreibergesellschaft ist das Parkplatzangebot normalerweise leicht ausreichend, zumal – nach einer Schätzung der Liftgesellschaft – im Jahr 1989/90 bis zu 300 000 Besucher von der Möglichkeit eines Bustransfers zur Talstation – z.T. auch von Zell am See aus – Gebrauch gemacht haben.

#### *Beschäftigte:*

Insgesamt sind etwa 150 Personen beschäftigt, wobei davon ca. 130 Personen ganzjährig angestellt sind.

#### *Pistenpräparierung:*

Die Pistenpräparierung erfolgt nach Auskunft der Gletscherbahnen nur durch Schneeschieben. Eisfräsen werden keine verwendet. Chemische Mittel zur Pistenpräparierung werden nicht verwendet. Dies ist auch Rennmannschaften verboten, die das Verbot schriftlich bestätigen müssen.

Beschneigungsgeräte werden keine verwendet. Ein eventueller Einsatz scheitert nach Auskunft der Gletscherbahnen am Problem der Wasserversorgung dieser Geräte.

#### *Pistengeräte:*

Für alle Pistenraupen bestehen Garagen im Alpincenter, die mit entsprechenden Böden sowie Öl- und Benzinabscheidern ausgerüstet sind. Seit etwa Mitte 1989 wurden Versuche mit biologisch abbaubaren Ölen unternommen. Die Umrüstung aller Geräte auf diese Öle, und damit die nötige technische Anpassung ist bereits erfolgt.

#### *Energieversorgung:*

Die Lifтанlagen werden sämtlich mit Strom betrieben. Dabei ist die Leitung vom Tal zum Alpincenter unterirdisch verlegt. WOLF (1985:90) spricht hier noch von einer Freileitung. Heute führt eine Freileitung vom Alpincenter zur Talstation der Schmiedingerlifte I+II. Hier werden die Sonnenkarbahn und die Schmiedingerlifte versorgt. Die Freileitung führt als Lufthängekabel weiter über das Schmiedinger Kees bis etwa zum Punkt 2955m am Nordgrat des Kitzsteinhorns, und von dort zur Gipfelstation. Diese Freileitung wurde 1983 errichtet, davor erfolgte die Energieerzeugung in der Bergstation mittels eines Dieselgenerators (WOLF 1985). Von der Bergstation aus werden Gipfelbahn und Magnetköpflifte versorgt. Die elektrischen Leitungen zu den anderen Liften sind unterirdisch verlegt.

Die Energieversorgung der Restaurants, inklusive der Heizung, erfolgt ebenfalls elektrisch.

#### *Wasserversorgung und Abwasserentsorgung:*

Das Schigebiet besitzt eine eigene Wasserversorgung. Es sind zwei Quellfassungen vorhanden: eine davon befindet sich im Tunnel der Gletscherbahn Kaprun 2; die zweite Quelle liegt im Hang oberhalb der Langwiedbahn-Talstation. Deren Wasser wird ebenfalls in die Tunnelleitung, die zum Alpincenter führt, eingespeist. Daneben besteht noch ein Anschluß zum Ortsnetz, welcher nur zur Behebung von Engpässen dient. Die Gipfelstation Kitzsteinhorn wird über Container mit Wasser versorgt. Die Abwasserent-

sorgung dieser Bergstation erfolgt ebenfalls mit Containern. Vom Alpincenter aus führt durch den Tunnel der Gletscherbahn Kaprun 2 eine Abwasserleitung in das Tal. Die Abwässer werden schließlich bis zur Kläranlage Kaprun/Zell am See weitergeleitet. Angehängen an diese Abwasserleitung ist neben dem Alpincenter auch die benachbarte Krefelder Hütte.

### Besucher:

Abbildung 56 zeigt eine Statistik der monatlichen Besucher als Zahl der bergwärts transportierten Personen der 1. Sektion der Gletscherbahnen Kaprun 1 und Kaprun 2. Die Angabe stimmt sicherlich nicht völlig mit den realen Besucherzahlen überein, da sich im Schigebiet mit Alpincenter, Berghaus und zwei Hütten mehrere Übernachtungsbetriebe befinden und daher die absolute Zahl der Besucher nach oben zu revidieren ist. In weiterer Folge wird aber weiterhin die Zahl der Bergfahrer als Besucherzahl angesprochen.

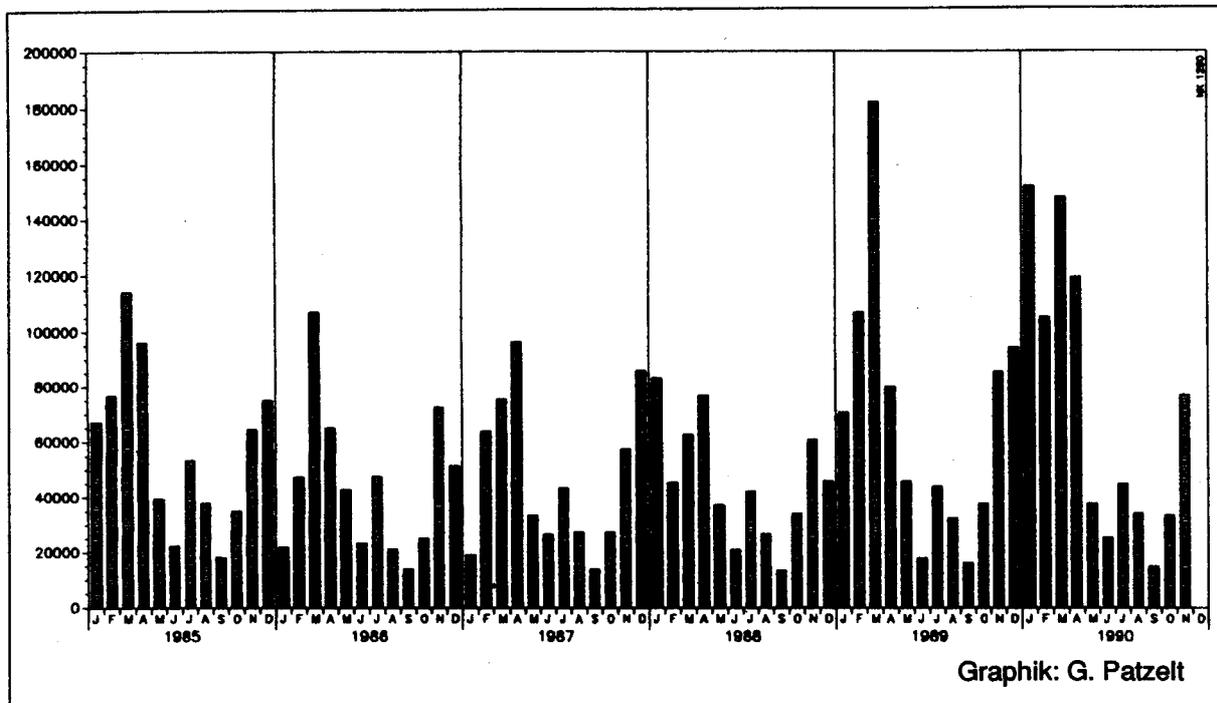
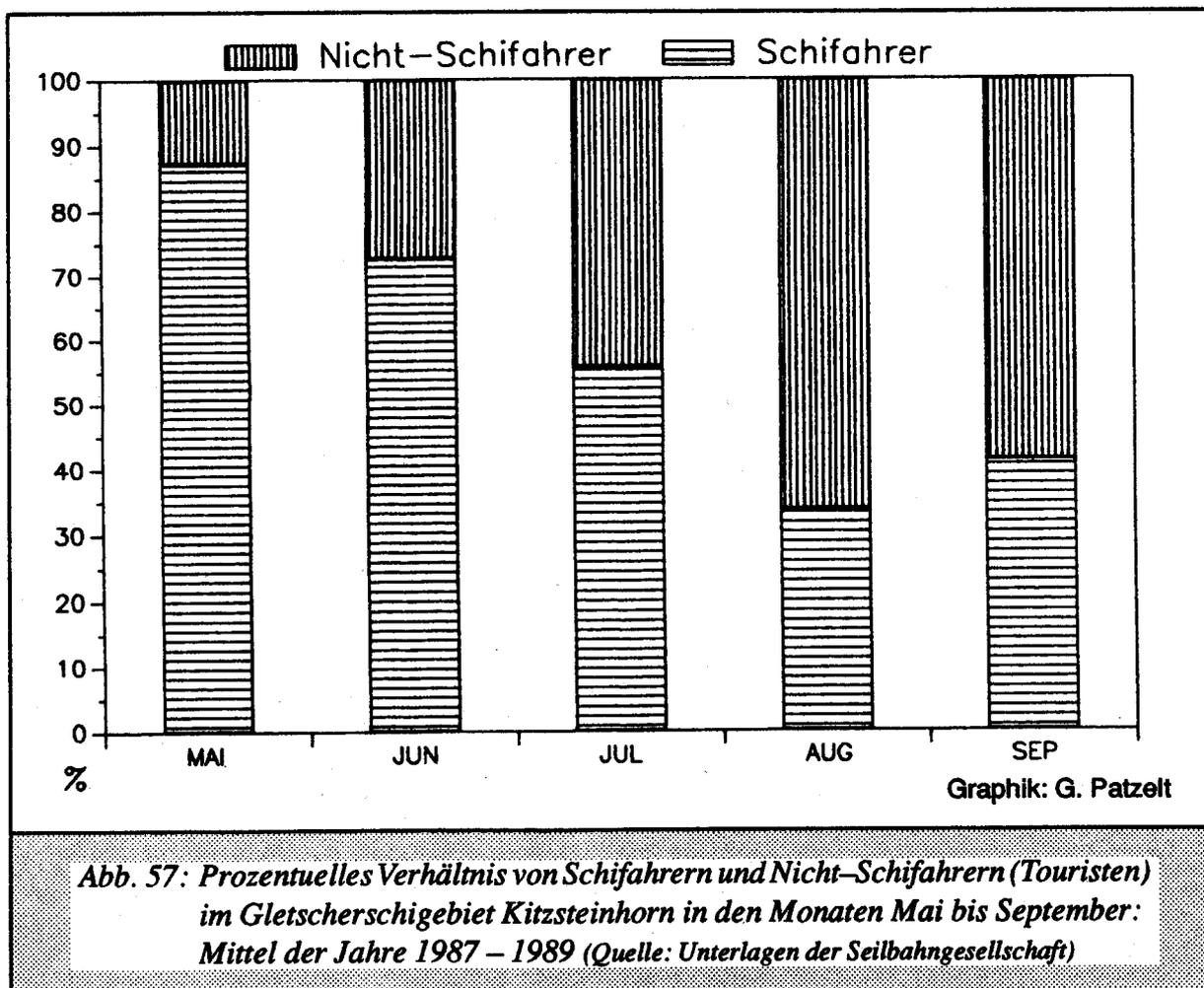


Abb. 56: Zahl der Besucher pro Monat = Zahl der ab Tal bergwärts beförderten Personen: Gletscherbahnen Kaprun 1 und Kaprun 2, Jan. 1985 – Nov. 1990 (Quelle: Unterlagen der Seilbahngesellschaft)

Die Jahre 1985 bis 1987 weisen mit jährlichen Besucherzahlen zwischen 560 000 und 590 000 ähnliche Resultate auf und zeigen auch bezüglich der monatlichen Zahlen eine ähnliche Verteilung: das absolute Maximum wird im März/April erreicht – der genaue Zeitpunkt hängt nur vom jeweiligen Ostertermin ab –, das zweite Maximum liegt in den Monaten November/Dezember. Ein drittes Maximum, welches allerdings nur die halbe Besucherzahl des März/April-Wertes erreicht, tritt im Juli auf. Die Minima sind in den Jahren 1985 bis 1987 im Jänner, Juni und September zu verzeichnen.

In den Jahren 1988 bis 1990 änderte sich aufgrund des Schneemangels die Besucher-  
verteilung: Im Jänner 1988 wurde das zweithöchste Monatsergebnis erzielt. In den  
Jahren 1989 und 1990 wurden neue Besucherrekorde erreicht, und das Hochwinter-  
minimum verschwindet völlig. Der März 1989 brachte eine durchschnittliche tägliche  
Besucherzahl von ca. 6000 Personen. Ein Tagesbesucherrekord wurde am 30.3.1990  
mit knapp 9000 Personen erreicht. Aufgrund des Besucherandrangs wurde von seiten  
der Liftgesellschaft bereits an mehreren Tagen der Transport ins Gletscherschigebiet  
eingestellt. Im Wirtschaftsjahr 1989/90 wurde eine Besucherzahl von knapp 900 000  
Personen verzeichnet. Bis dahin hatte das Jahr 1979 mit ca. 730 000 Besuchern als  
Rekordjahr gegolten.

Die Minima der Besucherzahlen werden vor allem im Sommer erreicht. In den Jahren  
1985 bis 1988 lag der Sommeranteil – Juni bis September – der Besucher bei jeweils  
etwa 19%. Aufgrund des starken Andrangs in den Wintern der darauffolgenden Jahre  
sank der Sommeranteil auf etwa 13% ab. Berücksichtigt man die Tatsache, daß die  
Schifahrer deutlich mehr Geld ausgeben als die Fußtouristen, so sinkt die wirtschaft-  
liche Bedeutung der Sommersaison für das Gletscherschigebiet Kitzsteinhorn weiter  
deutlich.



Gegenüber den Jahren um 1970 hat sich die Verteilung der Besucher auf die Saisonen deutlich geändert. BARNICK (1974) nennt noch einen Anteil von 43,3% der Besucher in den Monaten November bis April am Jahresergebnis, 1988 lag der entsprechende Wert bei 54%, 1989 bei 66%.

Abbildung 57 zeigt das Verhältnis von Schifahrern und Nicht-Schifahrern bzw. Touristen in den Monaten Mai bis September. Die Darstellung beruht auf den Ergebnissen der Jahre 1987–1989. Im Mai sind mit einem Anteil von fast 90% fast nur Schifahrer im Gletscherschigebiet unterwegs. Dieser Anteil sinkt bis auf etwa 35% im August ab, um im September wieder leicht anzusteigen. Damit ist der Schifahreranteil im Gletscherschigebiet Kitzsteinhorn im Vergleich zu den anderen Schigebieten relativ groß.

#### Nächtigungszahlen der Gemeinde Kaprun:

Abbildung 58 zeigt für die Gemeinde Kaprun die saisonalen Nächtigungsziffern und die prozentuelle Bettenauslastung. Kaprun weist ca. 5000 Betten auf. Im Jahr 1989 lag Kaprun bezüglich der Übernachtungszahlen an 30. Stelle der österreichischen Fremdenverkehrsorte.

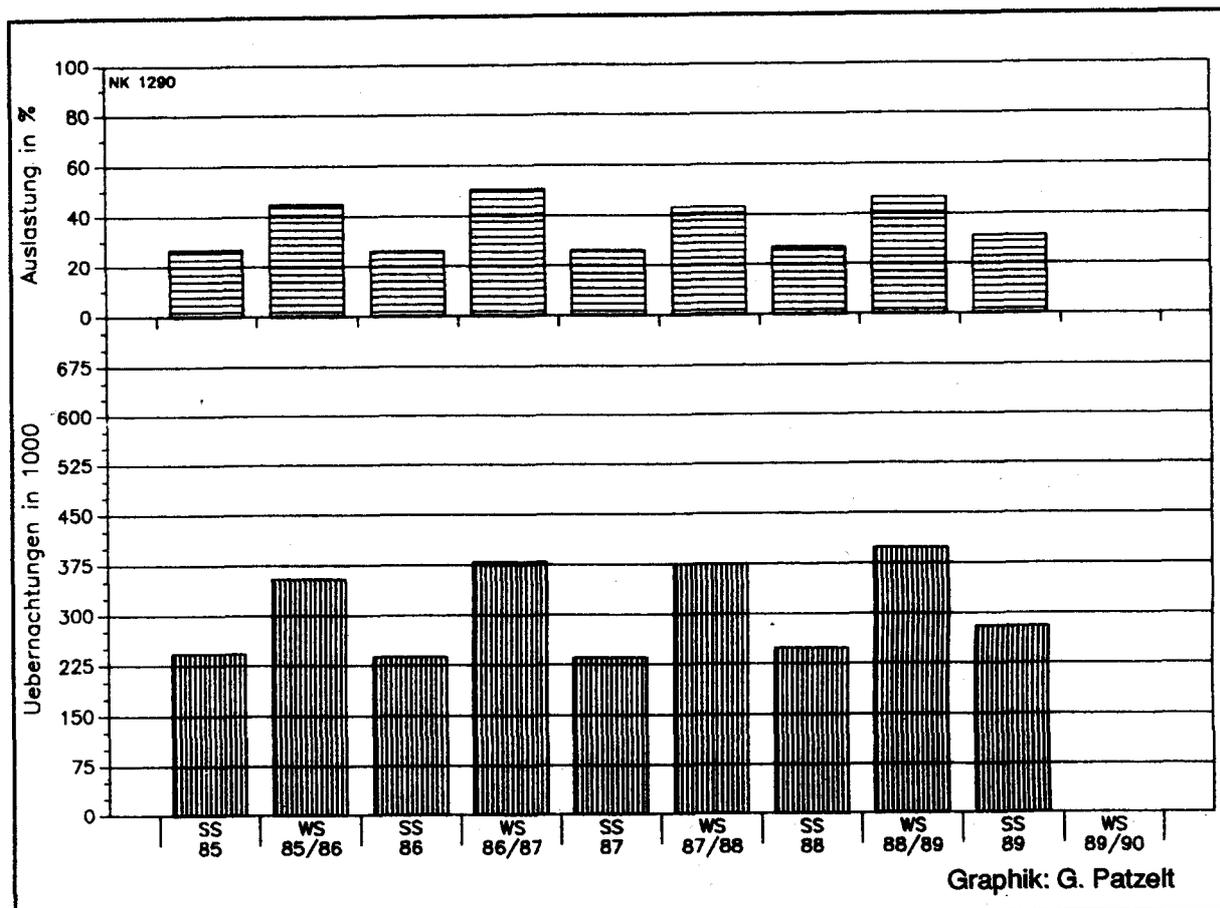


Abb. 58: Saisonale Übernachtungszahlen, absolut, und Bettenauslastung, in Prozent, in der Gemeinde Kaprun: Sommersaison 1985 – Sommersaison 1989 (Quelle: Der Fremdenverkehr in Österreich etc.. In: Beiträge zur Österreichischen Statistik)

Bei den Übernachtungszahlen besteht ein Verhältnis von etwa 2:3 zwischen Sommer- und Wintersaison. Die Bettenauslastung in der Wintersaison erreicht maximal 50%. Die Wintersaison 1988/89 zeigt keine wesentliche Nächtigungszunahme. Dies überrascht, da bei den Besucherzahlen im Gletscherschigebiet für den gleichen Zeitraum doch deutliche Zuwachsraten festzuhalten sind.

### 5.6.2 Der Gletscher des Schigebietes

#### *Geologie:*

Das Schmiedinger Kees liegt in der Glocknergruppe der Hohen Tauern. Das Gebiet des Gletscherschigebietes gehört zur Schieferhülle des Tauernfensters. Im Bereich des Schmiedinger Kees stehen vor allem Glimmerschiefer, speziell Kalk- und Granatglimmerschiefer, sowie etwas Grünschiefer an (PASDAR, 1985).

#### *Beschreibung:*

Das Schmiedinger Kees ist ein nordost-orientierter Gletscher, dessen oberer Rand am Rücken zwischen Kitzsteinhorn, 3202m, und Gr.Schmiedinger, 2960m, liegt. Das Schmiedinger Kees ist ein relativ breiter Gletscher, der aus mehreren Einzelkaren gespeist wird. Entsprechend endet das Kees heute auf einer breiten Front und bildet dabei mehrere Zungenlappen aus.

Tab. 58: Gletscher des Schigebietes Kitzsteinhorn/Kaprun (Quelle: Österr. Gletscherinventar)

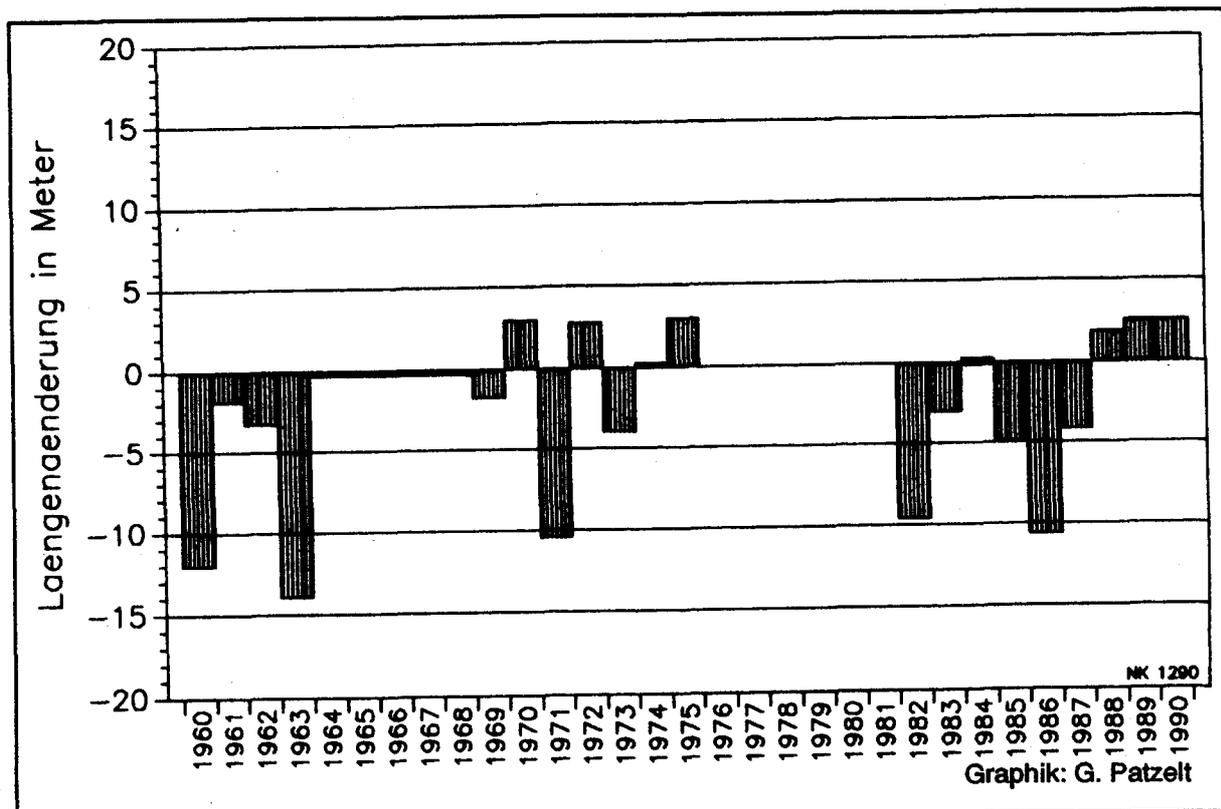
Gletscher	Exp.	Fläche	höch.P.	tief.P.	max.Länge	SG 2:1	Fl.Änd.	SG Änd.
Schmiedin- gerkees	1969 1850	1,812km <sup>2</sup> 3,121km <sup>2</sup>	3160m 3200m	2410m 2050m	2,0km 3,1km	2680m 2570m	-41,9% -	+110m -

*Exp.: Exposition, NE: Nord-Ost, SG: Schneegrenze, SG 2:1: siehe Kap. 2.1.2*

#### *Größenänderungen:*

Das Schmiedinger Kees weist eine Fläche von ca. 1,8 km<sup>2</sup> und eine maximale Länge von 2,0 km auf. Gegenüber dem Hochstand von '1850' ist ein Flächenverlust von 41,9 % festzuhalten. Dieser Rückgang betrug in den etwa 70 Jahren zwischen '1850' und 1925 ca. 16 %, in den gut 40 Jahren zwischen 1925 und 1969, bezogen auf die Fläche von 1925, hingegen ca. 31 %.

Die Längenänderungen dieses Gletschers werden vom Österr. Alpenverein seit dem Beginn der 1950er Jahre gemessen. Die Beobachtungen sind lückenhaft. Abbildung 59 zeigt die Meßreihe ab dem Jahr 1960. Seit dem Beginn der Beobachtungsreihe sind Längenverluste festgehalten. Der größte Rückgang wurde 1963 mit -13,9 Metern beobachtet. Zwischen 1963 und 1967 ist ein kumulierter Rückgang von nur mehr -1,3 m



**Abb. 59: Längenänderung des Schmiedinger Keeses im Vergleich zum Vorjahr:  
Die Meßergebnisse der Jahre 1960 – 1990**  
(Quelle: Publikationen und Jahresberichte des Gletschermessdienstes des ÖAV)

verzeichnet. In der ersten Hälfte der 1970er Jahre sind auch mehrere Jahre mit Längenzunahmen festzuhalten. Allerdings wurde dabei der Betrag von +3 m pro Jahr nie überschritten. Die zweite Hälfte der 1970er Jahre weist eine Meßlücke auf. Die gletscherfreundlichen 1980er Jahre führten auch am Schmiedinger Kees zu z.T. deutlichen Längenverlusten, erst in den letzten Jahren ist hier eine Trendumkehr zu erkennen.

Ein Einfluß durch die Nutzung dieses Gletschers als Schigebiet auf die Gletschergröße ist auf der Basis dieser Beobachtungsreihe nicht nachweisbar. Insbesondere gilt dies, wenn die aufgrund natürlicher Klimaänderungen erfolgten Größenänderungen bedacht werden.

Die Schmelzwässer des Schmiedinger Keeses werden von den Tauernkraftwerken für Energiegewinnungszwecke genutzt. Deshalb liegen z.T. über Längenänderungsbeobachtungen hinausgehende Daten vor. Bei einem Vergleich von Karten, die die Gletscherstände von 1953 bzw. 1967 beinhalten, konnte von KROPATSCHEK (1970) ein deutlicher Rückgang der Eisränder und ein Einsinken der Gletscheroberfläche im Ablationsgebiet um bis zu 8 m festgestellt werden. Diesem Einsinken steht eine Erhöhung der Gletscheroberfläche im Akkumulationsgebiet um bis zu 10 m gegenüber.

Dieses differenzierte Verhalten konnte auch bei anderen Alpengletschern beobachtet werden und erklärt sich im wesentlichen durch einen Rückgang der Fließgeschwindigkeit des Eises, was zu einer Verlangsamung des Abtransportes der im Firngebiet ange-

sammelten Massen und längerfristig zu einer Erhöhung der Gletscheroberfläche in diesen Bereichen führt. Demgegenüber bleibt der Eisnachschiebung im Ablationsgebiet aus, was zu einem Einsinken des Gletschers führt. Mitte der 1960er Jahre wurden gletscherfreundliche Massenhaushaltsjahre beobachtet, die aber sicherlich auch zur beobachteten Aufhöhung des Schmiedinger Keeses im Firngebiet beigetragen haben.

Als mittlere Eismächtigkeit für das Schmiedinger Kees wurde aufgrund von seismischen Untersuchungen in den Jahren 1965 und 1966 ein Wert von etwa 41 m ermittelt (THYSSEN u. KOHNEN, 1968). Dabei wurden Eismächtigkeiten im oberen Gletscherteil von bis zu 70 m festgestellt (KROPATSCHEK, 1973).

TOLLNER (1976) gibt eine Übersicht über Firnschneeverdichtungen in genutzten Bereichen des Schmiedinger Keeses. Es wurden dabei im Bereich von Abfahrtspisten Dichten von 0,63–0,64 gemessen, in nur wenig von Schifahrern genutzten Bereichen lag der entsprechende Wert bei 0,59. Die beobachtete Dichtezunahme ist mit weniger als 10% relativ gering.

Eine für das Haushaltsjahr 1974/75 mit der hydrologischen Methode erstellte Massenbilanz ergab für das Schmiedinger Kees eine Massenzunahme von 82,3 cm Wasseräquivalent.

#### *Genutzte Flächen:*

Von der Gesamtfläche von ca. 1,8 km<sup>2</sup> werden etwa 1,35 km<sup>2</sup> für den Schilauflauf genutzt; dies sind 75% der Gletscherfläche. HAIMAYER (1987a) weist als eine erschlossene Gletscherfläche 1,36 km<sup>2</sup> aus.

Im Sommer reduziert sich dieses Areal deutlich: Schilauflauf findet dann nur noch zwischen dem Grat des Magnetköpfls und dem vom Maurerkogel nach Norden ziehenden Felsrücken statt. Die genutzte Fläche sinkt dann auf etwa 0,25 km<sup>2</sup>. Diese Zahl kann nur als Größenordnung verstanden werden, da sie stark von der jeweiligen Schneelage abhängt: Im Jahr 1986 wurde aufgrund der extremen Ausaperung der Schibetrieb zwischen dem 15. und 28. August überhaupt eingestellt.

Am Gletscherplateau zwischen Kitzsteinhorn und Maurerkogel wird auch eine Loipe mit ca. 3 km Länge angelegt. Der Anteil der Langläufer an der Besucherzahl ist nach Angabe der Gletscherbahnen jedoch völlig unbedeutend.

### 5.6.3 Untersuchung 1989

Die Probenahme wurde am 2. Oktober 1989 durchgeführt.

Zum Zeitpunkt der Probenahme war die Oberfläche des Gletschers mit einer Neuschneeeauflage bedeckt und der Pistenbetrieb mäßig.

Es wurde eine Pistenprobe (P7–89), bestehend aus sieben Einzelproben, sowie eine Pistenrandprobe (PR7–89), bestehend aus vier Einzelproben aus dem Bereich des Pistenrandes, in Seehöhen zwischen 2800 und 2950 m entnommen. Die Referenzprobe (R7–89) stammt aus dem Bereich der Maurerkogelscharte. Es war zum Zeitpunkt der Probenahme kein Gletscherbach vorhanden.

Tabelle 59 und der Kartenausschnitt (Abb. 55) geben nähere Informationen über Art und Position der Probenahmen.

**Tab. 59: Probenahme 1989 – Kitzsteinhorn**

<i>Bezeichnung der Probe</i>	<i>Zahl der Einzelproben</i>	<i>Probenahme-tiefe (cm)</i>	<i>Entnahmestelle</i>
<i>P7-89</i>	7	20 – 25	<i>Piste</i>
<i>PR7-89</i>	4	20 – 25	<i>Pistenrand</i>
<i>R7-89</i>	1	0 – 40	<i>Referenz</i>

**Tab. 60: Analysenergebnisse der Untersuchung 1989 – Kitzsteinhorn**

<i>Parameter</i>	<i>Referenzprobe R7-89 (mg/l)</i>	<i>Pistenprobe P7-89 (mg/l)</i>
<i>Sulfat</i>	1,00	1,00
<i>Chlorid</i>	0,32	1,00
<i>Nitrat</i>	0,83	0,32
<i>Ammonium</i>	0,23	0,20
<i>o-Phosphat</i>	< 0,05	0,05
<i>Calcium</i>	0,35	0,41
<i>Magnesium</i>	0,05	0,05
<i>Natrium</i>	0,29	0,52
<i>Kalium</i>	0,35	0,63

Auffallend an den Ergebnissen der Referenzprobe vom Kitzsteinhorn aus dem Jahre 1989 ist der gegenüber den Referenzproben der anderen untersuchten Gletscher (Ausnahme Wurtenees) mit 1,0 mg/l deutlich erhöhte Sulfat-Gehalt. Beim Vergleich der vorhandenen Ergebnisse fallen weiters noch die höheren Chlorid-, Natrium- und Kaliumwerte in der Pistenprobe und der nahezu gleiche Ammoniumgehalt in beiden Proben auf.

Im Vergleich mit anderen Untersuchungen (s. auch Kap. 3) sind die Werte für Sulfat, Chlorid, Natrium und Kalium als erhöht zu bezeichnen. Ob hier eine Beeinflussung der Schneeproben durch Gesteinsstaub aus der Umgebung (es stehen Kalkglimmerschiefer sowie Grünschiefer an) oder durch anthropogene Verunreinigungen (siehe auch organische Überblicksanalyse) vorliegt, ist ungeklärt.

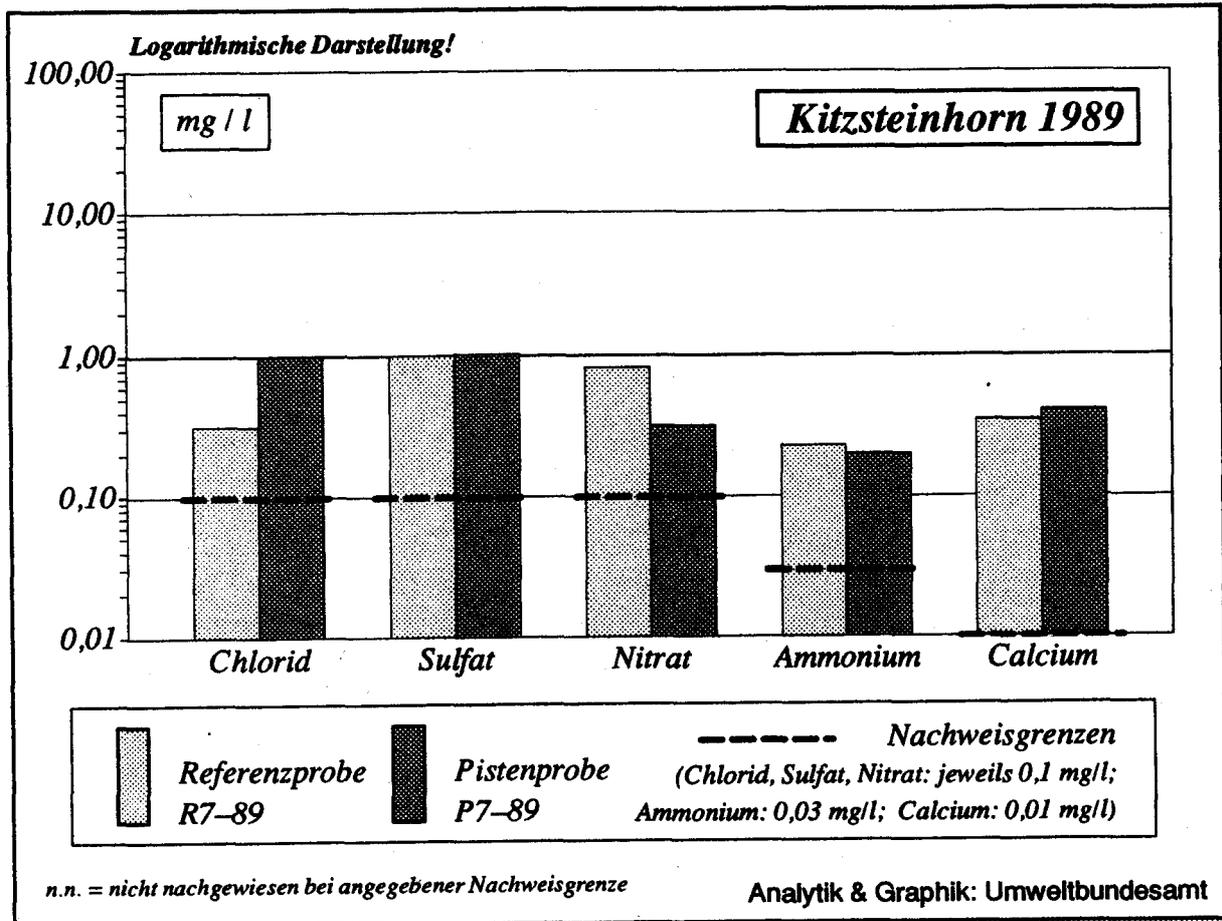


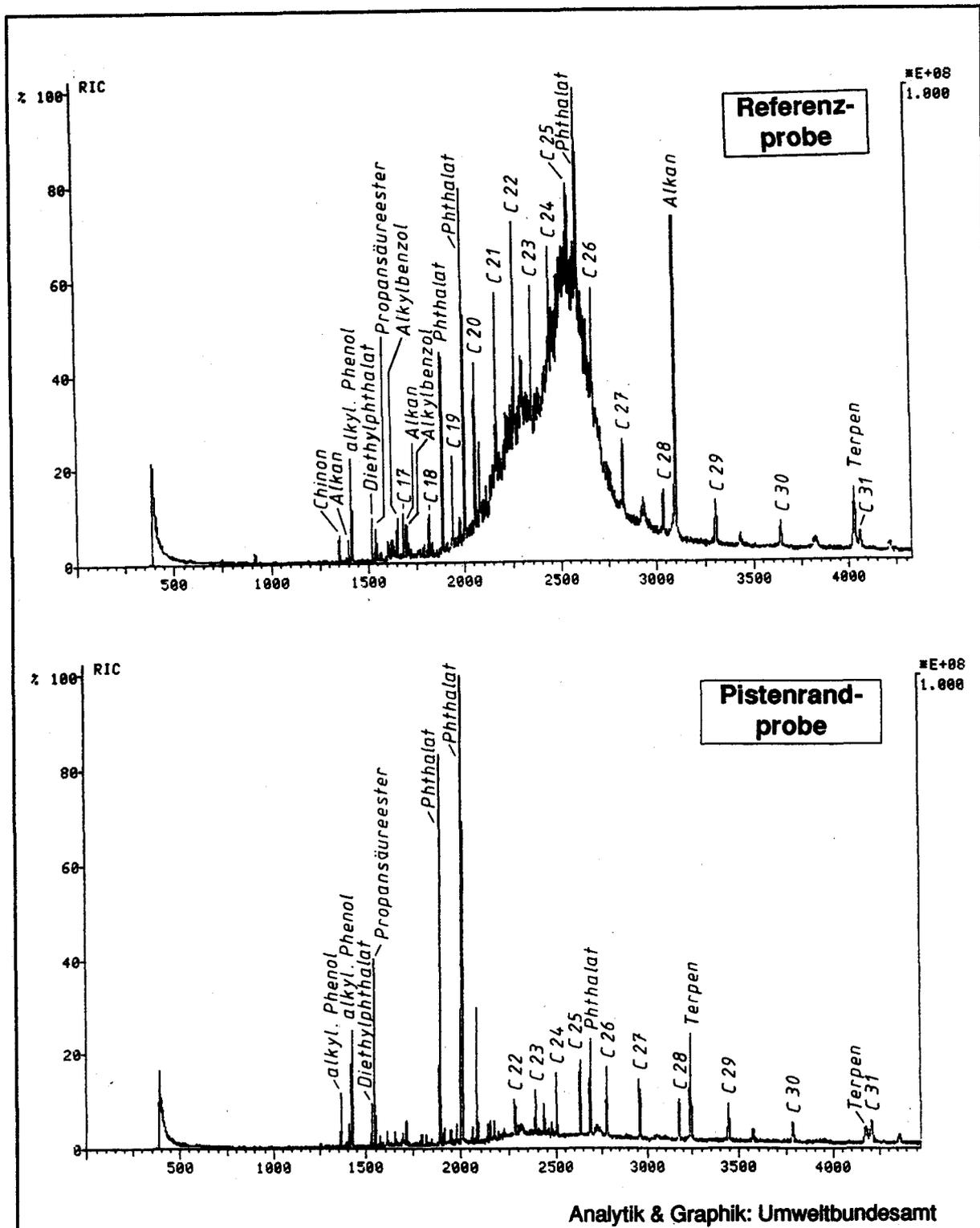
Abb. 60: Meßergebnisse für anorganische Hauptinhaltsstoffe (Kitzsteinhorn, 1989)

Tab. 61: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Kitzsteinhorn) sowie Vergleich mit Literaturdaten

Parameter	Referenzprobe R7-89 (mg/l)	Pistenprobe P7-89 (mg/l)	Erhöhung gegenüber Referenzprobe (Faktor)	Niederschlagsvergleichswerte (mg/l)*
Sulfat	1,00	= 1,00	1,0	0,58
Chlorid	0,32	< 1,00	3,1	0,21
Nitrat	0,83	> 0,32	0,4	0,50
Ammonium	0,23	> 0,20	0,9	0,10
o-Phosphat	< 0,05	< 0,05	> 1,0	-
Calcium	0,35	< 0,41	1,2	0,28
Magnesium	0,05	= 0,05	1,0	0,02
Natrium	0,29	< 0,52	1,8	0,05
Kalium	0,35	< 0,63	1,8	0,04

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

**Organische Überblicksanalyse**



**Abb. 61: Intensitätsgleiche Abbildungen der Chromatogramme von Referenzprobe R7-89 (oben) und Pistenrandprobe PR7-89 (unten) des Gletscherschigebietes Kitzsteinhorn**

### *Referenzprobe (R7–89)*

Auf den ersten Blick fällt die sehr hohe Basisbelastung der Probe auf. Die Analysenlösung nach Extraktion mit Hexan war bräunlich gefärbt. Als Inhaltsstoffe konnten vor allem Alkane und Phthalate identifiziert werden. Die Alkane weisen nach Subtraktion der Basisbelastung im Auswerteprogramm eine auf Mineralölprodukte "hinweisende" Verteilung mit einem Maximum bei C 22 auf. Die Summenkonzentration beträgt 10 – 15 ppb. Aus der Gruppe der Phthalate konnte eine Substanz als Diethylphthalat identifiziert werden. Weiters enthält die Probe ein Chinon, einen Propansäureester, Alkylbenzole, ein alkyliertes Phenol und ein Terpen.

### *Pistenrandprobe (PR7–89)*

Phthalate stellen die Hauptmenge im Chromatogramm der Pistenrandprobe dar. Eine Substanz konnte als Diethylphthalat identifiziert werden. Weitere Inhaltsstoffe sind alkylierte Phenole, ein Propansäureester, Alkane und Terpene. Die Alkane weisen eine charakteristische Verteilung auf, das Maximum liegt bei C 25, die Summenkonzentration unter 5 ppb. Eine Basisbelastung ist vorhanden.

### *Vergleich*

Im Vergleich mit der Pistenrandprobe muß die Referenzprobe als verunreinigt bezeichnet werden. Vor allem die nicht näher identifizierbare Basisbelastung ist auffällig.

Die Konzentrationen der identifizierten Einzelsubstanzen der Referenzprobe sind im Vergleich zu anderen Referenzproben erhöht (siehe Abb. 61).

Aber auch die Pistenrandprobe ist verunreinigt und enthält höhere Konzentrationen an Phthalaten. Interessant ist die starke Ähnlichkeit der beiden Proben (R7–89, PR7–89) in bezug auf die identifizierten organischen Inhaltsstoffe (Phthalatverteilung, Phenole, Terpene).

## 5.6.4 Untersuchung 1990

Am 31. August 1990 wurde eine neuerliche Probenahme durchgeführt.

An diesem Tag war nur am oberen Teil des Gletschers eine geringe Schneeaufgabe vorhanden. Es waren zwei Schilifte in Betrieb. Aus Gründen der Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen des Jahres 1989 wurde die Referenzprobenahmestelle nicht neu gewählt, obwohl Schadstoffeinträge von Piste und Pistenrand durch lokale Windverfrachtung nicht auszuschließen sind. Gletscherbach war zum Probenahmezeitpunkt keiner vorhanden.

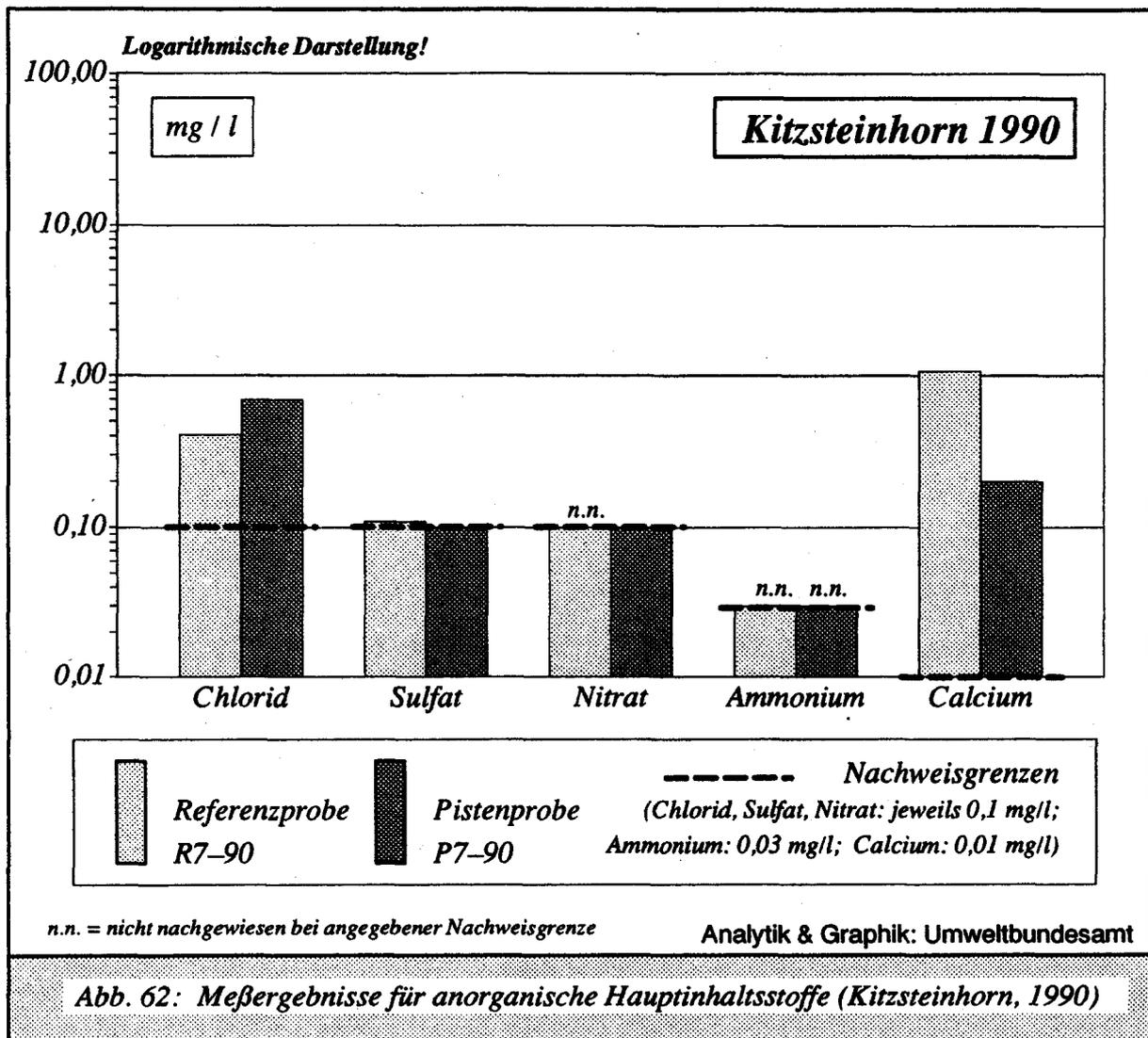
Die Pistenprobe (P7–90) und die Pistenrandprobe (PR7–90) wurden aus je vier Einzelproben zusammengemischt (Seehöhen ca. 2850 – 2950 m), die Referenzprobe wurde, wie 1989, in der Nähe der Maurerkogelscharte entnommen. Tabelle 62 und der Kartenausschnitt (Abb. 55) geben nähere Informationen zur Probenahme.

Tab. 62: Probenahme 1990 – Kitzsteinhorn

Bezeichnung der Probe	Zahl der Einzelproben	Probenahme-tiefe (cm)	Entnahmestelle
P7-90	4	0 – 20	Piste
PR7-90	4	0 – 20	Pistenrand
R7-90	1	0 – 20	Referenz

Tab. 63: Analysenergebnisse der Untersuchung 1990 – Kitzsteinhorn

Parameter	Referenzprobe	Pistenprobe	Pistenrandprobe
	R7-90 (mg/l)	P7-90 (mg/l)	PR7-90 (mg/l)
Sulfat	0,11	0,10	–
Chlorid	0,41	0,70	–
Jodid	< 0,001	< 0,001	–
Nitrat	< 0,10	0,10	–
Nitrit	0,02	0,02	–
Ammonium	< 0,03	< 0,03	–
o-Phosphat	< 0,05	< 0,05	–
Natrium	< 0,05	< 0,05	–
Kalium	< 0,02	< 0,02	–
Calcium	1,10	0,20	–
Magnesium	0,06	0,50	–
Bor	< 0,03	< 0,03	–
Blei (Probe unfiltriert)	0,088	–	0,017
	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
1,1-Dichlorethylen	n.n.	–	n.n.
Chloroform	0,4	–	3,3
1,1,1-Trichlorethan	0,1	–	0,1
1,2-Dichlorpropan	n.n.	–	n.n.
1,2-Dichlorethan	n.n.	–	n.n.
Tetrachlormethan	n.n.	–	n.n.
Trichlorethylen	0,1	–	0,1
Bromdichlormethan	n.n.	–	n.n.
1,1,2-Trichlorethan	n.n.	–	n.n.
Dibromchlormethan	n.n.	–	n.n.
Perchlorethylen	< 0,1	–	0,1
1,2,3-Trichlorpropan	n.n.	–	n.n.
1,4-Dichlorbutan	n.n.	–	n.n.
1,4-Dichlorbenzol	n.n.	–	n.n.
1,2-Dichlorbenzol	n.n.	–	n.n.
1,2,3,4-Tetrachlorbutan	n.n.	–	n.n.



Die im August 1990 entnommenen Referenz- (R7-90) und Pistenproben (P7-90) unterscheiden sich deutlich in ihren Calcium-, Magnesium- und Chlorid-Gehalten. Als besonders auffällig ist der Calciumwert in der Referenzprobe zu erwähnen, der ca. das Fünffache des Wertes der Pistenprobe ausmacht. Im Gegensatz dazu waren der Magnesium- und Chlorid-Wert in der Pistenprobe gegenüber der Referenzprobe deutlich erhöht. Die darüber hinaus noch untersuchten anorganischen Parameter unterschieden sich nicht voneinander.

Der Vergleich der Ergebnisse der Referenzprobe aus dem Jahre 1990 mit diesen aus dem Jahre 1989 zeigt, daß beim Calcium ein deutlicher Anstieg (um das Dreifache), bei den übrigen untersuchten anorganischen Parametern aber signifikante Abnahmen im Jahre 1990 zu verzeichnen waren.

Ähnliche Ergebnisse erbringt der Vergleich der Pistenproben. Mit Ausnahme des Magnesiumanteils, der auf das Zehnfache angestiegen war, blieben alle Ergebnisse der anorganischen Parameter zum Teil weit unter den im Jahre 1989 festgestellten Werten. Von den Absolutwerten her gesehen bewegen sich die Ionengehalte im Größenordnungsbereich vergleichbarer Untersuchungen (s. auch Kap. 3).

**Tab. 64: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Kitzsteinhorn) sowie Vergleich mit Literaturdaten**

Parameter	Referenz- probe R7-90 (mg/l)		Pisten- probe P7-90 (mg/l)	Erhöhung gegenüber Referenzprobe (Faktor)	Niederschlagsver- gleichswerte (mg/l)*
Sulfat	0,11	>	0,10	0,9	0,58
Chlorid	0,41	<	0,70	1,7	0,21
Jodid	< 0,001	=	< 0,001	-	-
Nitrat	< 0,10	<	0,10	> 1,0	0,50
Nitrit	0,02	=	0,02	1,0	-
Ammonium	< 0,03	=	< 0,03	-	0,10
o-Phosphat	< 0,05	=	< 0,05	-	-
Calcium	1,10	>	0,20	0,2	0,28
Magnesium	0,06	<	0,50	8,3	0,02
Natrium	< 0,05	=	< 0,05	-	0,05
Kalium	< 0,02	=	< 0,02	-	0,04
Bor	< 0,03	=	< 0,03	-	-

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

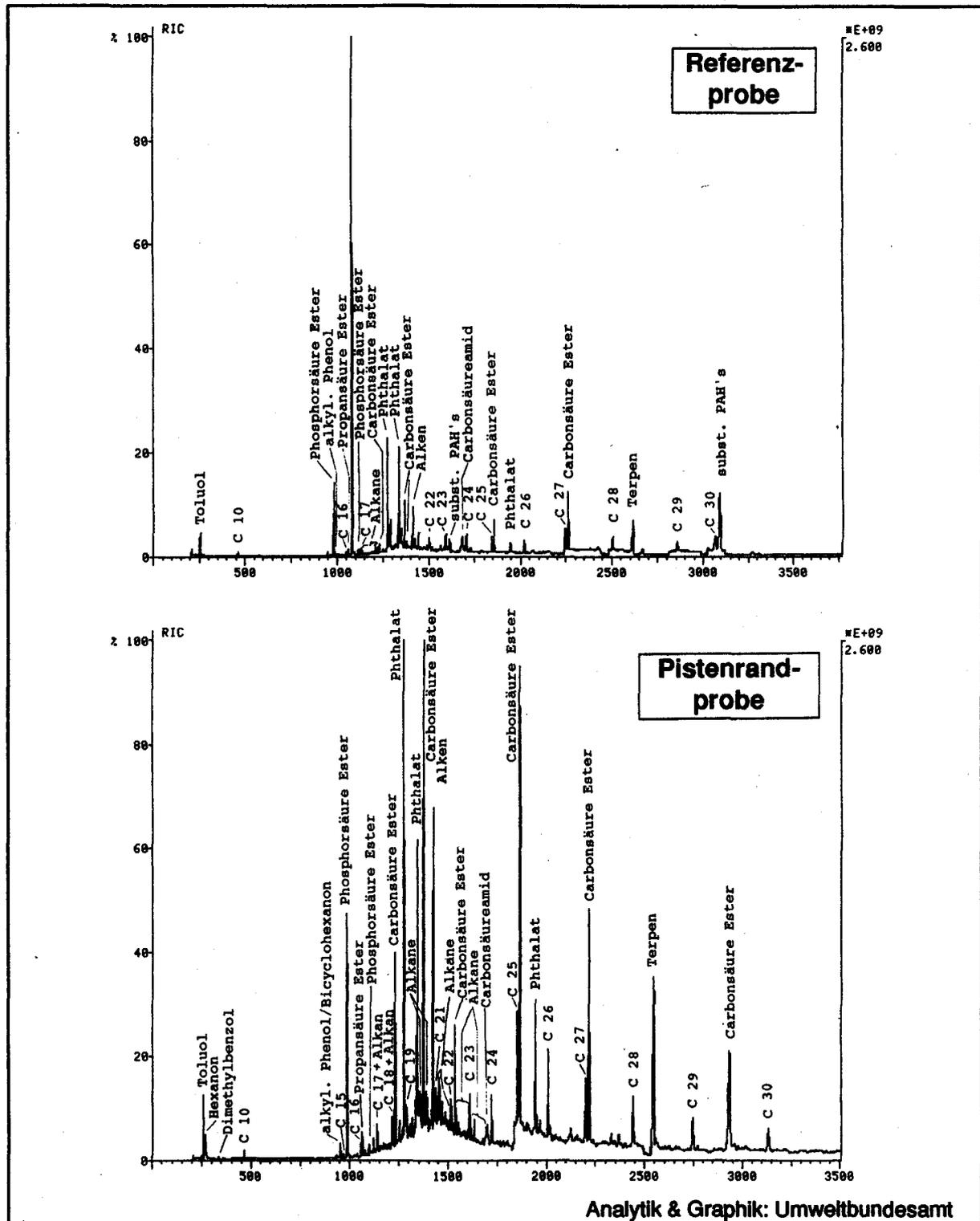
Bei der Analyse der Schneeproben (Referenz- und Pistenrandprobe) auf halogenierte Kohlenwasserstoffe ist der Gehalt an Chloroform in der Pistenrandprobe (PR7-90) besonders auffällig. Die übrigen Werte für chlorierte Kohlenwasserstoffe befinden sich in Größenordnungen, die für das ubiquitäre Auftreten dieser Substanzen typisch sind (s. Tab. 25). Es wurden dieselben halogenierten Kohlenwasserstoffe wie schon bei den vorher diskutierten Gletschern nachgewiesen.

#### Frühere Untersuchungen im Bereich des Gletscherschigebietes Kitzsteinhorn

J. PASDAR (1985) stellt in einer Arbeit Ergebnisse von Untersuchungen bezüglich Verschmutzungen durch den Schibetrieb vor. Die untersuchten Proben wurden Mitte der 1970er Jahre im Bereich des Gletscherschigebietes Kitzsteinhorn entnommen.

Auch an touristisch stark frequentierten Punkten konnten bei den Untersuchungen nur geringe anorganische Verschmutzungen von Schnee und Wasser festgestellt werden. Deutliche organische Verschmutzungen (durch Abwässer) konnten hingegen z.B. in einem Teich in der Nähe des Alpincenters nachgewiesen werden.

**Organische Überblicksanalyse**



Analytik & Graphik: Umweltbundesamt

**Abb. 63:** Intensitätsgleiche Abbildungen der Chromatogramme von Referenzprobe R7-90 (oben) und Pistenrandprobe PR7-90 (unten) des Gletscherschigebietes Kitzsteinhorn

### *Referenzprobe (R7-90)*

Die hohe Untergrundbelastung der Referenzprobe von der ersten Probenahme konnte nicht bestätigt werden. Die Probe aus dem Jahre 1990 zeigt sogar eine sehr geringe Untergrundbelastung. Die Alkankonzentration beträgt  $< 5$  ppb und resultiert aus Substanzen mit 10 Kohlenstoffatomen und 16 bis 30 Kohlenstoffatomen. Weiters konnten Phthalate, Phosphorsäureester und verschiedene Carbonsäureester identifiziert werden (z.B. Phosphorsäuretributylester, Dibutylphthalat). Auch zwei substituierte PAH's wurden gefunden.

### *Pistenrandprobe (PR7-90)*

Die Pistenrandprobe ist stärker belastet als die Referenzprobe. Alle Substanzen, die in der Referenzprobe gefunden wurden, konnten auch in dieser Probe nachgewiesen werden. Zusätzlich enthält die Pistenrandprobe noch Hexanon und Dimethylbenzol. Die Konzentrationen sind durchwegs höher, auch die Untergrundbelastung ist höher. Die gefundenen Alkane haben Kohlenstoffketten mit 10 bis 30 Atomen und liegen in einer Konzentration von 15 – 20 ppb vor.

### *Vergleich*

Die beiden Proben sind im Hinblick auf die gefundenen Substanzen nahezu gleich, die Konzentrationen sind in der Pistenrandprobe höher. Die Alkane mit 11 bis 15 Kohlenstoffatomen kommen so wie Hexanon und Dimethylbenzol nur in der Pistenrandprobe vor.

## **5.6.5 Zusammenfassung der Untersuchungen**

Das Schigebiet Kitzsteinhorn wurde in zwei aufeinanderfolgenden Jahren (1989, 1990) im Bereich der Piste und an einer Referenzstelle beprobt.

Aus den erhobenen anorganischen Daten kann kein Hinweis auf die Verwendung chemischer Pistenpräparierungsmittel abgeleitet werden.

Abgesehen vom Natriumgehalt in Referenz- und Pistenprobe liegen alle anorganischen Analysenwerte des Jahres 1989 im aus den Literaturdaten ermittelten Schwankungsbereich der Niederschlagswerte. Der 1989 in beiden Proben gemessene Sulfatgehalt ist, insbesondere im Vergleich mit anderen Sulfatergebnissen dieser Studie auffällig. Ein lokaler Eintrag (Streusalz) scheidet jedoch wegen der Konzentrationsgleichheit bei Referenz- und Pistenprobe als Ursache aus.

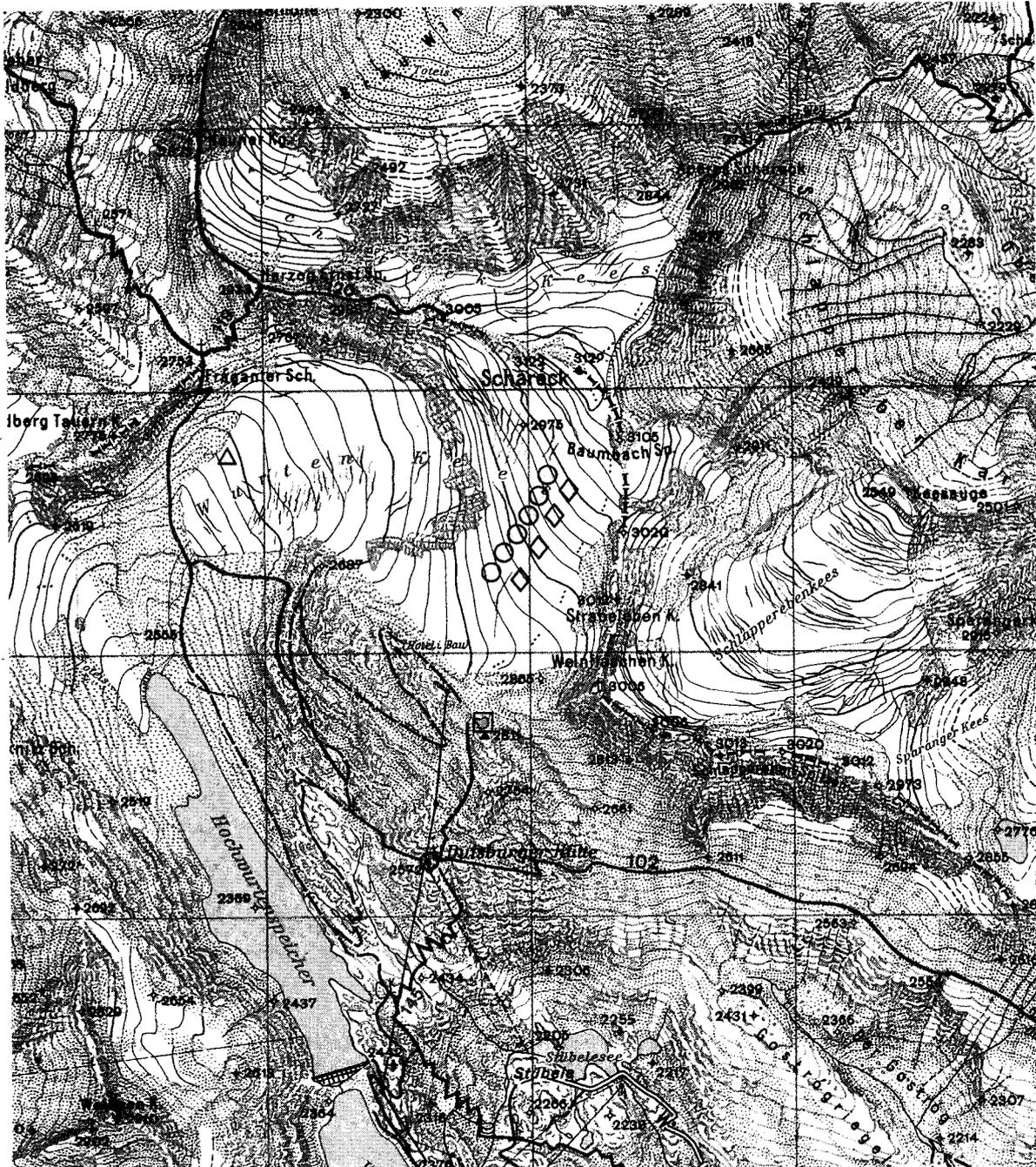
Bei Chlorid, Natrium und Kalium liegen die Ergebnisse der Pistenprobe etwas höher als die der Referenzprobe. Wegen der an sich niedrigen Konzentrationen kann aus den geringfügigen Erhöhungen kein Beweis für eine chemische Pistenpräparierung abgeleitet werden.

Mit Ausnahme von Magnesium liegen alle Werte der Pistenprobe von 1990 innerhalb der Schwankungsbereiche und durchwegs niedriger als diese von 1989. Aus den Daten der anorganischen Untersuchung von 1990, die keine signifikanten Unterschiede zwischen Referenz- und Pistenprobe aufweisen, ist ebenfalls kein Hinweis auf chemische Pistenpräparierung abzuleiten.

Hinsichtlich der organischen Verschmutzung des Schnees wurden in beiden Jahren unterschiedliche qualitative und quantitative Verunreinigungen festgestellt, deren Herkunft aber im Rahmen dieser Studie nicht geklärt werden konnte.

Die im Jahre 1989 im Vergleich zu den anderen Gletschern festgestellte starke organische Verunreinigung der Referenzprobe konnte 1990 nicht verifiziert werden. 1989 war die Referenzprobe stärker belastet als die Pistenrandprobe. 1990 war dies umgekehrt. Die beiden Proben des jeweiligen Untersuchungsjahres waren in bezug auf die identifizierten Inhaltsstoffe qualitativ sehr ähnlich, in bezug auf die Basisbelastung trat aber 1989 ein beträchtlicher quantitativer Unterschied auf. Im Vergleich zu allen anderen Gletschern ist das Kitzsteinhorn mit Alkanen nur gering bis mittel belastet.

## 5.7 Wurtenkees – Mölltal

**Probenahmestellen:**

△ Referenzprobe

□ Eisse

Einzelprobe für die Mischproben:

○ Piste

◇ Pistenrand

Abb. 64: Kartenausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr.42 'Sonnblick', 1:25 000, 3. Ausgabe 1986, Gletscherstand: 1981. Die Aufstiegshilfen Seilbahn Wurtenkees, Schareck, Wurten sowie der Übungslift sind noch nicht eingezeichnet.

### 5.7.1 Infrastruktur und Besucherzahlen

#### Beschreibung:

Das Schigebiet Wurtenkees bzw. Mölltaler Gletscher liegt im obersten Wurtental, einem Seitental des Mölltales. Das Schigebiet wurde im Sommer 1987 als bisher letztes österreichisches Gletscherschigebiet eröffnet. Das Wurtenkees wurde bei dieser Gelegenheit auf 'Mölltaler Gletscher' umbenannt.

Das Wurtenkees gehört zur Goldberggruppe der Hohen Tauern. Dieser Gletscher ist seit der Mitte der 1970er Jahre in zwei Teile zerfallen, genützt wird der Schareck-Teil. Im Wurtental besteht eine Stauseenkette.

Die Talstation des Schigebietes wird über eine ca. 12 km lange, nach Angabe der Mölltaler Gletscherbahnen von der Gemeinde Flattach betriebene Mautstraße erreicht. Mit einer 6er Kabinenbahn, die unmittelbar an der Duisburger Hütte des DAV vorbeiführt, wird die Bergstation beim Wurtenkees in ca. 2800 m Höhe erreicht. In dieser Station befinden sich auch ein Restaurant und ein Hotel. Die Kabinenbahn weist eine behördlich vorgeschriebene Kapazitätsbegrenzung von 1000 Personen/h auf. Zur Talstation der Kabinenbahn besteht eine Abfahrtspiste.

Tab. 65: Seilbahnen und Lifte des Gletscherschigebietes Wurtenkees – Mölltal  
(Quelle: Amtliche Eisenbahnstatistik der Republik Österreich und Unterlagen der Betreibergesellschaft, Stand Dez. 1990)

Liftbezeichnung	Typ	Höhen- diff.	schräge Länge	Kapazität Pers./h	Sommer- betrieb	An- trieb
1 Seilbahn Wurtenkees <sup>1</sup>	KB	556m	1775m	1000	ja <sup>1</sup>	E
2 Schareck	SCHL	370m	950m	1000	ja	E
3 Wurten	SCHL	290m	1160m	1200	–	E
4 Übungslift	SCHL	100m	300m	300	ja	E
<i>Summe</i>		1316m	4185m	3500		
<i>Summe ohne Zubringerbahn</i>		760m	2410m	2500		

*E: elektrischer Antrieb;  
KB: Kabinenbahn; SCHL: Schilift  
<sup>1</sup> im Sommer nur Zubringer*

Von der Bergstation aus wird der obere Abschnitt des Schareck-Teiles des Wurtenkees mit 2 Schleppliften – 'Schareck' und 'Übungslift' – erschlossen, wobei der längere Lift 'Schareck' vom Bereich des Restaurants bis in den Kammbereich führt, der nur kurze 'Übungslift' hingegen in mittlerer Höhe steht. Die Verbindung von unterem und oberem Schareck-Teil wird durch den Kurvenschlepplift 'Wurten' hergestellt, dessen Talstation vor der Gletscherzunge in etwa 2630 m Höhe steht.

Die Bergstation der Kabinenbahn ist auch auf einer Straße erreichbar, die jedoch nach Angabe der Gletscherbahnen nur dem internen Verkehr dient.

### *Betriebszeiten der Liftanlagen:*

Ursprünglich waren die Betriebszeiten der Liftanlagen auf etwa das Sommerhalbjahr beschränkt. Nach Auskunft der Gletscherbahnen wurden diese Beschränkungen inzwischen aufgehoben.

Nach Angabe der Gletscherbahnen wurden die Anlagen 1989 und 1990 weitgehend ohne Unterbrechungen betrieben. Die Eisenbahnstatistik der Republik Österreich weist für das Winterhalbjahr 1989 127 Betriebstage für die Seilbahn 'Wurtenkees' aus. Im Winter 1990 blieben die Betriebsschließungen auf ca. 2 Wochen begrenzt. Im Winter 1988 wurden laut Eisenbahnstatistik nur 59 Betriebstage gezählt.

Bei den Liftanlagen wird im Sommer nach Angabe der Gletscherbahnen nur der Schlepplift 'Wurten' für ca. 2 Monate außer Betrieb gestellt.

### *Ausbaupläne:*

Von den Gletscherbahnen wird der Bau einer 4er Sesselbahn auf der jetzigen Trasse des Liftes 'Schareck' angestrebt und dieser würde nach Südosten versetzt werden. Auch besteht das Projekt eines Ersatzes der Zubringerstraße durch eine Tunnelbahn – Kapazität ca. 1500 Pers./h – mit einer Talstation in ca. 1250 m Höhe beim Gh. Badmeister/Innerfragant.

### *Parkplätze:*

Bei der Talstation der Kabinenbahn 'Wurtenkees' befinden sich derzeit Parkmöglichkeiten für ca. 1000 PKW. Für weitere 1000 Stellplätze ist eine Errichtungsgenehmigung vorhanden. Die Parkfläche ist nach Angabe der Gletscherbahnen nicht asphaltiert.

### *Beschäftigte:*

Bei den Gletscherbahnen sind ca. 35 Personen beschäftigt.

### *Pistenpräparierung:*

Nach Angabe der Gletscherbahnen erfolgt die Pistenpräparierung nur durch Schneeschieben und -walzen und ohne zusätzliche Mittel. Auch Rennmannschaften ist die Verwendung von chemischen Pistenpräparierungsmitteln ausdrücklich untersagt. Diese müssen dieses Verbot schriftlich bestätigen. Hingegen wurden im August 1988 bei Untersuchungen durch das Amt der Kärntner Landesregierung festgestellt, daß verschiedene Düngemittel in erheblichen Mengen aufgebracht wurden (siehe auch Kap. 5.7.3).

### *Pistengeräte:*

Für alle Pistengeräte bestehen nach Angabe der Gletscherbahnen Garagen in der Bergstation, welche mit wasserdichten Böden und Öl- bzw. Benzinabscheidern ausgestattet sind.

Nach Auskunft der Gletscherbahnen werden seit dem Sommer 1990 auf Rapsbasis hergestellte, biologisch abbaubare Hydrauliköle für alle Pistenraupen verwendet.

### *Energieversorgung:*

Nach Angabe der Gletscherbahnen erfolgt die Energieversorgung sowie die Heizung gänzlich mit Strom. Auch die Liftanlagen werden elektrisch betrieben. Die Zuleitungen sind nach Auskunft der Gletscherbahnen verlegt. Der Schlepplift 'Schareck' und der 'Übungslift' werden von der Bergstation aus versorgt, die Talstation des Schleppliftes 'Wurten' ist mit einer Trafostation der KELAG, die sich in der Nähe des Hochwurten-speichers befindet, verbunden. Die AV-Karte 'Sonnblick' verzeichnet eine Stromleitung bis in den Bereich des Gletscherschgebietes.

### *Wasserversorgung und Abwasserentsorgung:*

Für die Wasserversorgung wird Wasser aus dem nahegelegenen Eissee entnommen. Die Menge ist nach Angaben der Gletscherbahnen behördlich auf 15 m<sup>3</sup>/Tag limitiert. Da an Spitzentagen der Verbrauch etwa bei 30–35 m<sup>3</sup> liegt, werden die zusätzlichen Mengen per Gondel aus dem Tal herangebracht. Hier ist eine Quelle mit einer Ergiebigkeit von 10–20 l/s in der Nähe der Talstation der Kabinenbahn vorhanden (WEITSCHACHER 1987).

Bei Seewasser-Überprüfungen durch das Amt der Kärntner Landesregierung (1988) wurden sowohl 1987 als auch 1988 Kolibakterien unter anderem im Eissee festgestellt. Dies führte bereits 1987 zur Vorschreibung von Aufbereitungsmaßnahmen für das Trinkwasser der Gletscherbahnen.

Die anfallenden Abwässer von Restaurant und Hotel werden in eine eigene biologische Kläranlage, die etwa 30 m unterhalb des Restaurantgebäudes in einem eigenen Bauwerk untergebracht ist, geleitet. Nach Angabe der Gletscherbahnen arbeitet die Kläranlage ohne Probleme. Die geklärten Abwässer werden unterhalb der Kläranlage in Felsklüfte geleitet (WEITSCHACHER, 1987). Der anfallende Klärschlamm wird jeweils im Sommer entsorgt. Im August 1988 wurden bei Überprüfungen der Abwässer durch das Amt der Kärntner Landesregierung Grenzwertüberschreitungen festgestellt.

### *Besucher:*

Von seiten der Gletscherbahnen liegen keine Besucherstatistiken vor. Für Spitzenbesuchstage wurden Zahlen zwischen 2000 und 3000 Personen genannt, wobei nach Angaben der Gletscherbahnen 1500–2000 Personen pro Tag als durchschnittliche Besucherzahl – im Sommer ca. 1000 Personen/d – genannt wurden. Die Eisenbahnstatistik hingegen weist für das Sommerhalbjahr 1989 im Mittel knapp 200 Bergfahrten pro Betriebstag der Seilbahn 'Wurtenkees' aus. Der Anteil der Schifahrer an der Gesamtbesucherzahl im Sommer wird von seiten der Gletscherbahnen auf ca. 50 % geschätzt.

Mit ca. 120 000 Fahrten auf der Zubringerbahn im Jahr 1989 ist das Wurtenkees das kleinste österreichische Gletscherschgebiet. Die Eisenbahnstatistik weist für den Sommer 1988 ca. 50 000 Besucher aus, im Sommer 1989 waren es nur noch 30 000. Die Besuchersteigerung wurde somit nur im Winter, der in Kärnten schneearm war, erreicht.

**Tab. 66: Besucher des Gletscherschigebietes Wurtenkees (= Bergfahrten auf der Kabinenseilbahn 'Wurtenkees'; Quelle: Amtliche Eisenbahnstatistik der Republik Österreich)**

<i>Jahr</i>	<i>Besucher<sup>1</sup></i>	<i>Jahr</i>	<i>Besucher<sup>1</sup></i>	<i>Jahr</i>	<i>Besucher<sup>1</sup></i>
1989	118 166	1988	77 540	1987 <sup>2</sup>	27 000 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> diese Zahl muß wegen der Abfahrtsmöglichkeit als Obergrenze betrachtet werden <sup>2</sup> Betriebsbeginn Juni 1987					

#### **Nächtigungszahlen der Gemeinde Flattach:**

Abbildung 65 zeigt die Übernachtungszahlen und die prozentuelle Bettenauslastungszahl für die Gemeinde Flattach. Im Sommer 1987 ging das Schigebiet Wurtenkees in Betrieb. Die Auswirkungen auf die Übernachtungszahlen sind deutlich sichtbar. Vor allem die Winternächtigungen wuchsen deutlich an. Insgesamt sind die Nächtigungsergebnisse bisher jedoch, zieht man andere Gemeinden mit Gletscherschigebieten als Vergleich heran, relativ gering. Gleiches gilt auch für die Bettenauslastungsziffern, die aufgrund einer deutlichen Ausweitung der Bettenzahl nur im Winter Steigerungen aufweisen.

#### **5.7.2 Der Gletscher des Schigebietes**

##### **Geologie:**

Das Wurtenkees liegt im Bereich des Tauernfensters der Zentralalpen. Hier stehen vor allem Orthogneise, die im Bereich des Tauernfensters auch Zentralgneis genannt werden, an. Weite Bereiche des Gebietes sind moränenbedeckt.

##### **Beschreibung:**

Der als Wurtenkees bezeichnete Gletscher besteht heute aus mehreren Teilen. In der Mitte der 1970er Jahre zerfiel der Gletscher in den Alteck- und den Schareckteil. Das Gletscherschigebiet nützt den Schareckteil, der Alteckteil endet heute im Hochwurtensee. Im Jahr 1986 zerfiel der Schareckteil durch das Ausapern einer Felsschwelle zusätzlich in einen oberen und einen unteren Teil.

##### **Massenbilanz und Größenänderungen:**

Faßt man Alteck- und Schareckteil zusammen, so liegt der Flächenverlust des Wurtenkees gegenüber dem Hochstand von '1850' im für die österreichischen Gletscher üblichen Bereich.

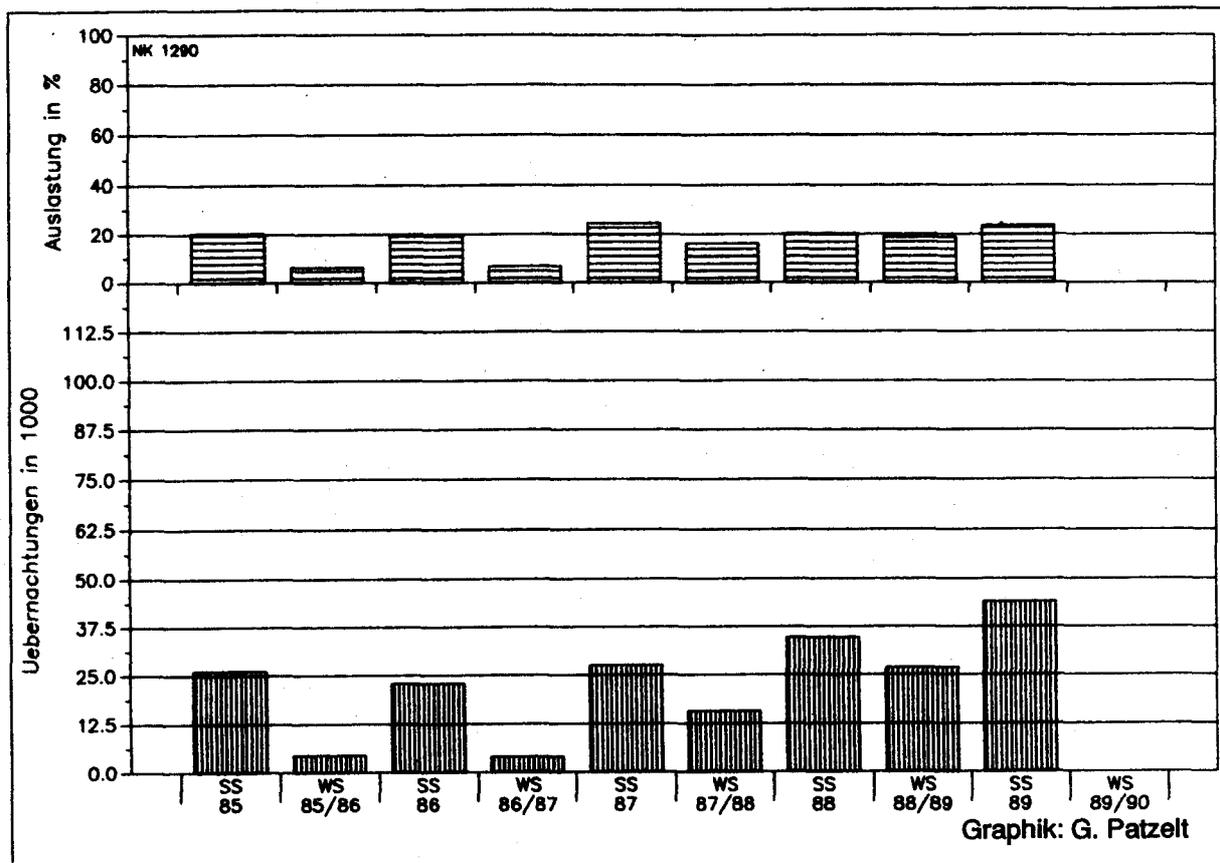


Abb. 65: Saisonale Übernachtungszahlen, absolut, und Bettenauslastung in Prozent, in der Gemeinde Flattach: Sommersaison 1985 – Sommersaison 1989 (Quelle: Der Fremdenverkehr in Österreich etc.. In: Beiträge zur Österreichischen Statistik)

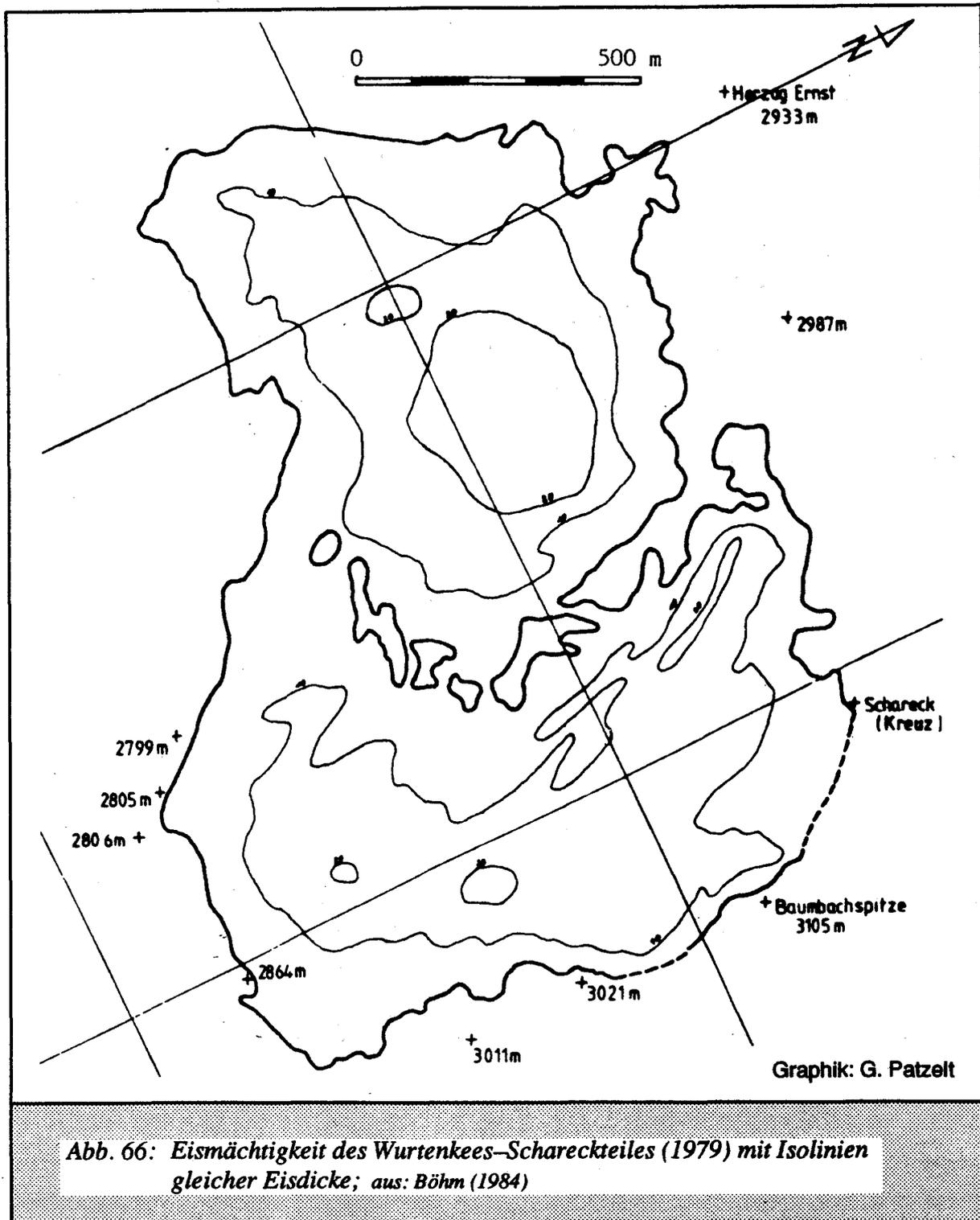
Tab. 67: Gletscher des Schigebietes Wurtenkees (Quelle: Österr. Gletscherinventar)

Gletscher	Exp.	Fläche	höch.P.	tief.P.	max.Länge	SG 2:1	Fl.Änd.	SG Änd.
Wurtenkees-Schareck	1979 SE	1,473km <sup>2</sup>	3126m	2498m	1,8km	2700m	-59,2% <sup>5</sup>	+50m <sup>5</sup>
Wurtenkees <sup>1</sup>	1979 S <sup>3</sup>	2,046km <sup>2</sup>	3126m	- <sup>4</sup>	-	2650m	-43,3%	+10m
	1850 S <sup>3</sup>	3,609km <sup>2</sup>	3130m	2360m	3,4km	2640m	-	-

Exp.: Exposition, SE: Süd-Ost, S: Süd, SG: Schneegrenze, SG 2:1: siehe Kap. 2.1.2  
<sup>1</sup> Wurtenkees-Alteck und Wurtenkees-Schareck zusammen; <sup>3</sup> SW bis SE; <sup>4</sup> Alteck-Zunge endet im Stausee Hochwurten, ca. 2410m; <sup>5</sup> Wurtenkees-Schareck verglichen mit Wurtenkees-gesamt '1850'

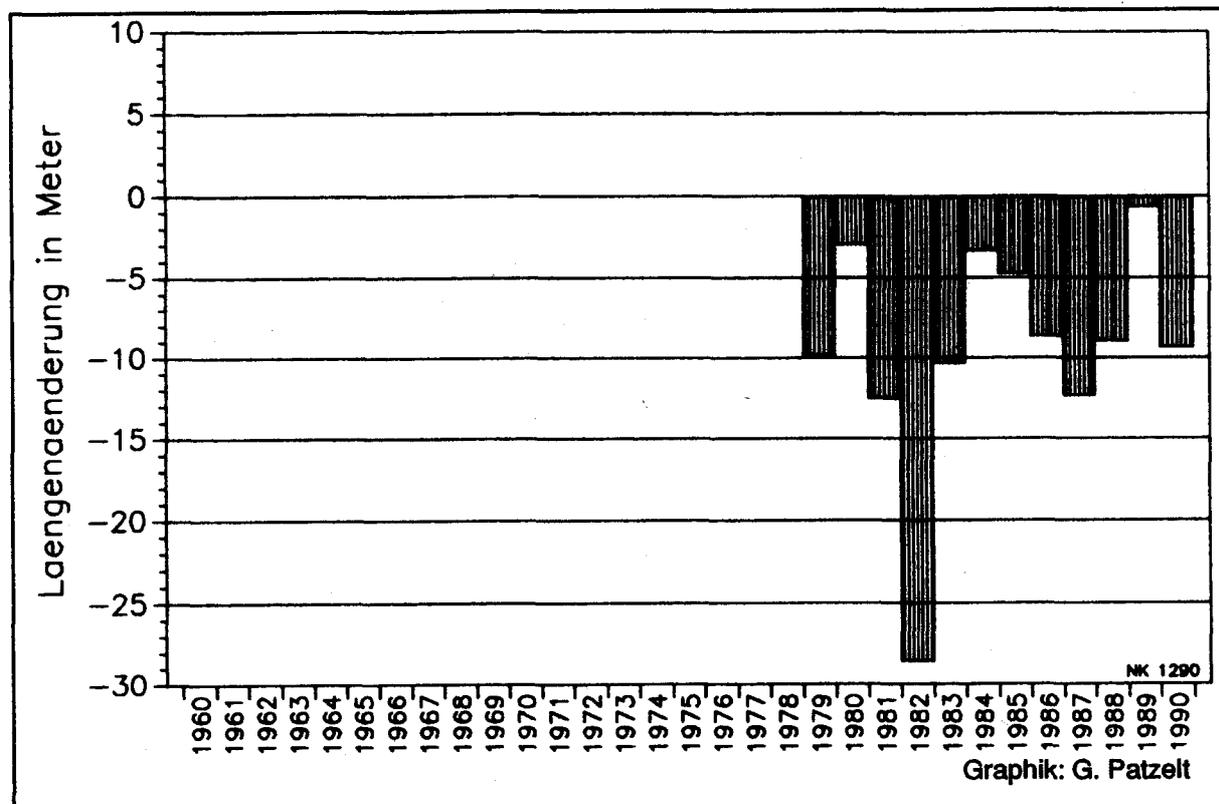
Im Jahr 1979 erfolgte im Zuge einer Kartenneuaufnahme – siehe auch Tabelle 67 – des Wurtenkeeses auch eine seismische Eisdickenbestimmung. Daraus wurde für das Wurtenkees eine mittlere Eismächtigkeit von 8,4 m bestimmt. Der Firnbereich des Schareckteiles – siehe Abbildung 66 – erreichte 1979 Eisdicken von über 20 m.

Am Wurtenkees–Schareckteil werden seit dem Beginn der 1980er Jahre Massenbilanzwerte bestimmt. In Tabelle 68 sind die bisher publizierten Bilanzwerte zusammengestellt.



**Tab. 68: Spezifische Massenbilanz Wurtenkees–Schareck in 'cm Wasseräquivalent'**  
(Quelle: R.BÖHM u.a.: Massenhaushalt Wurtenkees. In: Wetter und Leben, div. Jahrgänge.)

Jahr	spezifische Massenbilanz	Jahr	spezifische Massenbilanz
1987/88	-78,5	1984/85	-109,5
1986/87	-82,5	1983/84	+3,0
1985/86	-157,2	1982/83	-102,9



**Abb. 67: Längenänderung des Wurtenkees–Schareckteiles im Vergleich zum Vorjahr: Die Meßergebnisse der Jahre 1960 – 1990**  
(Quelle: Publikationen und Jahresberichte des Gletschermessberichtes des ÖAV)

Die Massenbilanzreihe für das Wurtenkees zeigt mit Ausnahme des gletscherfreundlichen Haushaltsjahres 1983/84, in dem am Wurtenkees gerade eine ausgeglichene Bilanz gemessen wurde, nur deutlich negative Ergebnisse. Im Haushaltsjahr 1987/88 entsprach der Massenverlust des Wurtenkees–Schareckteiles ca. 8,5 % des Gletschervolumens von 1979 (SCHÖNER 1990), der akkumulierte Bilanzverlust der Haushaltsjahre 1982/83 bis 1987/88 entspricht über 50 % des Gletschervolumens von 1979.

Die Massenbilanzresultate schlagen sich auch in den Längenänderungen der Gletscherzunge des Wurtenkees–Schareckteiles, die in Abbildung 67 dargestellt sind, nieder. In den 12 erfaßten Jahren verlor der – untere – Wurtenkees–Schareckteil insgesamt über 100 m an Länge. Das starke Schrumpfen und der Zerfall dieses Gletschers wird aufgrund des Massenverlustes in den 1980er Jahren weiter anhalten, eine Umkehr der Tendenz ist aufgrund der vorliegenden Massenhaushaltswerte nicht zu erwarten.

#### *Genutzte Flächen:*

Nach Schätzungen der Gletscherbahnen werden ca. 25% der Gletscherfläche für den Schilauflauf präpariert. Insgesamt werden etwa 0,8 km<sup>2</sup> oder etwa 55% der Fläche von 1979 für den Schilauflauf genutzt. Im Sommer reduziert sich die genutzte Fläche auf etwa 0,25 km<sup>2</sup> oder 17% der Gesamtfläche des Wurtenkees–Schareckteiles.

Ein Einfluß der Präparierungsmaßnahmen des Gletscherschigebietes auf die Schneedichte im Frühjahr konnte bei entsprechenden Untersuchungen im Rahmen der Massenbilanzerstellung nicht festgestellt werden (SCHÖNER, o.J.).

Eine Langlaufloipe mit ca. 2,5 km Länge wird auf der unteren Hälfte des Schareckteiles des Wurtenkeeses, gegen die Erzherzog Ernst Spitze hin, angelegt.

### 5.7.3 Untersuchung 1989

Die Probenahme wurde am 25.10.1989 durchgeführt.

Zum Zeitpunkt der Probenahme war eine mäßige, maximal 50 cm hohe Schneeeauflage auf dem Gletscher vorhanden, es herrschte eher geringer Pistenbetrieb.

Die Mischprobe aus der Piste (P8–89) besteht aus sechs, die Pistenrandprobe (PR8–89) aus vier Einzelproben. Die Proben wurden in Seehöhen von ca. 2850 bis 3000 m entnommen.

Ein Gletscherabfluß war zum Zeitpunkt der Probenahme nicht vorhanden. Allerdings liegt knapp unterhalb des Gletschers der Eissee, in dem sich Schmelzwasser sammelt. Daher wurde er auch beprobt (E8–89). Eine Übersicht über die durchgeführte Probenahme gibt Tabelle 69 und der Kartenausschnitt (Abb. 64).

*Tab. 69: Probenahme 1989 – Wurtenkees*

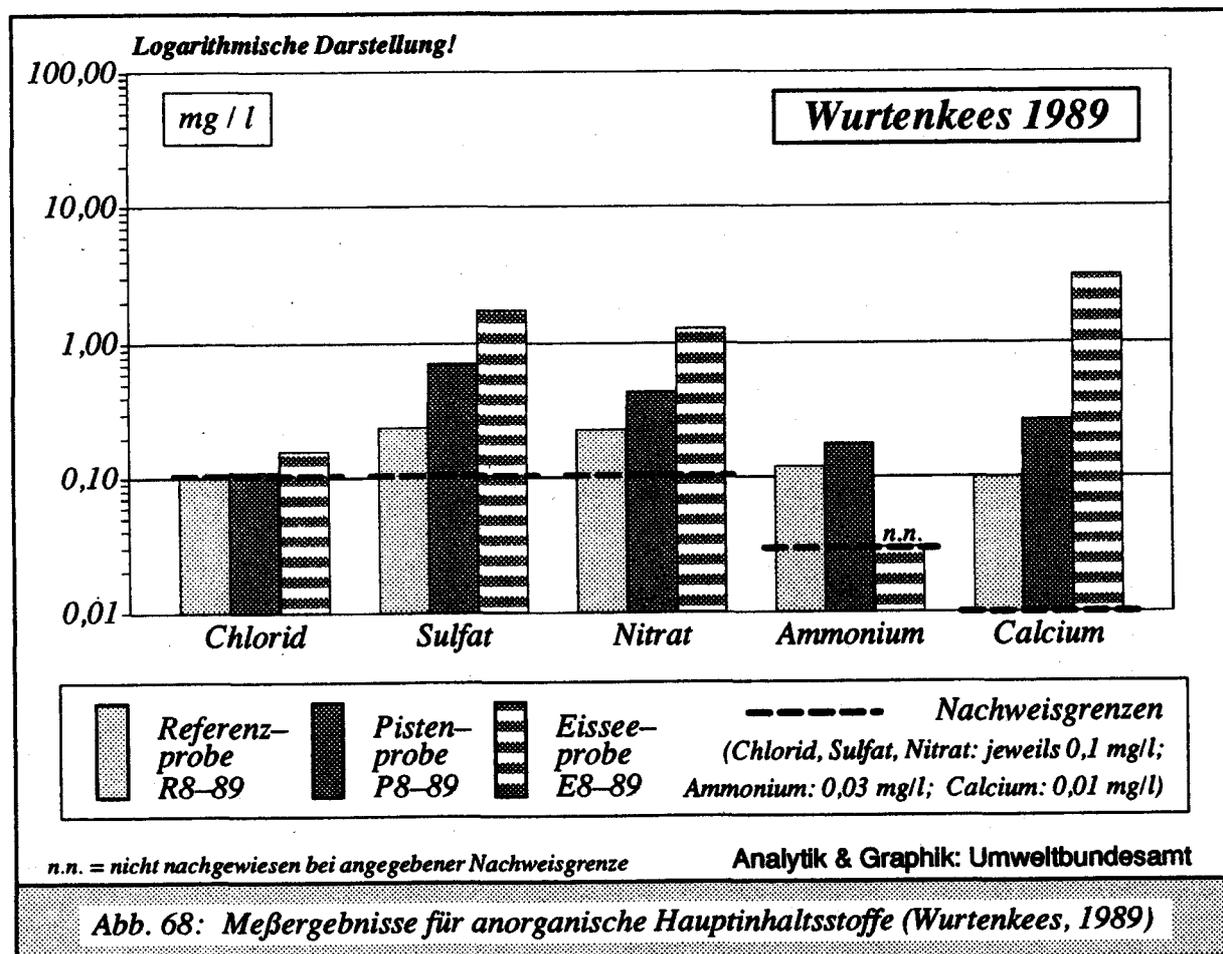
<i>Bezeichnung der Probe</i>	<i>Zahl der Einzelproben</i>	<i>Probenahmetiefe (cm)</i>	<i>Entnahmestelle</i>
<i>P8–89</i>	<i>6</i>	<i>0–40</i>	<i>Piste</i>
<i>PR8–89</i>	<i>4</i>	<i>0–40</i>	<i>Pistenrand</i>
<i>E8–89</i>	<i>1</i>	<i>–</i>	<i>Eissee</i>
<i>R8–89</i>	<i>1</i>	<i>0–40</i>	<i>Referenz</i>

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigten in der Pistenprobe (P8–89) mit Ausnahme des ortho-Phosphatanteils bei sämtlichen untersuchten Parametern Erhöhungen der Werte gegenüber der Referenzprobe (R8–89). In Absolutwerten ausgedrückt wiesen

sie aber keine signifikanten bzw. auf eine Ursache hinweisende Zunahmen auf (s. auch Kap. 3). Die Zusammensetzung der Pistenprobe liegt in Konzentrationsbereichen, wie sie in den im Hochgebirge fallenden Niederschlägen auftreten (PSENNER, R., 1988).

Tab. 70: Analyseergebnisse der Untersuchung 1989 – Wurtenkees

Parameter	Referenzprobe R8-89 (mg/l)	Pistenprobe P8-89 (mg/l)	Eisseprobe E8-89 (mg/l)
Sulfat	0,24	0,72	1,80
Chlorid	< 0,1	0,11	0,16
Nitrat	0,23	0,44	1,30
Ammonium	0,12	0,18	< 0,03
o-Phosphat	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Calcium	0,10	0,27	3,10
Magnesium	0,03	0,07	0,46
Natrium	0,05	0,09	0,16
Kalium	< 0,02	0,14	0,76
TOC	–	–	0,60



**Tab. 71: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Wurtenkees) sowie Vergleich mit Literaturdaten**

Parameter	Referenz- probe R8-89 (mg/l)	Pisten- probe P8-89 (mg/l)	Erhöhung gegenüber Referenzprobe (Faktor)	Niederschlagsver- gleichswerte (mg/l)*
Sulfat	0,24	< 0,72	3,1	0,58
Chlorid	< 0,1	< 0,11	> 1,1	0,21
Nitrat	0,23	< 0,44	1,9	0,50
Ammonium	0,12	< 0,18	1,5	0,10
o-Phosphat	< 0,05	= < 0,05	-	-
Calcium	0,10	< 0,27	2,7	0,28
Magnesium	0,03	< 0,07	2,3	0,02
Natrium	0,05	< 0,09	1,8	0,05
Kalium	< 0,02	< 0,14	> 7,0	0,04

\*) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

Der Vergleich der Daten aus dem Eissees vom Jahre 1989 mit dem Ergebnis einer am 31. Juli 1986 vorgenommenen Untersuchung (PSENNER, R., 1988) zeigt zum Teil Abweichungen bei einzelnen Komponenten, läßt aber keinen Trend erkennen. Beim Chlorid ist eine Abnahme um mehr als 85 % zu verzeichnen, bei anderen Ionen eine Zunahme um etwa das Doppelte (Sulfat, Kalium, Calcium).

#### Frühere chemische Untersuchungen im Bereich des Wurtenkees

Im August des Jahres 1988 wurden vom Amt der Kärntner Landesregierung Untersuchungen im Hinblick auf eventuelle Einflüsse von Abwässern und Pistenpräparierungsmaßnahmen im Gletscherbereich durchgeführt. Bei diesen Untersuchungen fand man erhöhte Fäkalkeimzahlen im Eissees, Weißsee und Stübelesee. Im Pistenbereich wurde der Einsatz chemischer Präparierungsmittel nachgewiesen.

Niederschlagsuntersuchungen auf Sulfat und Nitrat von R. WERNER und H. PUXBAUM (1985) am Wurtenkees im Winter des Jahres 1982/83 ergaben einen Medianwert für die Sulfationenkonzentration von 0,98 mg/l, mit Maximalwerten von 4 mg/l.

Die Maximalwerte an Sulfat wurden mit einer eventuellen Verfrachtung von Gesteinspartikeln erklärt. Für Nitrat betrug der Medianwert 0,39 mg/l, die Maximalkonzentration 3,4 mg/l.

Tab. 72: Analysenwerte des Eissees im Vergleich mit anderen Untersuchungen

Parameter	Eisseeprobe E8-89 (mg/l)	Eissee Vergleichswerte, 1986 (mg/l)*
Sulfat	1,80	0,82
Chlorid	0,16	1,10
Nitrat	1,30	1,20
Ammonium	< 0,03	0,07
o-Phosphat	< 0,05	–
Calcium	3,10	1,90
Magnesium	0,46	0,48
Natrium	0,16	0,14
Kalium	0,76	0,31
TOC	0,60	–

\*) Vergleichswerte von Hochgebirgsseen in angrenzenden Bereichen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von  $\mu\text{eq/l}$  in mg/l umgerechnet)

Durchschnittswerte von Proben aus 13 Schneeschächten ergaben mittlere Sulfatkonzentrationen je Schacht von 0,5 bis 2,81 mg/l. Die mittleren Nitratkonzentrationen je Schacht lagen zwischen 0,05 und 0,84 mg/l (WERNER, R., PUXBAUM, H., 1985).

### Organische Überblicksanalyse

#### *Referenzprobe (R8-89)*

Die Hauptbestandteile der organischen Verbindungen in dieser Probe sind Phthalate, Pentadecan (C 15), Heneicosan (C 21) und ein Terpen. Die Alkanbelastung liegt zwischen 5 und 10 ppb (inklusive C15 und C21). Die Verteilung entspricht nicht einer charakteristischen Alkanverteilung. Sie ist unregelmäßig und liegt zwischen 13 und 31 Kohlenstoffatomen. Weiters wurde ein Propansäureester identifiziert. Die Basisbelastung ist gering.

#### *Pistenrandprobe (PR8-89)*

Der Peak mit der höchsten Intensität konnte als alkyliertes Phenol (2,6-Bis-[1,1-dimethylethyl]-4-methylphenol) bestimmt werden. Die kleineren Peaks im Chromatogramm wurden als Phthalate und Alkane identifiziert. Die Alkane liegen in einem Bereich zwischen 10 und 31 Kohlenstoffatomen. Eindeutig identifiziert wurden Heneicosan (C21), Tetracosan (C 24), Pentacosan (C 25), Hexacosan (C 26) und Octacosan (C 28). Die Summenkonzentration ist kleiner als 5 ppb, die Basisbelastung ist gering.

#### *Vergleich*

Die beiden Proben können als kaum belastet eingestuft werden. Interessanterweise enthält die Referenzprobe die höheren Konzentrationen an Inhaltsstoffen. Besonders die beiden Alkanpeaks (C 15 und C 21) sind auffällig.

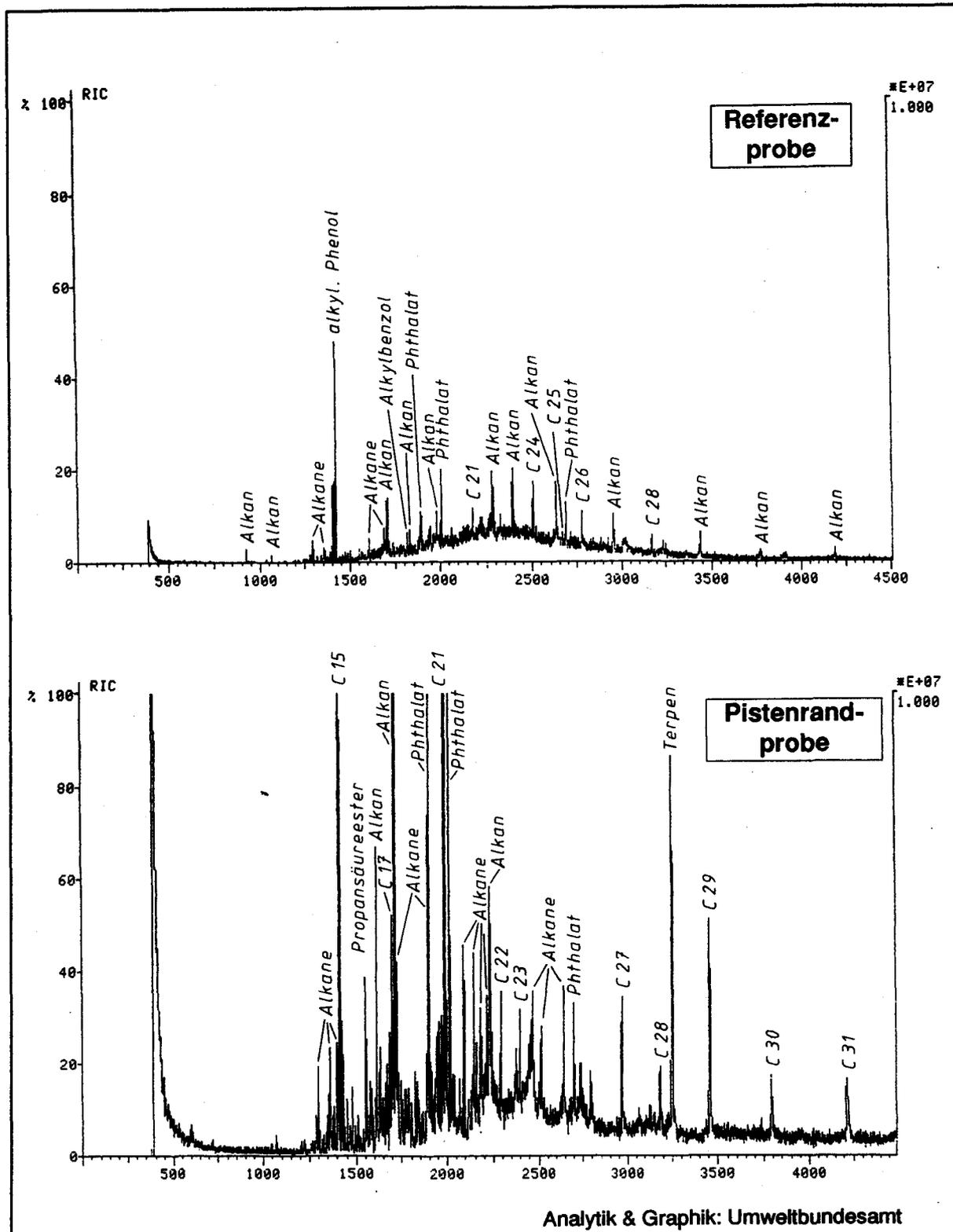


Abb. 69: Intensitätsgleiche Abbildungen der Chromatogramme von Referenzprobe R8-89 (oben) und Pistenrandprobe PR8-89 (unten) vom Wurtenkees

#### 5.7.4 Sonderproben 1990

Am Wurtenkees wurde das in dieser Studie für alle Gletscher vorgegebene Analysenprogramm um zwei Proben (A 8–90, B 8–90) erweitert.

Die Probenahme erfolgte dabei nach anderen als für das vorliegende Projekt üblichen Kriterien. Es wurde nicht nach für eine größere Fläche aussagekräftigen Proben gestrebt, sondern nach Proben aus offensichtlich verunreinigtem Schnee, über deren Repräsentativität keine Aussage zulässig ist. Die geschmolzenen Proben waren inhomogen, sie bestanden aus einer klaren wäßrigen und einer darauf schwimmenden dunkelgrauen, zähflüssigen organischen Phase (s. Abb. 70).

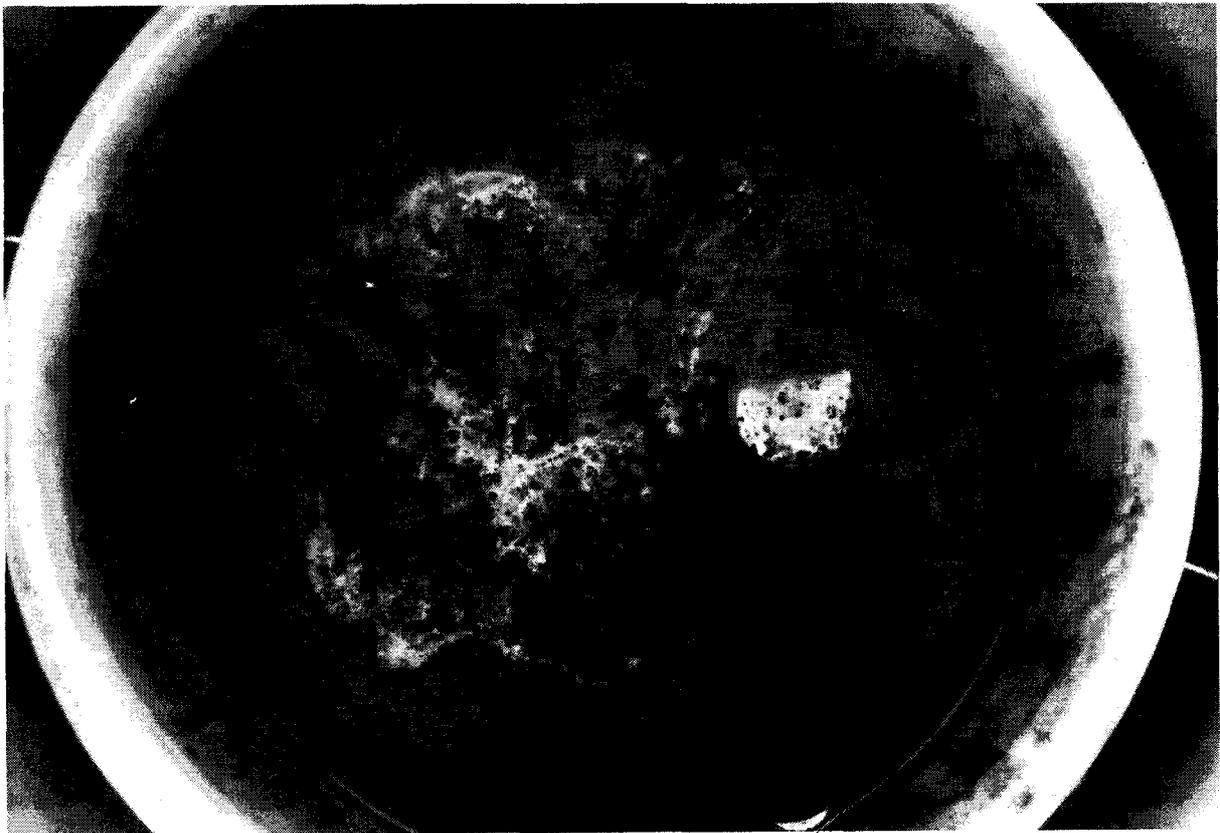


Photo: Umweltbundesamt

*Abb. 70: Blick von oben in den Kübel mit der geschmolzenen Sonderprobe A 8–90 vom Wurtenkees*

Beide Sonderproben wurden hauptsächlich auf anorganische und einige organische Parameter untersucht. Die Analyseergebnisse sind in Tabelle 73 zusammengestellt.

Tab. 73: Analysenwerte der Sonderproben vom Wurtenkees

Parameter	Probe	Probe	Parameter	Probe	Probe
	A 8-90	B 8-90		A 8-90	B 8-90
	(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)
Sulfat	1,30	1,20	Natrium	< 0,05	< 0,05
Chlorid	0,47	0,15	Kalium	0,17	0,21
Nitrat	< 0,10	< 0,10	Blei	1,70	0,56
Ammonium	0,06	0,07	TOC	119,00	24,00
o-Phosphat	< 0,05	< 0,05	DOC	50,00	12,00
Calcium	0,36	0,46	C-H	11370,00	2220,00
Magnesium	0,07	0,07			

Die Ergebnisse für die organischen Parameter bestätigten die bereits optisch erkennbare massive Verunreinigung dieser Proben mit Mineralölen.

Allein die Tatsache, daß es möglich ist, derartig verunreinigte Proben zu ziehen, zeigt von sorglosem Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und/oder mangelndem Verantwortungsbewußtsein.

Trotzdem darf nicht übersehen werden, daß punktuelle örtliche Beeinträchtigungen die analytisch eindeutig erfaß- und nachweisbar sind, keine Aussagen über die Gesamtsituation des Gletschers in bezug auf seine Verunreinigung zulassen, sofern nicht Angaben über das Ausmaß der durch Ölprodukte kontaminierten Fläche gemacht werden können.

### 5.7.5 Zusammenfassung der Untersuchungen

Am Wurtenkees wurden 1989 vier Proben entnommen. Neben den Proben aus dem Referenz- und Pistenbereich ist auch der Eissee untersucht worden. 1990 wurden auf Wunsch des ÖAV zwei Sonderproben analysiert.

Die Pistenprobe des Jahres 1989 wies durchwegs höhere Gehalte an anorganischen Ionen auf als die Referenzprobe. Sie lagen aber innerhalb des in der Literatur angegebenen Schwankungsbereiches und in vergleichbarer Größenordnung mit den Inhaltsstoffen von Niederschlägen. Wie bei diesen Proben so war auch bei der Probe aus dem Eissee nichts Auffälliges feststellbar. Bei der organischen Screeninguntersuchung fielen keine besonderen Verunreinigungen auf.

Scheinbar im krassen Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse der Sonderproben, die gezielt an Stellen sichtbarer Verunreinigungen mit Mineralölprodukten entnommen worden sind. Die erhaltenen Resultate spiegeln die Art der Probenahme wider.

Generell ist zu sagen, daß jegliche Verunreinigung von Gletschern mit Treibstoffen, Ölen und dergleichen zu vermeiden und ein sorgsamer Umgang mit diesen Stoffen anzustreben ist. Im Falle eines Gebrechens ist der verunreinigte Schnee sofort einer sachgemäßen Entsorgung zuzuführen. Andernfalls muß mit einer nachhaltigen Beeinträchtigung des betroffenen Ökosystems gerechnet werden.

5.8 Dachstein – Ramsau



*Probenahmestellen:*

△ Referenzprobe

*Einzelprobe für die Mischproben:*

○ Piste

◇ Pistenrand

*Abb 71: Kartenausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr.14 'Dachsteingruppe', 1:25.000, Ausgabe 1975.*

*Die Aufstiegshilfe Mittersteinlift ist noch nicht eingezeichnet.*

### 5.8.1 Infrastruktur und Besucherzahlen

#### Beschreibung:

Das Gletscherschigebiet Dachstein/Ramsau nützt den Schladminger Gletscher der Dachsteingruppe. Erschlossen wird das Ganzjahresschigebiet von Süden her mit einer Kabinenpendelseilbahn, der 'Dachstein-Südwandbahn', die 1969 in Betrieb ging. Parallel zu dieser Bahn verläuft noch eine Materialeilbahn, die während des Sommers außer Betrieb ist. Die Talstation, die in etwa 1700 m Höhe liegt, befindet sich auf dem Gebiet der Gemeinde Ramsau. Erreicht wird die Talstation auf einer 7 km langen, der Gemeinde gehörenden Straße. Die Entfernung nach Schladming beträgt etwa 15 km, damit ist die Talstation dieses Gletscherschigebietes relativ nahe den Hauptverkehrswegen. Im Bereich der Talstation befinden sich mehrere Hotels.

Mit einer Transportleistung von 700 Personen/h ist das Leistungsvermögen der Pendelbahn im Vergleich zu den Zubringerbahnen der anderen Gletscherschigebiete relativ gering. Die Bergstation in 2698m Höhe beherbergt auch das einzige Restaurant des Schigebietes.

**Tab. 74: Seilbahnen und Lifte des Gletscherschigebietes Dachstein – Ramsau**  
(Quelle: Amtliche Eisenbahnstatistik der Republik Österreich und Unterlagen der Betreibergesellschaft, Stand Dez.1990)

Liftbezeichnung	Typ	Höhen- diff.	schräge Länge	Kapazität Pers./h	Sommer- betrieb	An- trieb
1 Dachsteinsüdwandbahn <sup>1</sup>	KB	998 m	2174 m	700	ja	D/E
2 Mitterstein <sup>1</sup>	DSB	256 m	829 m	1440	- <sup>3</sup>	D/E
3 Schladminger Lift I <sup>2</sup>	SCHL	158 m	762 m	1000	ja <sup>4</sup>	D/E
4 Schladminger Lift II <sup>2</sup>	SCHL	158 m	762 m	1000	ja <sup>4</sup>	D/E
5 Hunerkogellift	SCHL	50 m	184 m	1000	ja	D/E
6 Austria Lift	SCHL	50 m	220 m	500	ja <sup>5</sup>	D/E
<i>Summe</i>		1670 m	4931 m	5640		
<i>Summe ohne Zubringerbahn</i>		672 m	2757 m	4940		

D/E: Diesel-elektrischer Antrieb  
 KP: Kabinenbahn, DSB: Doppelsesselbahn, SCHL: Schilift  
<sup>1</sup> keine Gletscherschiliftanlage; <sup>2</sup> Doppelliftanlage; <sup>3</sup> kein Gletscherlift, nur im Winter in Betrieb  
<sup>4</sup> meist August/September außer Betrieb; <sup>5</sup> nur etwa August bis November in Betrieb, im Winter abgebaut

Im eigentlichen Gletscherbereich befinden sich 4 Schlepplifte: die Doppelliftanlage 'Schladminger Gletscherlift I+II', der 'Hunerkogel'- und der 'Austria'-Lift. Erschlossen sind nur der südliche und nordwestliche Bereich des Schladminger Gletschers. Die 'Schladminger Gletscherlifte' führen vom nördlichen Gletscherende bis zum oberen Gletscherrand. Der 'Hunerkogellift' ist nur ein kurzer Lift im Bereich der Bergstation. Der 'Austria'-Lift ist nach Auskunft der Gletscherbahn nicht fix installiert. Er ist nur etwa von August bis November in Betrieb und wird anschließend wieder abgebaut. Aufgestellt

wird dieser Schlepplift im östlich der Bergstation gelegenen Bereich der Austria-Scharte.

Außerhalb des vergletscherten Bereiches befindet sich noch die Doppelsesselbahn Mitterstein. Diese erschließt den unterhalb der 'Schladminger Gletscherlifte' gelegenen Geländebereich.

Eine Talabfahrt im Winter ist nur als ausgesprochene Tourenabfahrt möglich. Dabei wird jedoch der nördliche Fuß des Dachsteins erreicht. Eine solche Abfahrt ist also nur bei einem im voraus organisierten Rücktransport zum Ausgangspunkt möglich. Solche Möglichkeiten bestehen zeitweise.

#### *Betriebszeiten der Lifte:*

Die Revision der Kabinenbahn erfolgt etwa im Mai. Zu dieser Zeit sind auch die anderen Liftanlagen außer Betrieb.

Die Doppelsesselanlage 'Mitterstein' ist meist bis Ende Juni in Betrieb. Die ins Ablationsgebiet des Schladminger Gletschers reichende Doppelschleppliftanlage 'Schladminger Gletscherlifte' wird – bei entsprechender Ausaperung – etwa Mitte August außer Betrieb gesetzt und, entsprechend den herbstlichen Neuschneefällen, ab Oktober wieder eingeschaltet. Als Ersatz wird dann der 'Austria'-Lift, der nur von August bis November läuft, in Betrieb genommen. Im Sommer ist nur der 'Hunerkogellift' durchgehend in Betrieb.

Die genutzte Gletscherfläche reduziert sich dabei auf etwa 0,08km<sup>2</sup> oder rund 10% der Gletschergesamtfläche. Es steht dann eine Schlepplänge von etwa 400 Metern zur Verfügung. Insgesamt ist das Gletscherschigebiet Dachstein mit einer Gesamtlänge aller Lifte von knapp 2 Kilometern relativ klein.

#### *Ausbaupläne:*

Konkret besteht nur ein Vorhaben zur Vergrößerung des Restaurants der Bergstation. Dabei wird ein bestehendes Gebäude erhöht.

#### *Parkplätze:*

Bei der Talstation bestehen ca. 500 Parkplätze. Diese sind bei einer Besucherzahl von etwa 2000 gefüllt. Daneben bestehen noch Parkplätze bei den naheliegenden Hotels. Weiters besteht eine Busverbindung nach Ramsau.

#### *Beschäftigte:*

Nach Auskunft der Gletscherbahn Ramsau sind 27 Personen beschäftigt.

#### *Pistenpräparierung:*

Nach Auskunft der Gletscherbahnen erfolgt die Pistenpräparierung ausschließlich durch Schneewalzen; chemische Mittel werden keine aufgebracht; dies ist auch Rennmannschaften ausdrücklich untersagt.

Laut Information der Gletscherbahnen wird bei Ölaustritten am Gletscher aufgrund von Schlauchplatzern zumindest versucht den verschmutzten Schnee zu sammeln und über Ölabscheider zu entsorgen.

### *Pistengeräte:*

Für die Pistengeräte bestehen Garagen; in diesen erfolgen auch die Wartungsarbeiten. Die Garagen sind mit dichten Böden und Ölabscheidern ausgestattet.

Für einen Einsatz von biologisch abbaubaren Ölen in den Pistengeräten wird die Freigabe dieser Öle durch den Gerätehersteller abgewartet.

### *Energieversorgung:*

Die Energieerzeugung für die Anlagen des Gletscherschigebietes erfolgt auf der Basis von Dieseltreibstoff. Stromzuleitung von außen besteht keine. Die Stromerzeugung erfolgt an zwei Punkten: Eine Dieselzentrale befindet sich zwischen der Bergstation der DSB 'Mitterstein' und der Talstation der 'Schladminger Gletscherlifte'. Mit der hier erzeugten elektrischen Energie werden die beiden genannten Liftanlagen betrieben. Die dazu nötigen Kabel sind im Boden verlegt. Die zweite Anlage befindet sich in der Bergstation der Kabinenbahn. Hier erfolgt der Antrieb der Hauptbahn sowie die Versorgung der Lifte 'Hunerkogel' und 'Austria'. Während das Kabel zu ersterem Lift fix verlegt ist, erfolgt die Zuleitung zum zeitweise aufgestellten 'Austria'-Lift mittels eines Kabels, das auf Masten geführt wird.

Die Heizung von Bergstation bzw. Restaurant erfolgt über eine Wärmerückgewinnung mittels eines Wärmetauschers und zusätzlich über Ölkessel.

### *Wasserversorgung und Abwasserentsorgung:*

Im Bereich der Talstation wird das Wasser einer Quelle gefaßt. Das Gletscherschigebiet wird per Gondel mit Wasser versorgt.

Die in Bergstation und Restaurant anfallenden Abwässer werden nach Angabe dort in zwei 20 m<sup>3</sup>-Gruben gesammelt und dann unter Verwendung von Gondeltanks ins Tal gebracht. Hier werden die Abwässer im Bereich der Talstation in eine Faulgrube mit drei Kammern geleitet. Das Überwasser wird zusammen mit den Abwässern von drei nahegelegenen Hotels in einen Faulturm, der sich etwas tiefer als die Talstation befindet, geleitet. Dieser wird von der Gemeinde Ramsau betreut. Die Leerung der Gruben und der Abtransport des Klärschlammes erfolgt einmal im Jahr.

Im Jahr 1982 wurde eine Verunreinigung des Trinkwassers von Hallstatt (am Dachstein) mit Coli-Bakterien bemerkt. Als Verursacher wurden Emissionen aus dem Bereich des Gletscherschigebietes bzw. von Hütten am Dachstein vermutet. Unter anderem wurden auf Grund dieser Probleme Farbtraceruntersuchungen am Dachstein durchgeführt (BAUER, F. 1989).

### *Besucher:*

In Abbildung 72 sind die monatlichen Besucherzahlen des Gletscherschigebietes graphisch dargestellt. Das Besucherminimum liegt jeweils im Mai, dies ist Folge der Bahnrevisionsarbeiten. Die Jahre 1985 bis 1987 spiegeln die 'normale Situation' wider: Das absolute Besuchermaximum wird im Sommer bzw. Frühherbst erreicht. Ein zweites Maximum ist in den Monaten März/April – also um Ostern – zu verzeichnen. Dieses bleibt jedoch deutlich gegenüber dem Sommerhoch zurück. Minima werden im Hochwinter und im Juni erreicht.

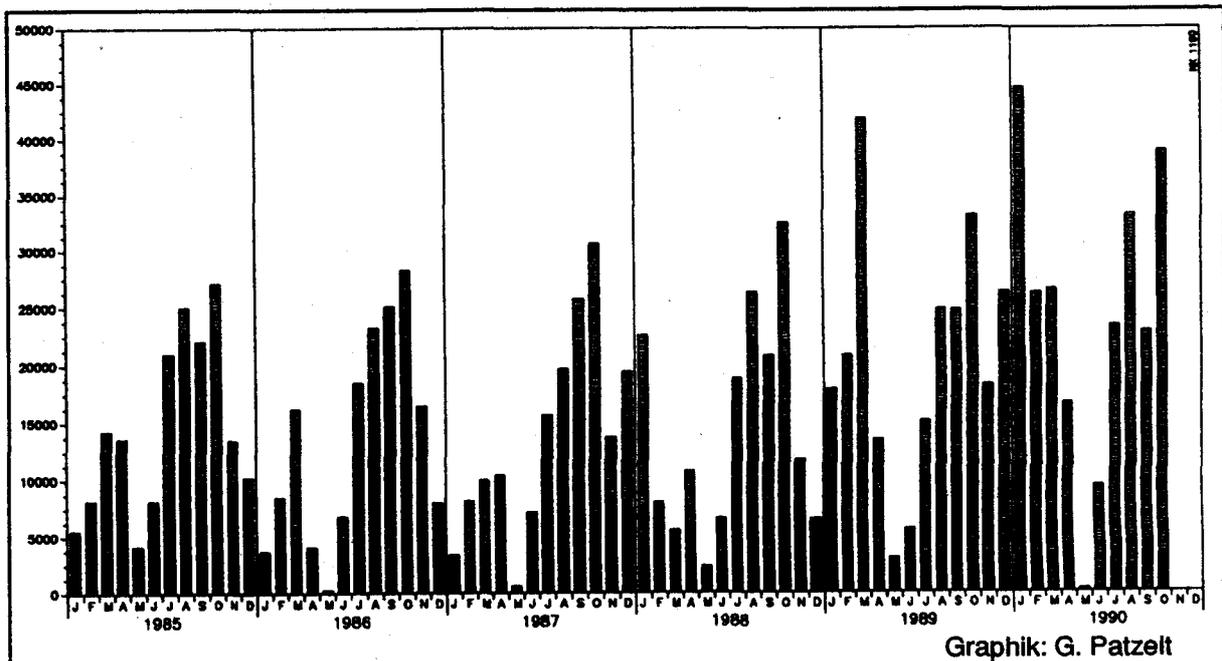


Abb. 72: Zahl der Besucher pro Monat = Zahl der ab Tal bergwärts beförderten Personen: Kabinenbahn 'Dachstein-Südwandbahn', Jan. 1985 – Okt. 1990 (Quelle: Unterlagen der Seilbahngesellschaft)

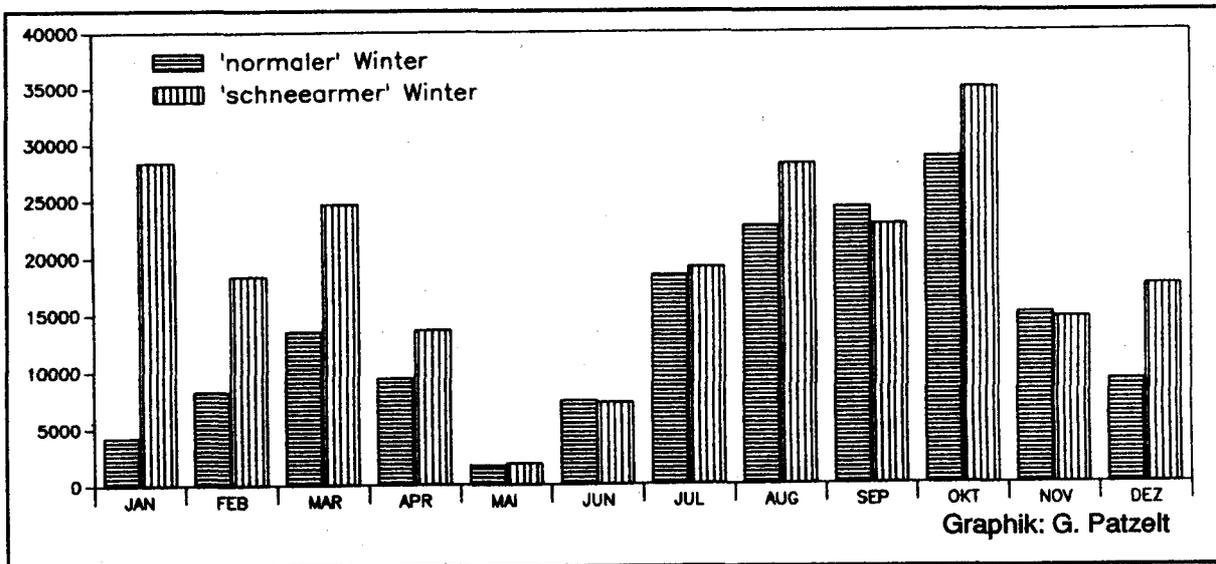


Abb. 73: Vergleich der monatlichen Besucherzahlen im Gletscherschigebiet Dachstein in 'normalen' und in 'schneearmen' Wintern: 'normaler' Winter: Jan.1985 – Okt.1987, 'schneearmer' Winter: Nov.1987 – Okt.1990 (Quelle: Unterlagen der Seilbahngesellschaft)

Diese Verteilung der Besucher ist auch in Abbildung 73 zu sehen, die die Situation von 'normalen' und von 'schneearmen' Wintern, den Wintern 1988 bis 1990, in absoluten Zahlen gegenüberstellt. In diesen relativ schneearmen Wintern verschwindet das Hochwinterminimum völlig. Der Rekordwert der Monatsbesucherzahl im hier dargestellten Zeitraum wird schließlich auch im Jänner 1990 erreicht.

Auch das Tagesbesuchermaximum der letzten Jahre wurde mit etwa 3000 Personen im Jänner 1990 erreicht. Normalerweise gilt nach Angabe der Gletscherbahn im Winter ein Tag mit einer Besucherzahl von 1500 Personen als Spitzentag, im Sommer wird ein Tag mit 2000 Besuchern als sehr guter Tag gewertet. Die absoluten Tagesbesucherrekorde wurden allerdings bereits in den frühen 1970er Jahren im Sommerbetrieb mit über 4000 Personen registriert.

Das Gletscherschgebiet verzeichnete in Wintern mit normaler Schneelage rund 55% der Besucher in den 8 Monaten Oktober bis Mai und ca. 45% der Besucher in den 4 Sommermonaten Juni bis September. In den schneearmen Wintern stieg der Besucherstrom im Winter deutlich an, der Besucheranteil der 4 Sommermonate sank damit auf nur noch etwa 33%. Das Gletscherschgebiet diente in diesen Wintern eindeutig als schneesicheres Ausweichziel für die Wintersportler.

In den Sommermonaten dominieren die Ausflugstouristen deutlich gegenüber den Sommerschifahrern: nach Angabe der Gletscherbahn lag der Anteil der Schifahrer an der Gesamtbesucherzahl im August 1990 gerade bei 8%!

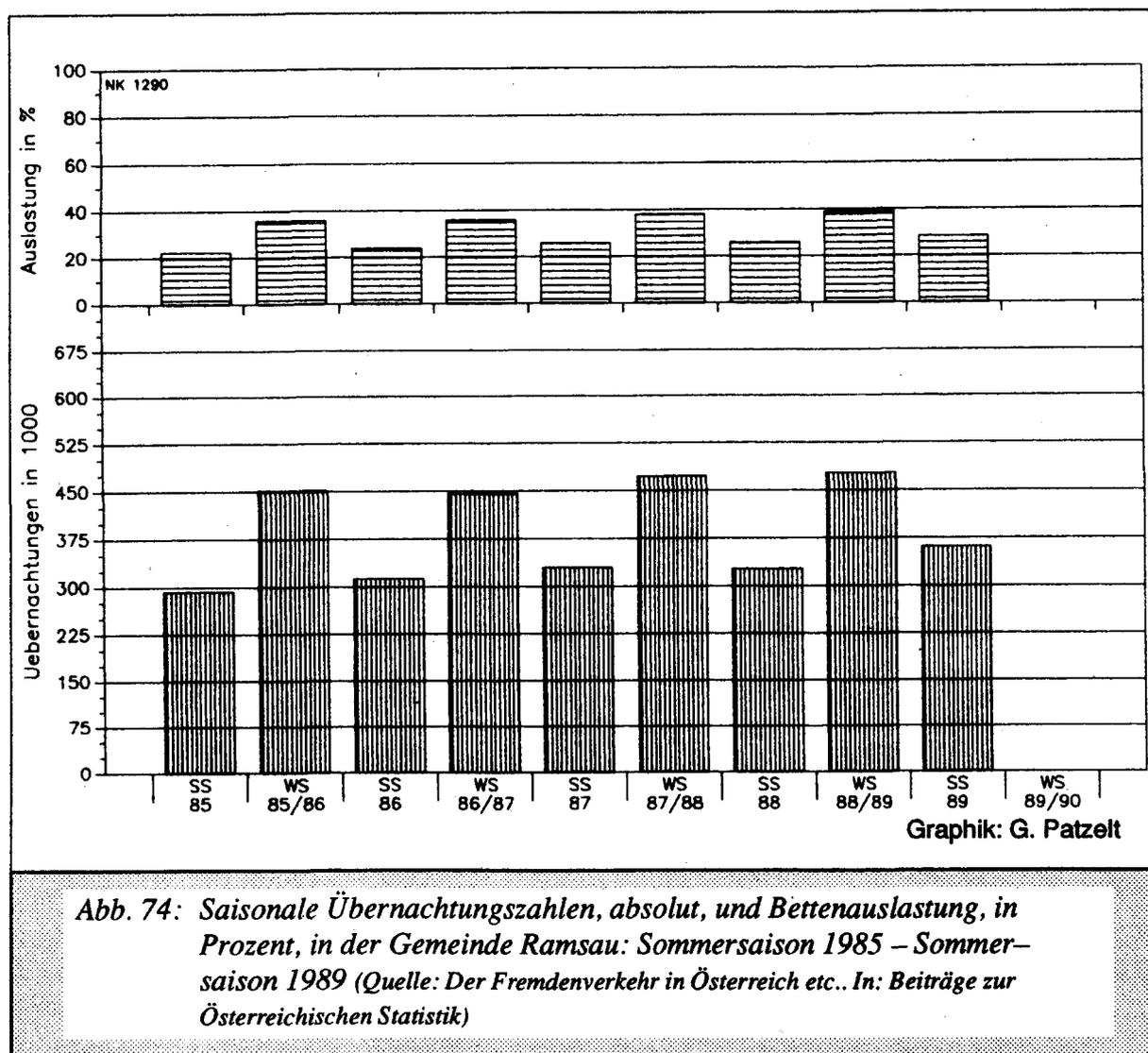


Abb. 74: Saisonale Übernachtungszahlen, absolut, und Bettenauslastung, in Prozent, in der Gemeinde Ramsau: Sommersaison 1985 – Sommersaison 1989 (Quelle: Der Fremdenverkehr in Österreich etc.. In: Beiträge zur Österreichischen Statistik)

*Nächtigungszahlen der Gemeinde Ramsau:*

In Abbildung 74 sind die saisonalen Übernachtungszahlen sowie die entsprechenden Bettenauslastungswerte für die Saisonen Sommer 1985 bis Sommer 1989 dargestellt.

Die österreichische Fremdenverkehrsstatistik weist für die Gemeinde Ramsau für 1989 ca. 850 000 Nächtigungen aus. Damit liegt diese Gemeinde bezüglich den Übernachtungszahlen an 24. Stelle der österreichischen Fremdenverkehrsorte.

Die Wintersaison dominiert gegenüber der Sommersaison nur relativ gering. Die Bettenauslastung ist mit maximal 40% im dargestellten Zeitraum gerade im Vergleich mit den Talgemeinden anderer Gletscherschigebiete relativ gering.

**5.8.2 Der Gletscher des Schigebietes***Geologie:*

Das Dachsteinmassiv wird zum überwiegenden Teil von bis zu 1000 m mächtigem Dachsteinkalk aufgebaut, der von undurchlässigen Gesteinen (zumeist "Werfener Schichten") unterlagert wird. Die mächtigen Kalke des Dachsteinmassivs sind gegen Norden geneigt und weisen eine extrem starke Verkarstung auf. Durch zahlreiche Farbtracerversuche, die im Zeitraum von 1984–1986 durchgeführt wurden, liegen hier gute Kenntnisse bezüglich der unterirdischen Abflußverhältnisse vor (BAUER, F., 1989).

*Beschreibung:*

Zum Schilaul wird vom Gletscherschigebiet nur der Schladminger Gletscher genutzt. Für die Anlegung einer Loipe und Rundfahrten mit einem 'Gletschertaxi', einer als Personentransportmittel genutzten Pistenraupe, wird auch noch ein Teil des an den Schladminger Gletscher anschließenden, wesentlich größeren Hallstätter Gletschers genutzt. Hier sind jedoch keinerlei dauernde Installationen des Gletscherschigebietes vorhanden.

*Tab. 75: Gletscher des Schigebietes Dachstein (Quelle: Österr. Gletscherinventar)*

Gletscher	Exp.	Fläche	höch.P.	tief.P.	max.Länge	SG 2:1	Fl.Änd.	SG Änd.
Schladminger Gletscher	1969	0,814km <sup>2</sup>	2700m	2420m	0,9km	2560m	-60,4%	+90m
	1850	2,057km <sup>2</sup>	2710m	2255m	2,1km	2470m	-	-

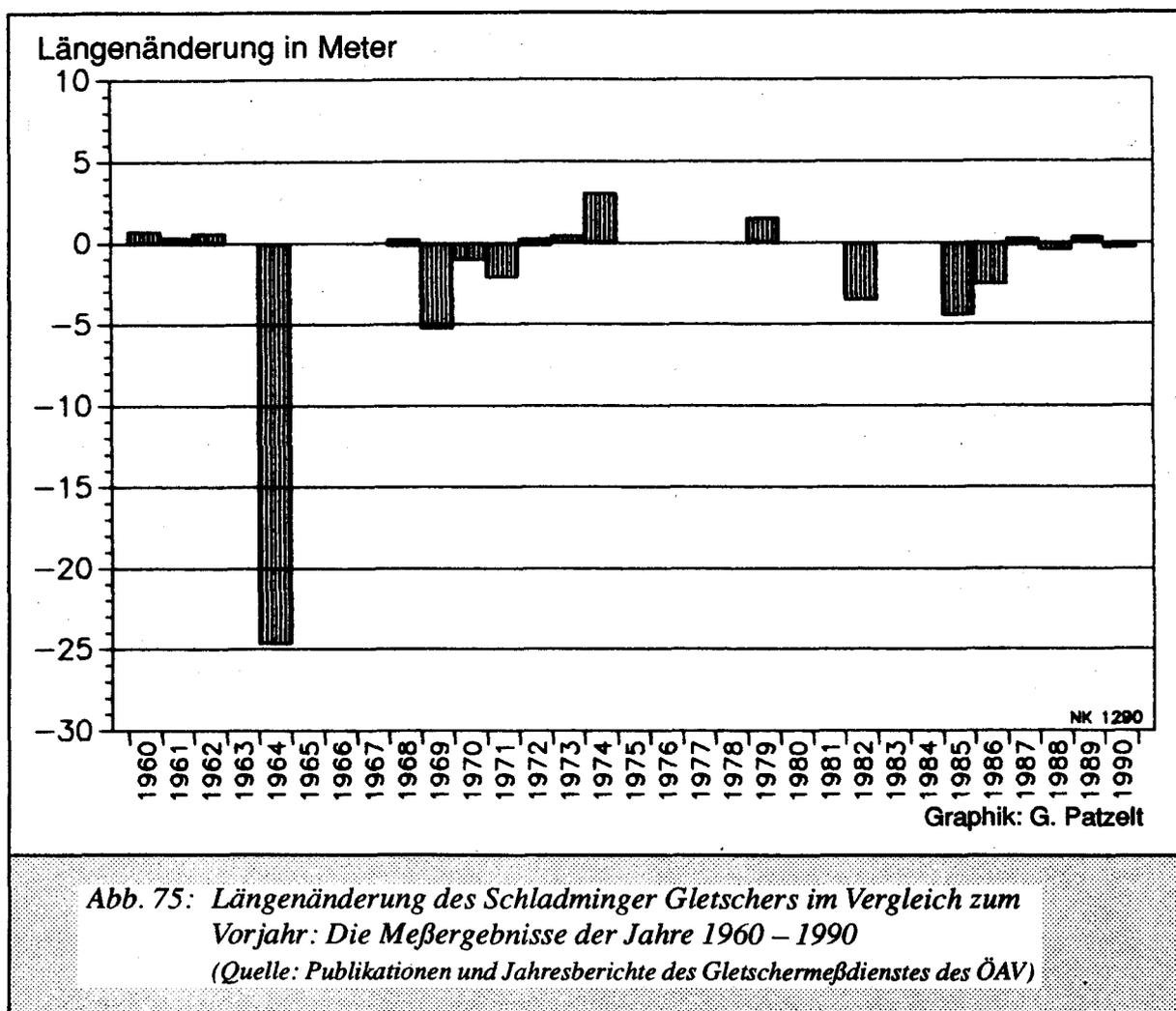
*Exp.: Exposition, NE: Nord-Ost, SG: Schneegrenze, SG 2:1: siehe Kap. 2.1.2*

Der Schladminger Gletscher ist ein nordost-orientierter Gletscher der Dachsteingruppe. Wie der Kartenausschnitt in Abbildung 71 zeigt, stellt er im wesentlichen eine Plateauvergletscherung dar. Mit nur 280 Höhenmetern (Österr. Gletscherinventar) ist daher auch die Höhenerstreckung relativ gering. Der Schladminger Gletscher liegt als relativ flacher Gletscher zwischen den Felstürmen der Dachsteingruppe. Er bildet zwei Zungen aus, die aufgrund der Verkarstung jedoch keinen oberirdischen Abfluß besitzen.

Der Schladminger Gletscher weist nur eine maximale Höhe von 2700 m auf. Dies ist relativ gering, und nur seine Lage am Alpennordrand und die damit verbundenen hohen Jahresniederschläge erklären die Existenz dieses Gletschers.

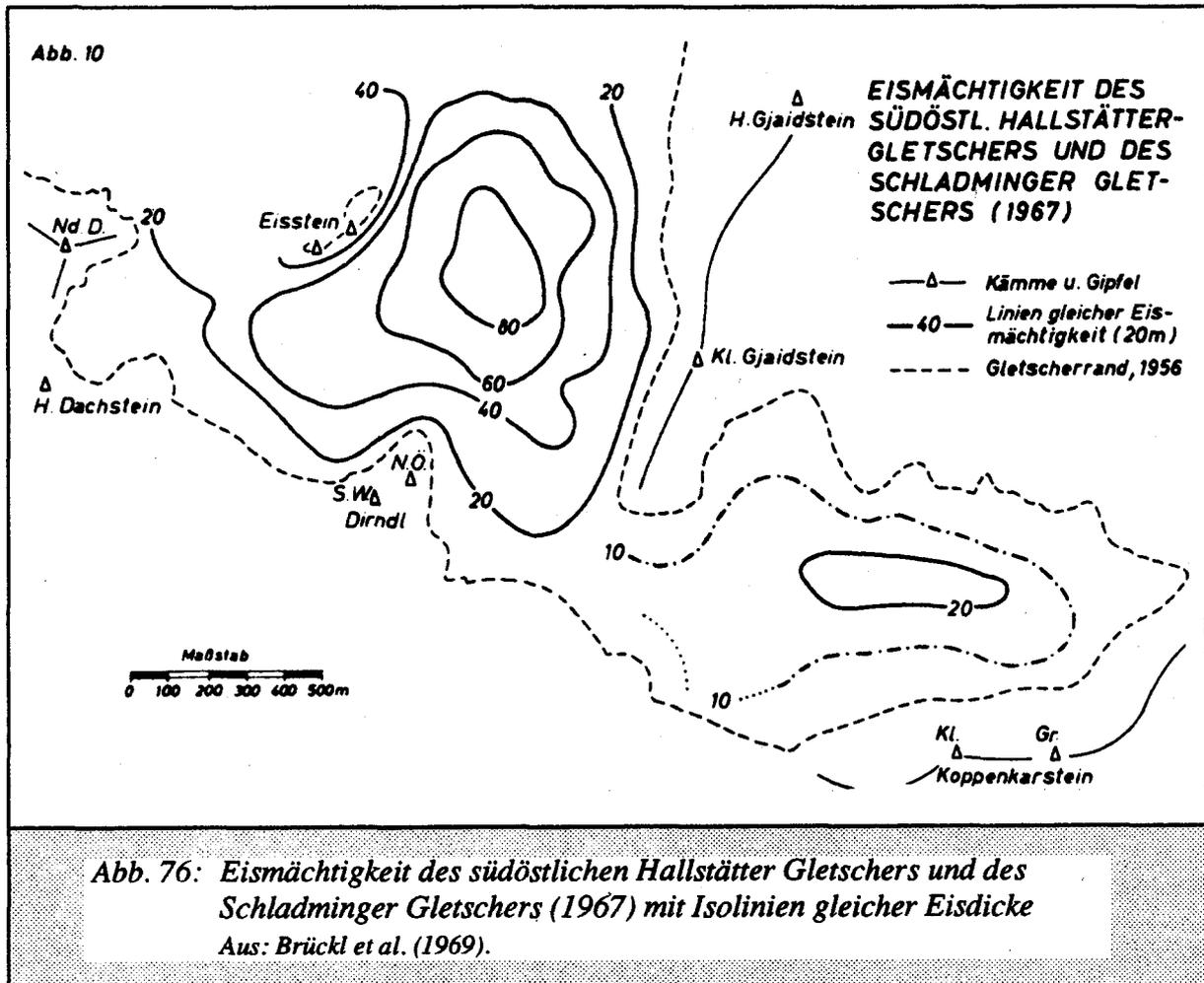
#### Größenänderungen:

Mit einer Flächenausdehnung von ca. 0,8 km<sup>2</sup> ist der Schladminger Gletscher klein. Gegenüber der Hochstandsperiode von '1850' weist dieser Gletscher einen relativ starken Flächenverlust von ca. 60% auf. Eine Auswertung der Gletscherausdehnung von 1915 (Österr. Gletscherinventar) weist erst einen Flächenverlust gegenüber '1850' von knapp 20% – in also etwa 60 Jahren – aus. Mehr als doppelt so stark war der Flächenverlust dann in den etwa 50 Jahren zwischen 1915 und 1969.



Die Längenänderungen des Schladminger Gletschers werden seit dem Beginn der 1930er, praktisch ohne Unterbrechungen dann ab Ende der 1940er Jahre, vom Österreichischen Alpenverein gemessen. In Abbildung 75 sind die Meßergebnisse seit dem Jahr 1960 zusammengestellt. Die vielen fehlenden Meßergebnisse sind nicht auf ausgefallene Beobachtungen zurückzuführen, sondern rühren daher, daß in vielen Jahren

das Gletscherende nicht ausapert und damit, da die Längenvariation der Eiszunge gemessen werden soll, aber aufgrund der Schneebedeckung keine Messungen erfolgen konnten. Die vorhandenen Messungen zeigen, daß der Schladminger Gletscher im wesentlichen stationär ist und sich somit seine Größe in den letzten Jahren kaum verändert hat. Eine Ausnahme in der Meßreihe bildet das Jahr 1964. Hier ist der Zungenbereich des Schladminger Gletschers offensichtlich gänzlich ausgeapert, und daher konnte ein deutlicher Rückgang gemessen werden.



Für den Schladminger Gletscher liegen Werte über die Eismächtigkeit aufgrund einer seismischen Untersuchung im Jahr 1967 vor (BRÜCKL et al., 1969). Dabei wurde eine mittlere Eismächtigkeit von nur 9 m errechnet – siehe Abbildung 76, bei einem möglichen Fehler in der Größenordnung von 25%. Die maximale beobachtete Eistiefe lag bei nicht ganz 30 m. Für den Zeitraum von 1915 bis 1956 wurde auf der Basis eines Kartenvergleiches ein Rückgang der Eismächtigkeit von durchschnittlich 20 m errechnet.

#### Genutzte Flächen:

Für den Schilaufl werden etwa 0,5 km<sup>2</sup> oder ca. 60% der Gesamtfläche des Schladminger Gletschers genutzt. Auch HAIMAYER (1987a) weist für das Gletscherschigebiet eine erschlossene Gletscherfläche von 0,55 km<sup>2</sup> aus. Zu Ende des Sommers reduziert

sich, wie bereits erwähnt, die genutzte Gletscherfläche auf etwa 0,08 km<sup>2</sup> oder rund 10% der Gletschergesamtfläche.

Nicht berücksichtigt sind bei den genannten Flächenzahlen die Langlaufloipen. Aufgrund der für Gletscherschigebiete geringen Höhe hat dieser Sportsektor hier eine gewisse Bedeutung. So wird am Hallstätter Gletscher eine ca. 10 km lange Loipe in den Monaten September/Oktober angelegt. Ebenso wird auch am Schladminger Gletscher eine Loipe von ca. 5 km Länge und etwa 4 Metern Breite eingerichtet.

### 5.8.3 Pilotuntersuchung 1988

Die Untersuchung des Gletscherschigebietes Dachstein fand als Pilotprojekt bereits im Mai und im September des Jahres 1988 statt (VÖLKL, G., 1988). Daraus erklärt sich auch, daß die Probenbezeichnung der Dachsteinuntersuchung nicht in das allgemeine Schema dieser Studie paßt. Problemstellung war die Erfassung der durch den Tourismus bzw. einer eventuellen Pistenpräparierung verursachten Beeinflussung.

*Tab. 76: Probenahme 1988 – Dachstein*

<i>Bezeichnung der Probe</i>	<i>Interner Code</i>	<i>Entnahmestelle</i>
<i>R9 – Mai 1988</i>	<i>SDA 900</i>	<i>Referenz</i>
<i>L9 – Mai 1988</i>	<i>SDA 901</i>	<i>Probe aus der Schleppliftspur am Schladminger Gletscher</i>
<i>P9 – Mai 1988</i>	<i>SDA 903</i>	<i>Pistenprobe Hunerkogel</i>
<i>V9 – Mai 1988</i>	<i>SDA 904</i>	<i>Probe aus dem Vorfeld der Garagenausfahrt am Hunerkogel</i>
<i>R9 – Sept. 1988</i>	<i>SDA 900</i>	<i>Referenz</i>
<i>L9 – Sept. 1988</i>	<i>SDA 901</i>	<i>Probe aus der Schleppliftspur am Schladminger Gletscher</i>
<i>P9 – Sept. 1988</i>	<i>SDA903</i>	<i>Pistenprobe Hunerkogel</i>

Bei der Pilotuntersuchung wurde davon ausgegangen, daß beim Aufbringen von chemischen Mitteln zum Zwecke der Pistenpräparierung die Salzkonzentrationen im Schnee in Bereichen liegen, die sich deutlich von den natürlichen unterscheiden. Aus diesem Grund wurden Calcium und Chlorid nur bis zu einer Nachweisgrenze von 2 mg/l bestimmt.

Bei den im Mai 1988 entnommenen Proben konnten keine signifikant erhöhten Werte der analysierten organischen und anorganischen Parameter festgestellt werden.

Der im September 1988 in der Referenzprobe (R9–Sept.88) festgestellte Ammoniumwert von 0,6 mg/l muß als erhöht bezeichnet werden, da er gegenüber sämtlichen im Rahmen der vorliegenden Arbeit erhaltenen Ergebnissen die höchste gefundene Konzentration darstellt. In den gleichzeitig entnommenen Proben L9–Sept.88 und P9–Sept.88 waren 0,4 mg/l Ammonium nachzuweisen. Der Vergleich der im Mai 1988

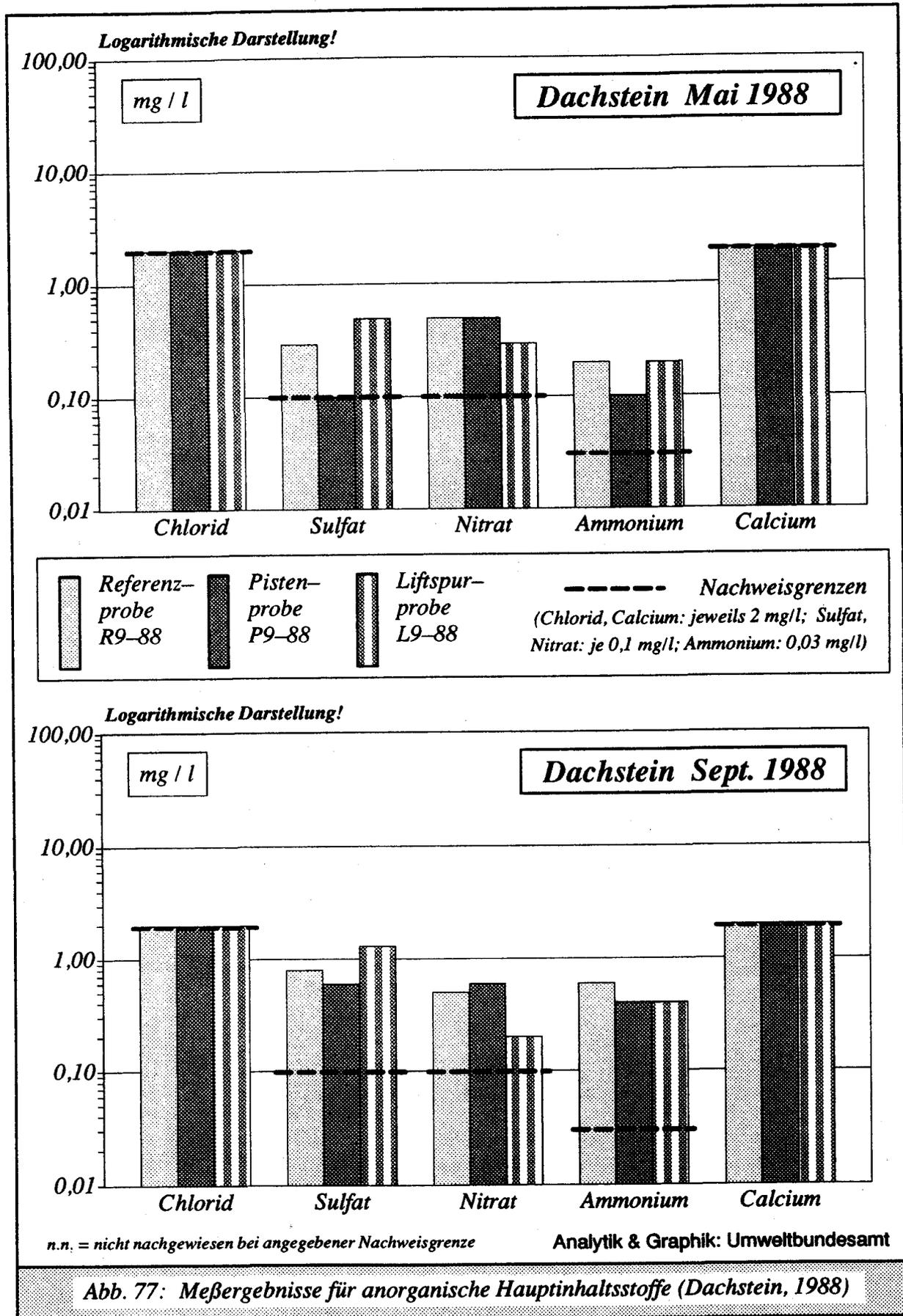
mit der im September 1988 durchgeführten Untersuchung zeigt außerdem noch bei Sulfat und beim DOC im September deutlich höhere Werte als im Mai.

**Tab. 77: Analysenergebnisse der Pilotuntersuchung Gletscherschigebiet Dachstein (Probenahme: 16.–17. Mai 1988)**

Parameter	SDA 900	SDA 901	SDA 903	SDA 904
	Referenz- probe R9–Mai 88 (mg/l)	Probe Schlepplift Schladminger Gletscher L9–Mai 88 (mg/l)	Probe Schipiste Hunerkogel P9–Mai 88 (mg/l)	Probe Vorfeld Garagen- ausfahrt Hunerkogel V9–Mai 88 (mg/l)
Sulfat	0,3	0,5	0,1	0,1
Chlorid	< 2	< 2	< 2	< 2
Nitrat	0,5	0,3	0,5	0,6
Ammonium	0,2	0,2	0,1	0,2
Nitrit	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Sulfit	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Calcium	< 2	< 2	< 2	3,2
C-H	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,55
DOC	0,7	0,6	< 0,5	2,9

**Tab. 78: Analysenergebnisse der Pilotuntersuchung Gletscherschigebiet Dachstein (Probenahme: 19.–20. September 1988)**

Parameter	SDA 900	SDA 901	SDA 903
	Referenz- probe R9–Sept.88 (mg/l)	Probe Schlepplift Schladminger Gletscher L9–Sept.88 (mg/l)	Probe Schipiste Hunerkogel P9–Sept.88 (mg/l)
Sulfat	0,8	1,3	0,6
Chlorid	< 2	< 2	< 2
Nitrat	0,5	0,2	0,6
Ammonium	0,6	0,4	0,4
Nitrit	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Sulfit	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Calcium	< 2	< 2	< 2
Natrium	0,1	0,1	0,5
Kalium	0,2	0,1	0,4
C-H	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DOC	1,6	0,8	2,0



In der Probe V9–Mai88, die bereits gezielt punktuell zum Nachweis von Verunreinigungen vor einer Garagenausfahrt genommen wurde, treten, wie zu erwarten, erhöhte Gehalte an Gesamtkohlenwasserstoffen (C–H) und damit auch beim gelösten organischen Kohlenstoff auf.

Um spezifische Schadstoffe in niedrigeren Konzentrationsbereichen zu erfassen und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit jenen der anderen österreichischen Gletscherschigebiete zu ermöglichen, wurde im August 1990 eine neuerliche Probenahme auf dem Gletscherschigebiet Dachstein durchgeführt.

#### 5.8.4 Untersuchung 1990

Die Probenahme wurde am 27. Oktober 1990 durchgeführt.

Der Gletscher war zur Gänze mit einer Schneeeauflage bedeckt. Mäßiger Pistenbetrieb und regelmäßige Rundfahrten mit einem zum Gletschertaxi umfunktionierten Pistenfahrzeug konnten beobachtet werden. Alle Proben wurden in Seehöhen von ca. 2600 – 2700 m entnommen.

Die Referenzprobe (R9–90) stammt von einer Stelle, die abseits von der Piste nördlich der "Dirndln" liegt. Die Mischprobe aus der Piste (P9–90), sowie die Pistenrandprobe (PR9–90) wurde aus jeweils vier Einzelproben zusammengesetzt.

Tabelle 79 und der Kartenausschnitt (Abb. 71) geben eine genauere Information über die durchgeführte Probenahme.

*Tab. 79: Probenahme 1990 – Dachstein*

<i>Bezeichnung der Probe</i>	<i>Zahl der Einzelproben</i>	<i>Probenammetiefe (cm)</i>	<i>Entnahmestelle</i>
<i>P9–90</i>	<i>4</i>	<i>0 – 15</i>	<i>Piste</i>
<i>PR9–90</i>	<i>4</i>	<i>0 – 15</i>	<i>Pistenrand</i>
<i>R9–90</i>	<i>1</i>	<i>0 – 15</i>	<i>Referenz</i>

Die Ionengehalte der Referenzprobe (R9–90) liegen im Größenordnungsbereich der Niederschlagsvergleichswerte (s. Tab. 81) und sind als gering zu bezeichnen.

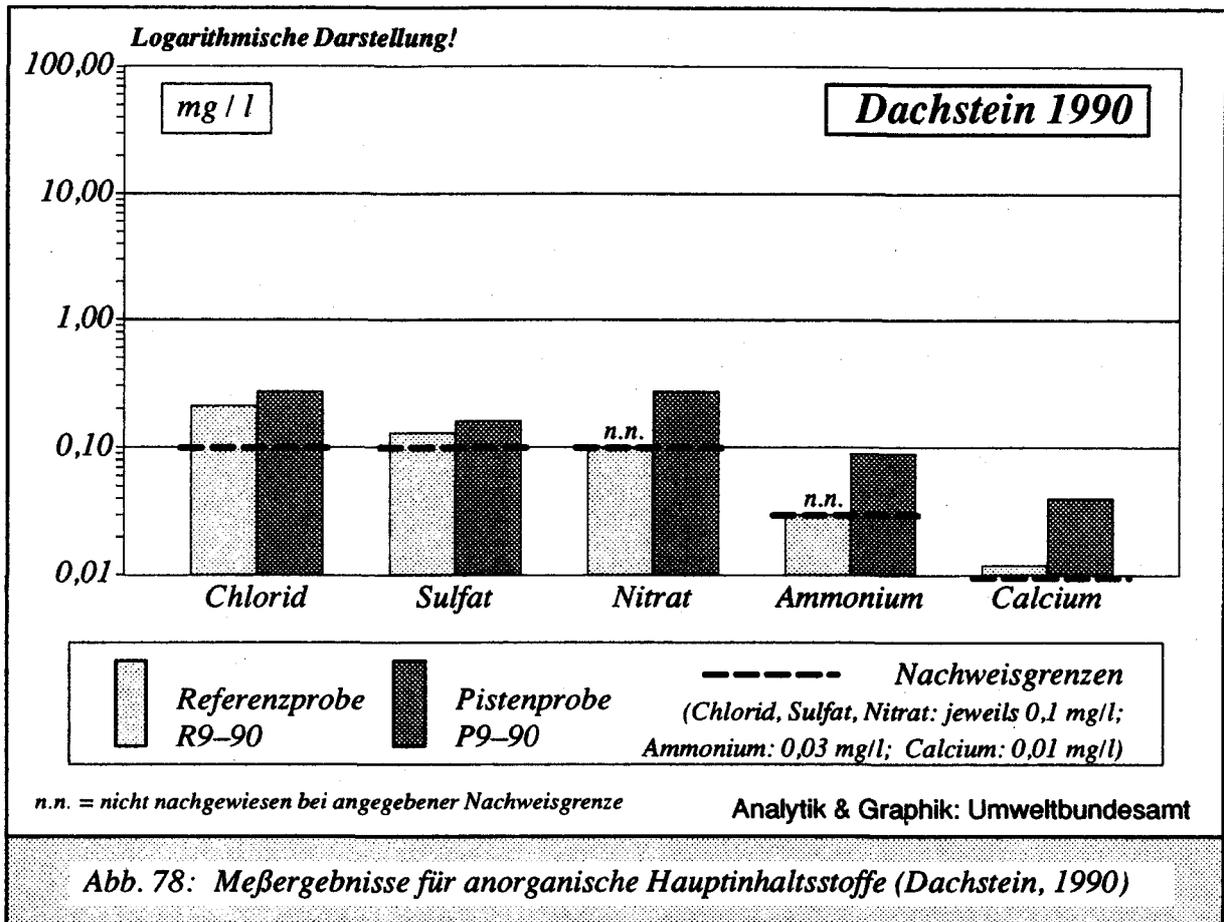
Vergleicht man die Ergebnisse der Referenzprobe mit jenen der Pistenprobe (P9–90), so läßt sich keine Beeinträchtigung der Piste durch zusätzliche anthropogene Einflüsse erkennen. Die bei den einzelnen Parametern festgestellten Konzentrationsunterschiede liegen im natürlichen Schwankungsbereich.

Die Referenz– (R9–90) und die Pistenrandprobe (PR9–90) wurden auf halogenierte organische Verbindungen untersucht. Es ergab sich bezüglich der in Bereichen oberhalb der Nachweisgrenze der Analysenmethode auftretenden Verbindungen dasselbe Verteilungsmuster wie bei den anderen auf diese Substanzen untersuchten Gletscher.

Tab. 80: Analysenergebnisse der Untersuchung 1990 – Dachstein

Parameter	Referenzprobe	Pistenprobe	Pistenrandprobe
	R9-90 (mg/l)	P9-90 (mg/l)	PR9-90 (mg/l)
Sulfat	0,13	0,16	–
Chlorid	0,21	0,27	–
Jodid	< 0,001	< 0,001	–
Nitrat	< 0,10	0,27	–
Nitrit	0,01	0,01	–
Ammonium	< 0,03	0,09	–
o-Phosphat	< 0,05	< 0,05	–
Calcium	< 0,01	0,04	–
Magnesium	0,03	0,05	–
Natrium	< 0,05	< 0,05	–
Kalium	< 0,02	0,02	–
Bor	< 0,03	0,03	–
Blei (Probe unfiltriert)	0,008	–	0,004
	µg/l	µg/l	µg/l
1,1-Dichlorethylen	n.n.	–	n.n.
Chloroform	0,4	–	0,2
1,1,1-Trichlorethan	0,9	–	0,7
1,2-Dichlorpropan	n.n.	–	n.n.
1,2-Dichlorethan	n.n.	–	n.n.
Tetrachlormethan	n.n.	–	n.n.
Trichlorethylen	0,9	–	0,5
Bromdichlormethan	n.n.	–	n.n.
1,1,2-Trichlorethan	n.n.	–	n.n.
Dibromchlormethan	n.n.	–	n.n.
Perchlorethylen	0,1	–	0,1
1,2,3-Trichlorpropan	n.n.	–	n.n.
1,4-Dichlorbutan	n.n.	–	n.n.
1,4-Dichlorbenzol	n.n.	–	n.n.
1,2-Dichlorbenzol	n.n.	–	n.n.
1,2,3,4-Tetrachlorbutan	n.n.	–	n.n.

Nachgewiesen wurden neben Perchlorethylen und Chloroform vor allem 1,1,1-Trichlorethan und Trichlorethylen in Konzentrationen, die gemessen an Vergleichsdaten aus der BRD (s. Tab. 25), als hoch anzusehen sind.

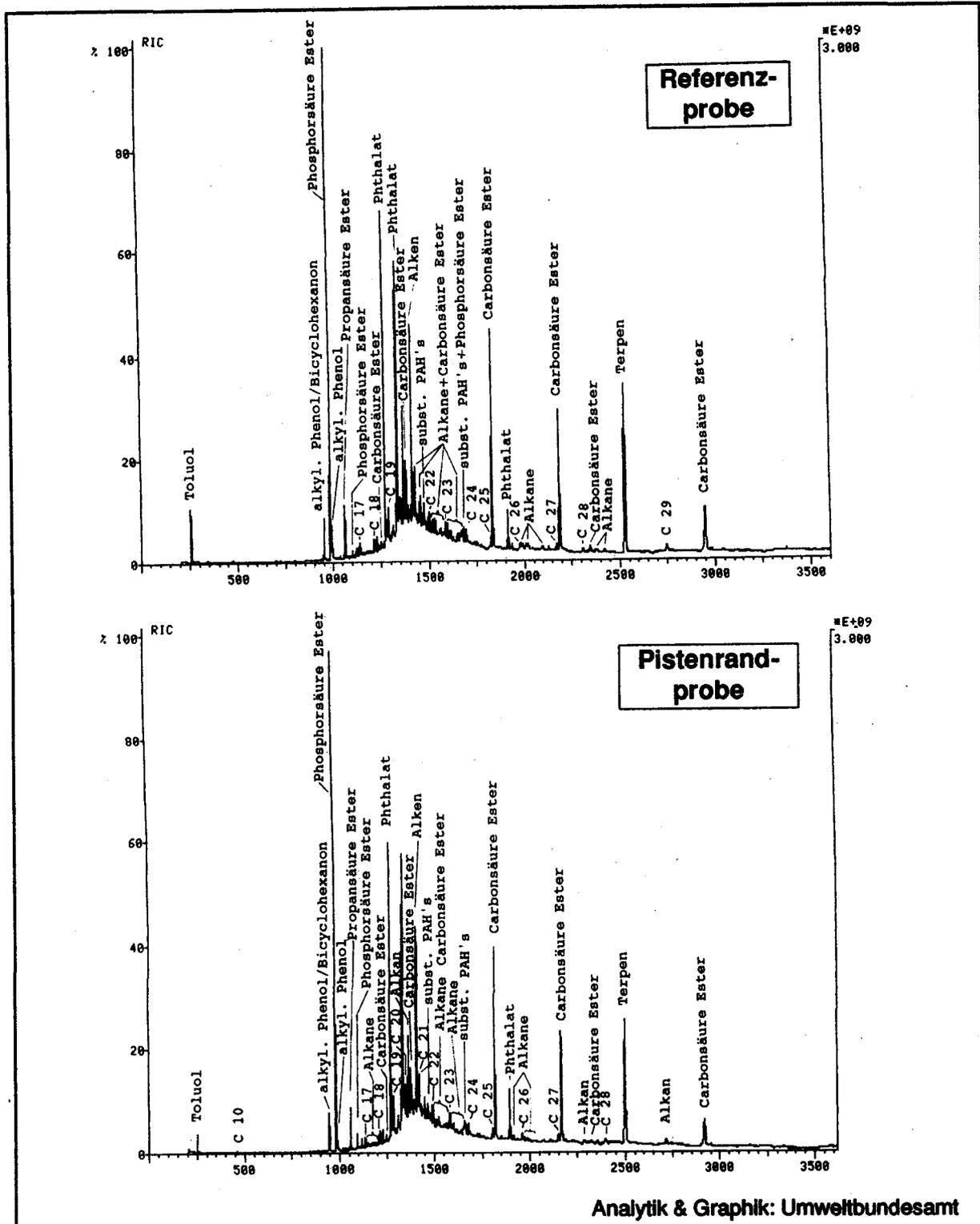


**Tab. 81: Gegenüberstellung der Analysenwerte von Referenz- und Pistenprobe (Dachstein) sowie Vergleich mit Literaturdaten**

Parameter	Referenzprobe R9-90 (mg/l)	Pistenprobe P9-90 (mg/l)	Erhöhung gegenüber Referenzprobe (Faktor)	Niederschlagsvergleichswerte (mg/l)*
Sulfat	0,12	< 0,16	1,2	0,58
Chlorid	0,21	< 0,27	1,3	0,21
Jodid	< 0,001	= < 0,001	-	-
Nitrat	< 0,10	< 0,27	> 2,7	0,50
Nitrit	0,01	= 0,01	-	-
Ammonium	< 0,03	< 0,09	> 3,0	0,10
o-Phosphat	< 0,05	= < 0,05	-	-
Calcium	< 0,01	< 0,04	> 4,0	0,28
Magnesium	0,03	< 0,05	1,7	0,02
Natrium	< 0,05	= < 0,05	-	0,05
Kalium	< 0,02	= 0,02	> 1,0	0,04
Bor	< 0,03	< 0,03	> 1,0	-

\* ) Mittelwerte aus hochalpinen Lagen (PSENNER, R., 1988)  
(Werte wurden von µeq/l in mg/l umgerechnet)

Organische Überblicksanalyse



Analytik & Graphik: Umweltbundesamt

Abb. 79: Intensitätsgleiche Abbildungen der Chromatogramme von Referenzprobe R9-90 (oben) und Pistenrandprobe PR9-90 (unten) des Schladminger Gletschers (Dachstein)

### *Referenzprobe (R9–90)*

Der höchste Peak des Chromatogrammes konnte als Phosphorsäureester identifiziert werden. Auch Phthalate und Carbonsäureester kommen in relativ hohen Konzentrationen vor. Weiters wurden noch alkylierte Phenole und ein Terpen gefunden. Die Alkane im Bereich von 17 bis 29 Kohlenstoffatomen haben im Vergleich zum Untergrund eine relativ geringe Summenkonzentration (5 – 10 ppb). Die in der Abbildung mit substituierten PAH bezeichneten Peaks wurden als Phenanthrencarbonsäuren identifiziert.

### *Pistenrandprobe (PR9–90)*

Die Ergebnisse der Pistenrandprobe sind sowohl in Bezug auf die Zusammensetzung als auch auf die Konzentrationen (Alkane 5 – 10 ppb) mit der Referenzprobe ident.

### *Vergleich*

Die Chromatogramme (vgl. Abb. 79) der beiden Proben sind weitgehend ident. Die örtliche Lage der Referenzprobe schließt eine Beeinträchtigung durch den Pistenbetrieb weitgehend aus. Daraus kann abgeleitet werden, daß die festgestellten Verunreinigungen mit hoher Wahrscheinlichkeit von Ferneinträgen stammen.

## 5.8.5 Zusammenfassung der Untersuchungen

Das Schigebiet am Dachstein war bereits im Jahre 1988 Gegenstand einer Pilotuntersuchung mit der Zielsetzung der Erfassung anthropogener Einflüsse. Auf Grundlage der dabei gewonnenen Erfahrungen wurde die Durchführung der Gletscherstudie geplant, was auch die auftretenden geringfügigen Abweichungen erklärt. Für die Proben kamen 1990 die bei allen Gletschern angewandten Analyseverfahren zum Einsatz.

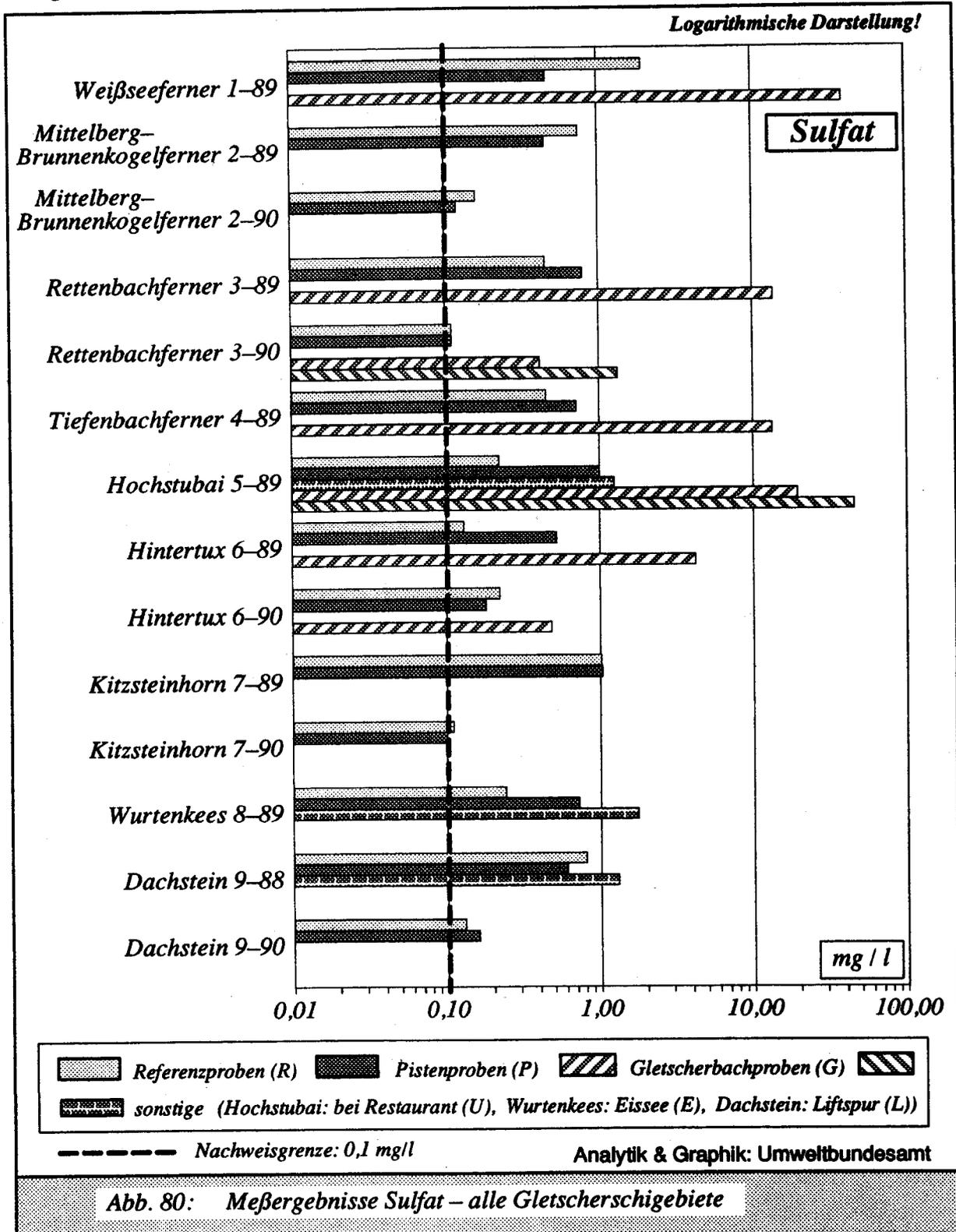
Für die Pilotstudie wurde im Mai und im September 1988 eine Probenahme durchgeführt. Die Proben wurden aus unterschiedlichen Teilbereichen des Gebietes entnommen. Neben den auch im Jahre 1990 untersuchten Referenz- und Pistenproben wurden weiters noch die Liftspur (Mai, September 1988) und der Bereich einer Garagenausfahrt (Mai 1988) beprobt. Während bei den Maiprobe (Ausnahme Probe V9–Mai 88) keine auffälligen Meßergebnisse erhalten wurden, fielen bei allen drei Septemberproben die relativ hohen Ammoniumwerte auf.

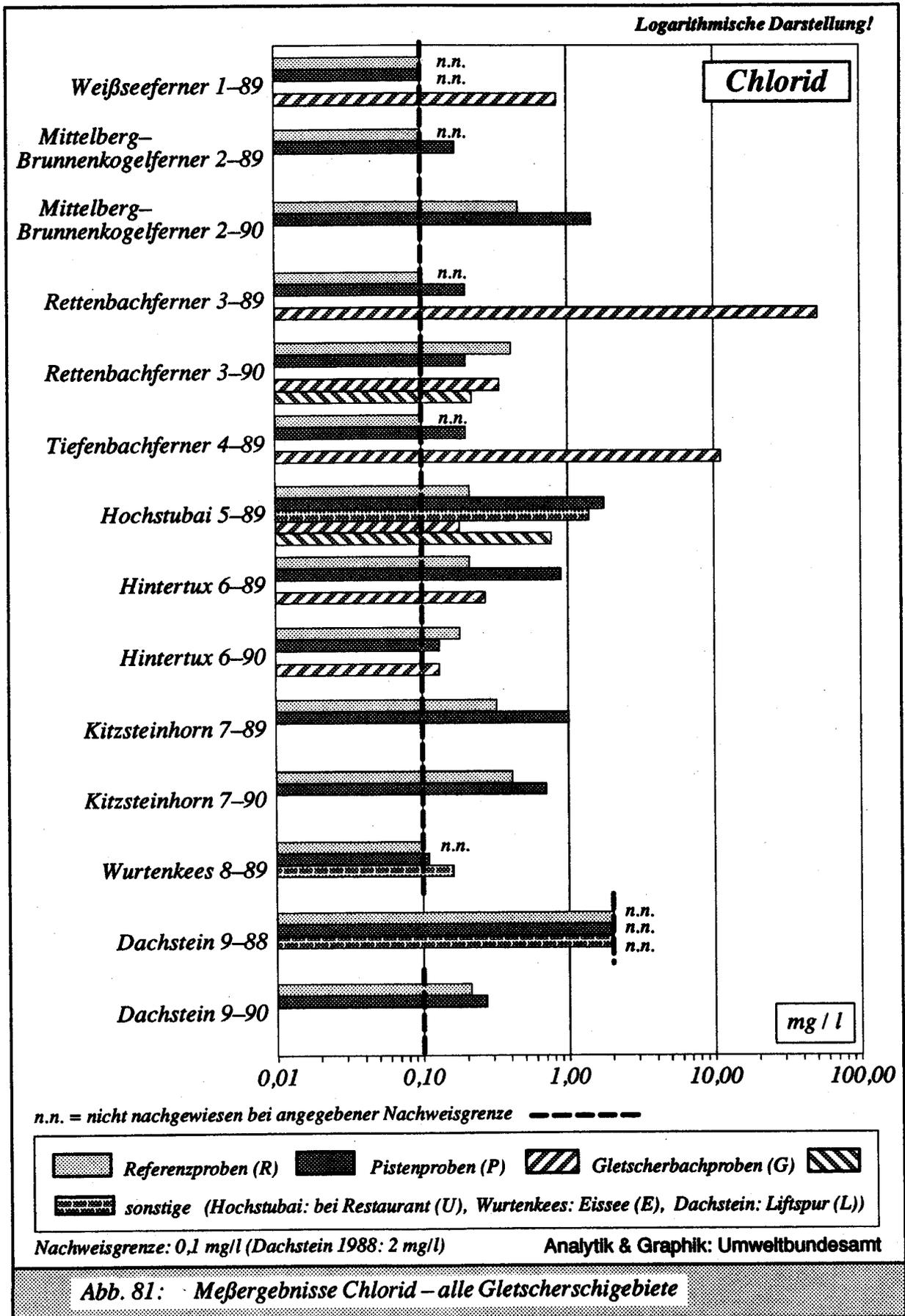
Die Analysenergebnisse der Vorfeldprobe (V9–Mai 88) erhärten die Befürchtung über Schadstoffeinträge durch die anthropogene Nutzung von Gletschern (erhöhte Anteile an Gesamtkohlenwasserstoffen). Es ist aber unbedingt zu beachten, daß die Vorfeldprobe nach Gesichtspunkten einer punktuellen Probenahme aus einer von Pistenfahrzeugen übermäßig stark benutzten Fläche gezogen wurde und nicht für das gesamte Gebiet repräsentativ ist.

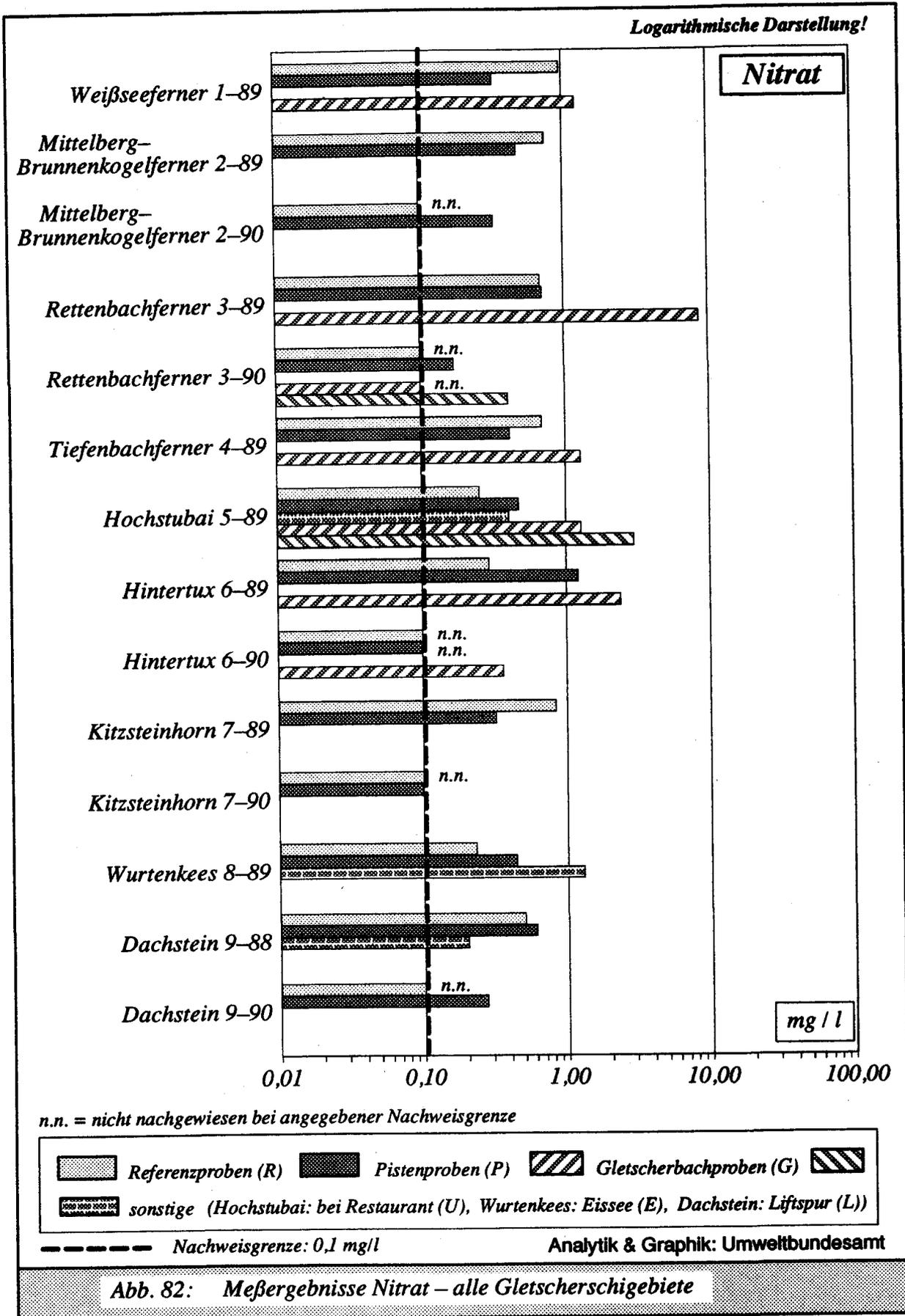
Bei den 1990 untersuchten anorganischen Inhaltsstoffen liegen die Ergebnisse aller Proben innerhalb des Schwankungsbereiches natürlicher Einflüsse. Auch die organische Überblicksanalyse bestätigte die gute qualitative und quantitative Übereinstimmung von Referenz- und Pistenprobe. Halogenierte Kohlenwasserstoffe wurden sowohl in der Pistenrand- als auch in der Referenzprobe in ähnlichen Konzentrationen nachgewiesen.

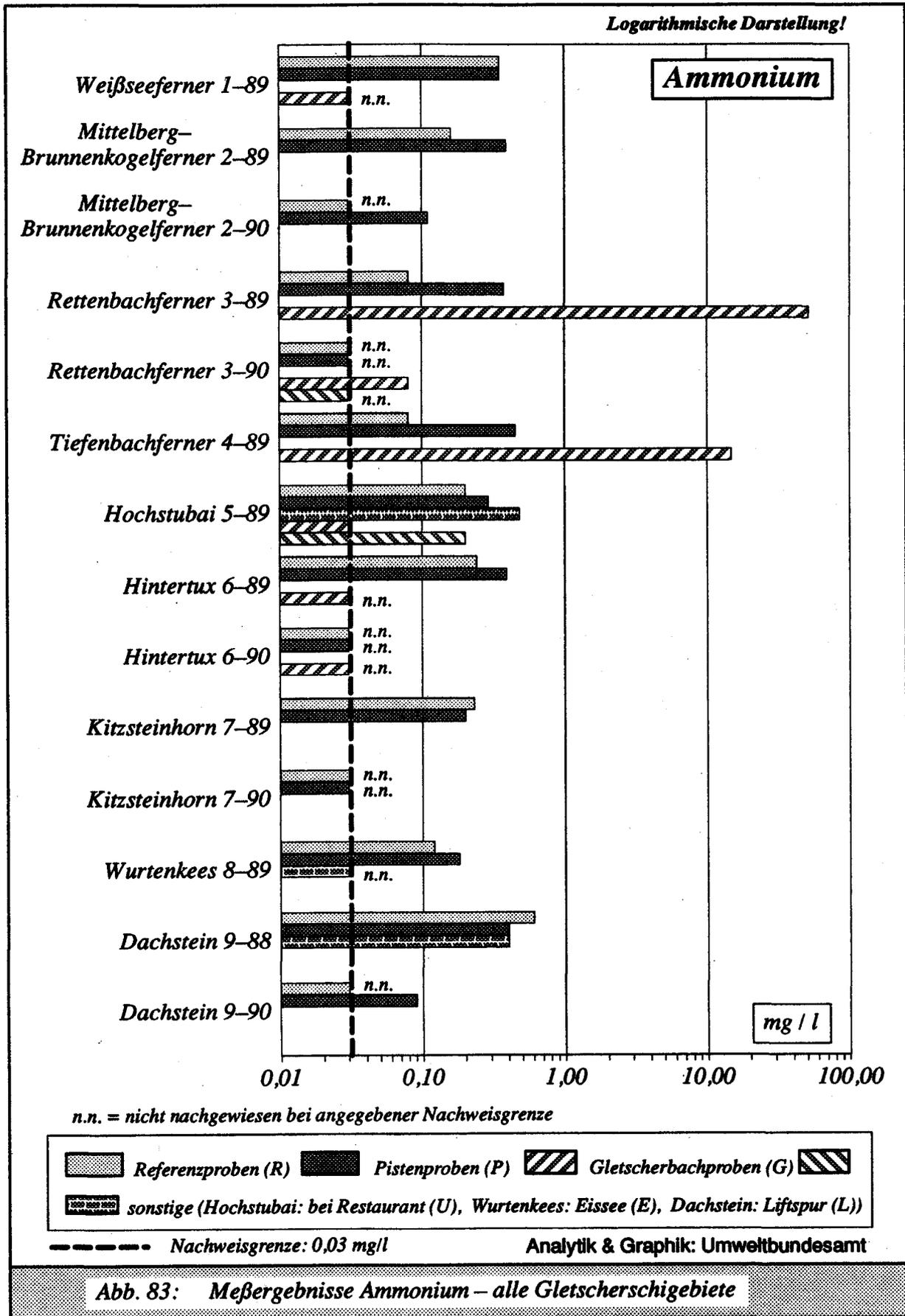
5.9 Vergleichende Darstellung der Analysen anorganischer Inhaltsstoffe

Die folgenden Abbildungen 80 bis 84 beinhalten eine vergleichende Zusammenfassung der Analysenergebnisse für anorganische Inhaltsstoffe bei allen Gletscherschgebieten und Probenahmeterminen.









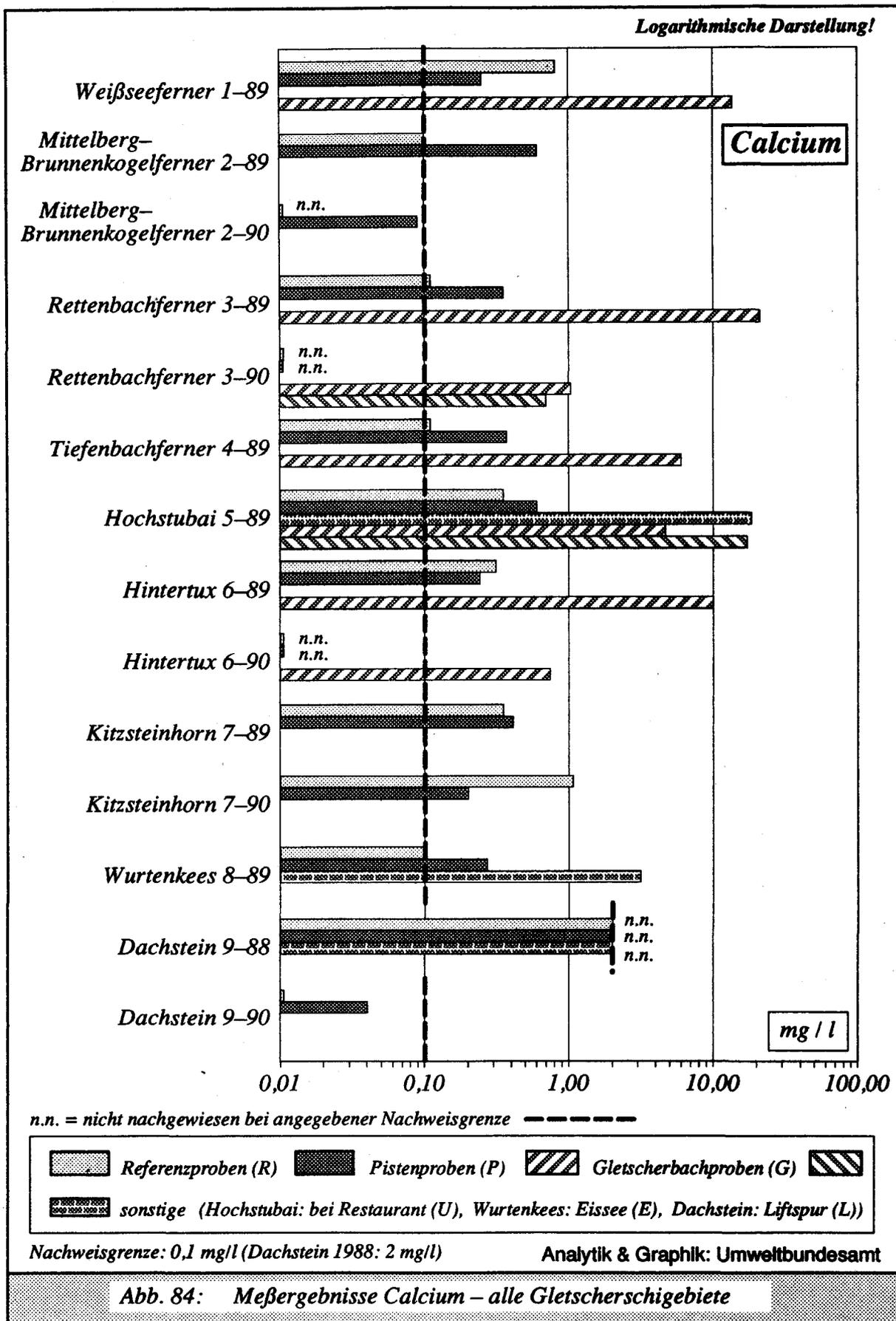


Abb. 84: Meßergebnisse Calcium – alle Gletscherschigebiete

## 6 *Vergleichende Diskussion der organischen Screening-Analysen*

Die Überblicksanalyse ermöglicht eine semiquantitative analytische Auswertung der in einer Probe enthaltenen organischen Mikroschadstoffe. In der Literatur finden sich derzeit noch keine Angaben über in Gletscherbereichen auftretende Konzentrationen von organischen Substanzen anthropogenen Ursprungs.

Somit sind keine Daten vorhanden, mit welchen die erarbeiteten Ergebnisse verglichen werden können und mittels derer eine Einstufung der eventuell vorhandenen Belastungen durchgeführt werden kann.

Die mittels GC-MS Analyse erhaltenen Chromatogramme von Referenz- und Pistenrandproben können bezüglich Art und Menge der nachgewiesenen Verbindungen verglichen, und die vorhandenen Unterschiede beurteilt werden. Man geht dabei von der Tatsache aus, daß Proben, die Chromatogramme mit Peaks hoher Intensität der Schadstoffe liefern, gegenüber jenen mit Peaks geringer Intensität als verunreinigter eingestuft werden. Zu diesem Zweck werden die von den einzelnen Proben erhaltenen Chromatogramme auf zwei Arten dargestellt, als Originalchromatogramme und als normierte Chromatogramme. Dadurch sind qualitative und semiquantitative Aussagen über Inhaltsstoffe möglich.

### – *Originalchromatogramme*

Die Skalierung der von jeder untersuchten Probe erhaltenen GC-MS Chromatogramme in Originaldarstellung richtet sich nach dem jeweiligen höchsten Peak. Das heißt, daß zwar ein direkter optischer Vergleich der Chromatogramme untereinander bezüglich der Quantität der vorhandenen Inhaltsstoffe nur schwer möglich ist, aber Vergleiche bezüglich der Ähnlichkeiten im Peakmuster der Chromatogramme vorgenommen werden können. Damit und über die massenspektrometrische Information sind Aussagen über das Auftreten verschiedener Substanzen (Einzelsubstanzen, Substanzgruppen) möglich.

### – *Normierte Chromatogramme*

Um einen Vergleich der erhaltenen Chromatogramme in bezug auf die Quantität von Inhaltsstoffen in unterschiedlichen Proben vornehmen zu können, muß für alle Chromatogramme eine einheitliche Skalierung auf der Intensitätsachse (y-Achse) gewählt werden.

Dabei kann es vorkommen, daß Peaks über den Rand der Chromatogramme hinausreichen und abgeschnitten werden bzw. so klein sind, daß sie nur mehr als kaum sichtbare Wellenlinie auftreten.

Die Skalierung für die vorliegende Normierung wurde so gewählt, daß die Anzahl der zu großen und der zu kleinen Peaks möglichst gering ist.

Der Vorteil dieser Darstellung liegt in der Möglichkeit, einen raschen quantitativen Vergleich zwischen den Chromatogrammen anstellen zu können, wobei aber die Ähnlichkeiten der Chromatogramme fast nicht zum Ausdruck kommen. Die quantitative Vergleichbarkeit im Wege der normierten Chromatogramme ist aus meßtechnischen Gründen nur für Proben jeweils eines Probenahmejahres möglich.

Aus der Gegenüberstellung der normierten Chromatogramme aller Gletscherproben (Abb. 85 und Abb. 86) geht deutlich hervor, daß die Ergebnisse aus dem Jahre 1989 hinsichtlich der nachgewiesenen Substanzen stärker variieren als jene des Jahres 1990. Beim Vergleich fallen weiters drei Charakteristika der Chromatogramme (Original- und normierte Chromatogramme) besonders auf:

1. die Basisbelastung
2. das Vorhandensein eines regelmäßigen Peakmusters (charakteristisches Alkanmuster)
3. die Einzelsubstanzen

### 6.1 "Basisbelastung" – abgeleitet aus den normierten Chromatogrammen

Die auf einer Abbildung dargestellten normierten Chromatogramme sind direkt miteinander vergleichbar (Abb. 85 u. Abb. 86). Der Verlauf der Grundlinie (verschieden intensiver Untergrund) spiegelt die Basisbelastung der Probe mit nicht identifizierten, unter den gegebenen gaschromatographischen Analysenbedingungen nicht trennbaren organischen Inhaltsstoffen wieder und korreliert mit einer Gelb- bis Braunfärbung der Analysenlösung. Der Verlauf der Grundlinie kann somit unter den angegebenen Analysenbedingungen als Kriterium für die "Basisbelastung" mit folgender Unterteilung herangezogen werden:

**"Starke Basisbelastung":** Proben haben dann eine starke Basisbelastung, wenn in ihren Chromatogrammen die Grundlinie nicht parallel zur x-Achse verläuft, sondern stark und teilweise sogar über die normierte Intensität ansteigt und somit einen Teil des Chromatogrammes nicht sichtbar werden läßt.

**"Geringe Basisbelastung":** Bei Proben mit geringer Basisbelastung bleibt die Grundlinie fast unverändert, d.h. sie verläuft nahezu parallel zur x-Achse.

Unter diesem Gesichtspunkt lassen sich die Chromatogramme der untersuchten und in Abbildung 85 dargestellten Gletscherproben des Jahres 1989 wie folgt zuordnen:

#### *starke Basisbelastung:*

- Brunnenkogelferner (Pistenrandprobe)
- Rettenbachferner (Pistenrandprobe)
- Hintertux (Referenz- und Pistenrandprobe)
- Kitzsteinhorn (Referenzprobe)

#### *mittlere Basisbelastung:*

- Brunnenkogelferner (Referenzprobe)

#### *geringe Basisbelastung:*

- Weißseeferner (Referenz- und Pistenrandprobe)
- Rettenbachferner (Referenzprobe)
- Tiefenbachferner (Referenz- und Pistenrandprobe)
- Hochstubai (Referenz- und Pistenrandprobe)

- Kitzsteinhorn (Pistenrandprobe)
- Wurtenkees (Referenz- und Pistenrandprobe)

Für das Jahr 1990 gilt folgende Einteilung (Abb. 86):

*starke Basisbelastung*

- Rettenbachferner (Pistenrandprobe)

*geringe Basisbelastung*

- Brunnenkogelferner (Referenz- und Pistenrandprobe)
- Rettenbachferner (Referenzprobe)
- Hintertux (Referenz- und Pistenrandprobe)
- Kitzsteinhorn (Referenz- und Pistenrandprobe; das Chromatogramm der Referenzprobe weist einen besonders schönen Grundlinienverlauf auf)
- Dachstein (Referenz- und Pistenrandprobe)

In Tabelle 82 wird die Basisbelastung der untersuchten Proben aus dem jeweiligen Entnahmejahr insofern quantifiziert, als die Probe mit der geringsten Belastung als Vergleichseinheit gleich 1 gesetzt wird. Dazu werden die aus den Originalchromatogrammen ermittelten Integrationsflächen (Fläche zwischen Zeitachse und Grundlinie) als Bezugsgrößen herangezogen.

<i>Tab. 82: Vergleich der organischen Basisbelastung, bezogen auf die Probe mit der geringsten Basisbelastung des jeweiligen Untersuchungsjahres (1989 bzw. 1990)</i>				
<i>Organische Basisbelastung 1989</i>			<i>Organische Basisbelastung 1990</i>	
	<i>Referenz- probe</i>	<i>Pistenrand- probe</i>		
			<i>Referenz- probe</i>	<i>Pistenrand- probe</i>
<i>Weißseeferner</i>	2	4	<i>Mittelberg- Brunnenkogelferner</i>	8      7
<i>Mittelberg- Brunnenkogelferner</i>	20	78	<i>Rettenbachferner</i>	6      38
<i>Rettenbachferner</i>	6	59	<i>Hintertux</i>	6      5
<i>Tiefenbachferner</i>	6	2	<i>Kitzsteinhorn</i>	* 1      6
<i>Hochstubaai</i>	4	5	<i>Dachstein</i>	4      4
<i>Hintertux</i>	86	115		
<i>Kitzsteinhorn</i>	45	7		
<i>Wurtenkees</i>	* 1	3		
			<i>* Bezugsgröße für die Basisbelastung (1989 bzw. 1990)</i>	

## 6.2 "Alkanmuster" – abgeleitet aus den Originalchromatogrammen

Der Vergleich der Originalchromatogramme (Abb. 87 und Abb. 88) gestattet Aussagen über die qualitative Zusammensetzung der untersuchten Proben. Es kann aber im Gegensatz zu den normierten Chromatogrammen die Quantität der auftretenden Inhaltsstoffe nicht verglichen werden, da jedes Originalchromatogramm in Abhängigkeit

von den intensivsten Signalen eine andere Skalierung auf der Intensitätsachse aufweist. Bei den vorhandenen Originalchromatogrammen fallen zwei Merkmale besonders auf:

- das Vorhandensein eines regelmäßigen Peakmusters;
- das Vorkommen von Einzelsubstanzen,

Unter einem regelmäßigen Peakmuster versteht man das Auftreten von Peaks in gleichem Abstand mit charakteristischer Intensitätsverteilung.

Das in den Chromatogrammen der gaschromatographisch–massenspektrometrischen Analyse auftretende regelmäßige Peakmuster wird durch Alkane (aliphatische Kohlenwasserstoffe) gebildet und wird auch als für das Auftreten von petrochemischen Produkten sowie deren Folge– und Abbauprodukte, nicht aber für Kerosin typisch angesehen.

Das von Alkanen hervorgerufene, charakteristische Verteilungsmuster kommt in unterschiedlicher Intensität in allen Gletscherproben vor. Daneben treten noch Peaks auf, die von Einzelsubstanzen verursacht werden und deren Massenspektren eine eindeutige Zuordnung dieser Verbindungen zu verschiedenen Substanzklassen ermöglichen.

Besonders deutlich tritt das Alkanmuster in folgenden Pistenrandproben des Jahres 1989 auf:

- Weißseeferner
- Brunnenkogelferner
- Tiefenbachferner
- Hochstubai
- Hintertux
- Kitzsteinhorn
- Wurtenkees

In den Referenzproben der 7 oben angeführten Gletscher sowie in der Pistenrandprobe des Rettenbachferners dominieren die Peaks von Einzelsubstanzen, sowie das Auftreten vereinzelter Alkane und überlagern das in geringer Intensität vorhandene Alkanmuster.

Der Schwerpunkt bei den Chromatogrammen des Jahres 1990 liegt im Auftreten der Einzelsubstanzen und einzelner Alkane. Ansonsten ist die Situation ähnlich, da die charakteristische Alkanverteilung nur schwach ausgeprägt ist. Eine Ausnahme stellt die Pistenrandprobe des Rettenbachferners dar, bei der aber die hohe Basisbelastung das Alkanmuster überlagert.

Die auffallenden Differenzen zwischen den Ergebnissen der Jahre 1989 und 1990 dürften durch die unterschiedlichen Probenahmezeitpunkte bedingt sein. Durch die Summenbildung der mittels externer Kalibration bestimmten Alkankonzentrationen können Angaben in ppb ( $\mu\text{g/l}$ ) über den Alkangehalt der untersuchten Proben gemacht werden (Tab. 83).

**Tab. 83: Zusammenstellung der Alkansummenkonzentrationen – Summengehalte der aliphatischen Kohlenwasserstoffe in µg/l**

	<i>Pistenrandprobe</i>	<i>Referenzprobe</i>
<i>Weißseeferner 89</i>	< 5	< 5
<i>Mittelberg–Brunnenkogelferner 89</i>	65–70	5–10
<i>Mittelberg–Brunnenkogelferner 90</i>	15–20	15–20
<i>Rettenbachferner 89</i>	nicht auswertbar	< 5
<i>Rettenbachferner 90</i>	70–75	5–10
<i>Tiefenbachferner 89</i>	< 5	< 5
<i>Hochstubai 89</i>	5–10	< 5
<i>Hintertux 89</i>	15–20	20–25
<i>Hintertux 90</i>	20–25	15–20
<i>Kitzsteinhorn 89</i>	< 5	10–15
<i>Kitzsteinhorn 90</i>	15–20	< 5
<i>Wurtenkees 89</i>	< 5	5–10
<i>Dachstein 90</i>	5–10	5–10

### 6.3 “Einzelsubstanzen” – abgeleitet aus den Originalchromatogrammen

Neben dem vorhandenen regelmäßigen, für das Auftreten von Alkanen typischen Verteilungsmuster weisen die meisten Chromatogramme Signale bei den unterschiedlichsten Retentionszeiten auf, die als “Einzelsubstanzen” bezeichnet werden (Abb. 87 und Abb. 88). Durch die massenspektrometrische Identifizierung konnten die intensivsten Peaks folgenden Substanzklassen zugeordnet werden:

- Phthalate
- Phosphorsäureester
- Carbonsäureester
- alkylierte Phenole
- alkylierte Benzole
- Terpene

Vor allem bei den Proben des Jahres 1990 war das regelmäßige Peakmuster der Alkane teilweise stark durch das Auftreten von Einzelsubstanzen überlagert. Die intensivsten Peaks in den in Abbildung 88 zusammengestellten Chromatogrammen der Probenahme 1990 sind auf Einzelsubstanzen zurückzuführen.

## 6.4 Beurteilung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Ergebnisse der organischen Screeninganalyse eindeutig das Auftreten von organischen Schadstoffen in den untersuchten Gletschern nachweisen. Ihre Herkunft ist nicht mit Sicherheit bestimmbar. Sie können ebenso aus lokalen Quellen wie auch über den Ferntransport auf die Gletscher gelangen. Ist beim Vergleich der Pistenrandproben mit den Referenzproben ein deutlicher Unterschied erkennbar, so überwiegt wahrscheinlich der Anteil aus lokalen Quellen (z.B. Rettenbachferner 1990). Sind zwischen Referenz- und Pistenrandprobe nur geringe Unterschiede erkennbar, so stammen die Verunreinigungen entweder in beiden Proben mit großer Wahrscheinlichkeit aus Ferneinträgen oder die Entnahmestelle der Referenzprobe ist nicht durch lokale Quellen unbeeinflusst.

Die von den Referenz- und Pistenrandproben erhobenen Daten erlauben die Einteilung der auftretenden organischen Stoffe

- nach ihrer Basisbelastung,
- in Alkane mit charakteristischem Verteilungsmuster und
- in verschiedenen Substanzklassen zugehörige Einzelsubstanzen.

Der Vergleich der beiden Probenahmen zeigt deutliche Unterschiede, die möglicherweise auf die verschiedenen Probenahmezeitpunkte und die damit einhergehenden unterschiedlichen Witterungsverhältnisse zurückzuführen sind. Die Inhaltsstoffe sind aber in allen Proben zum Großteil ident und unterscheiden sich nur in der Menge (Intensität). Da aber vor allem die Intensitäten das Peakmuster bestimmen, sehen die Chromatogramme aus den beiden Probenahmejahren unterschiedlich aus. Daraus kann geschlossen werden, daß die meisten Einzelsubstanzen durch Ferneinträge auf die Gletscher gelangen und dort je nach Witterung mehr oder weniger angereichert werden.

Vor allem die als Einzelsubstanzen bezeichneten Verbindungen wie Phthalate, Phosphorsäureester usw. dürften aus Ferneinträgen stammen, was aus der Gleichmäßigkeit der Peakmuster und der Intensitäten in fast allen Proben aus dem Jahr 1990 zu schließen ist.

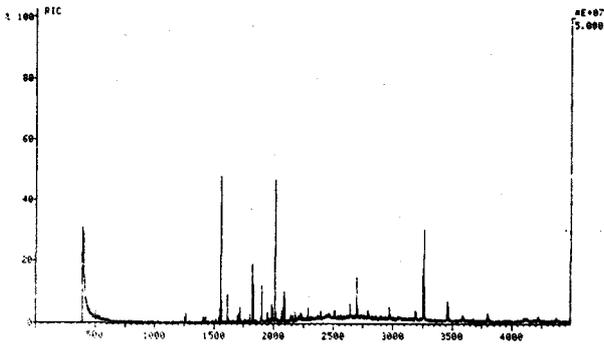
Die Alkane mit charakteristischem Verteilungsmuster sind in unterschiedlicher Intensität in allen untersuchten Proben der Jahre 1989 und 1990 vorhanden. Ihr Auftreten kann auf Mineralöl- bzw. deren Folge- und Abbauprodukte hindeuten, ist aber kein Anzeiger für das Auftreten von Kerosin.

Vermutlich auch von der jahreszeitlich unterschiedlichen Probenahme beeinflusst, unterscheiden sich die Ergebnisse der beiden Untersuchungsjahre

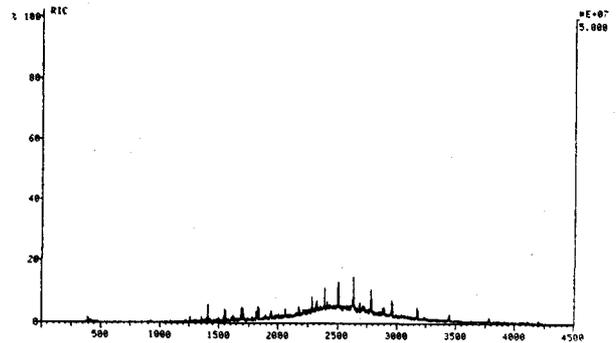
- durch das Überwiegen der Einzelsubstanzen und
- die durchschnittlich geringe Basisbelastung im Jahr 1990.

Eine Verunreinigung durch die touristische Nutzung ist bei drei Gletschern deutlich erkennbar. Vor allem die Basisbelastung und die Alkankonzentrationen weisen auf eine Beeinflussung hin. Zum Zeitpunkt der Probenahme im Jahr 1989 müssen die Gebiete Mittelberg-Brunnenkogelferner, Rettenbachferner und Hintertux als belastet bezeichnet werden, im Jahr 1990 ist dies nur der Rettenbachferner.

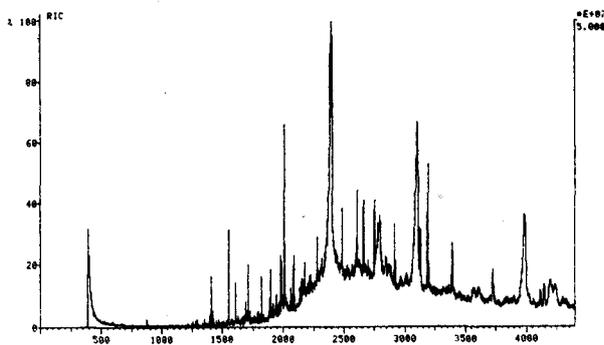
**Weißseeferner (Kauertal) – Referenz**



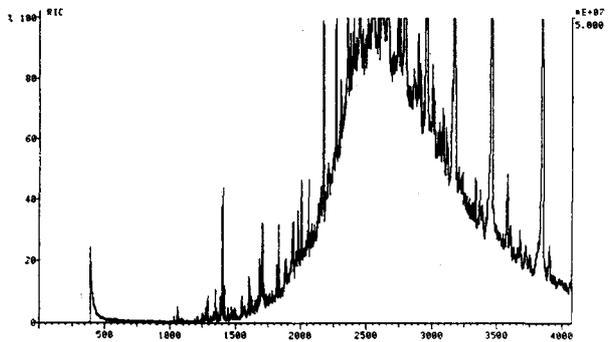
**Weißseeferner (Kauertal) – Pistenrand**



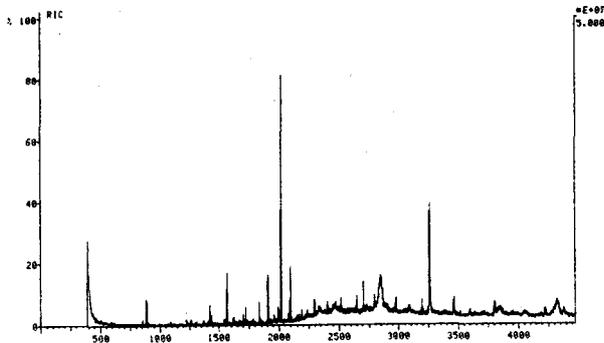
**Brunnenkogelferner (Pitztal) – Referenz**



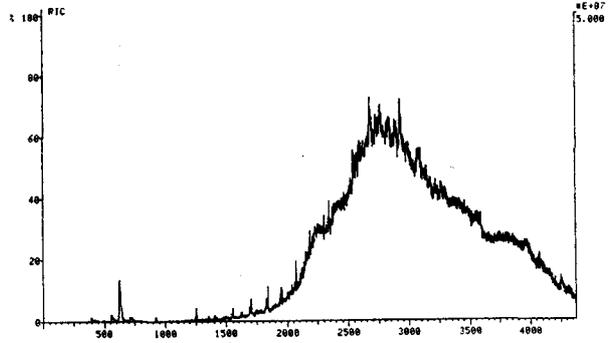
**Brunnenkogelferner (Pitztal) – Pistenrand**



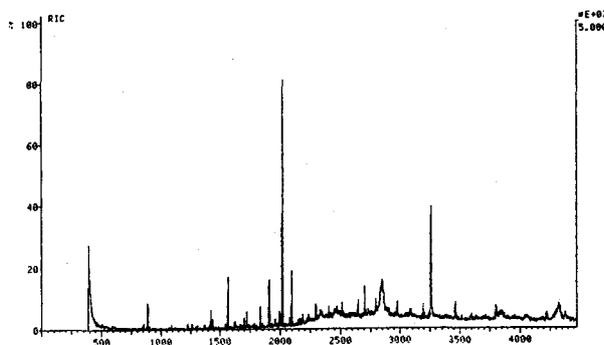
**Rettenbachferner (Ötztal) – Referenz**



**Rettenbachferner (Ötztal) – Pistenrand**



**Tiefenbachferner (Ötztal) – Referenz**



**Tiefenbachferner (Ötztal) – Pistenrand**

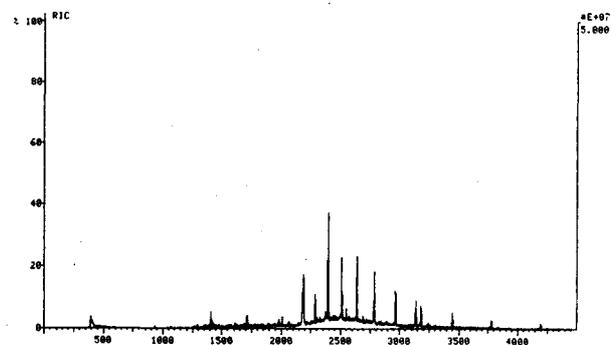
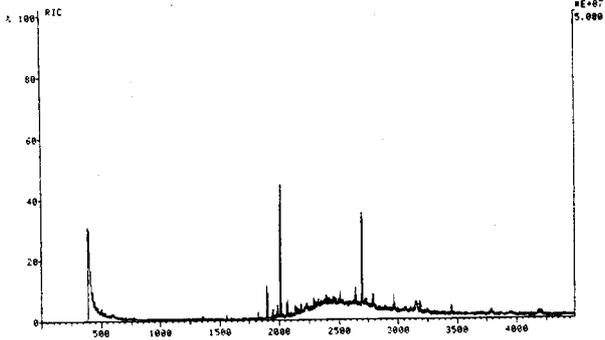
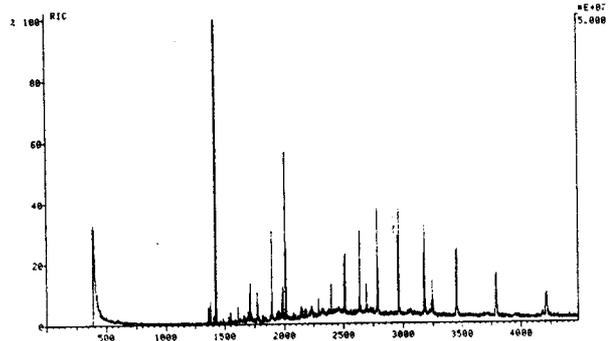


Abb. 85: Gegenüberstellung der normierten Chromatogramme der Referenz- und

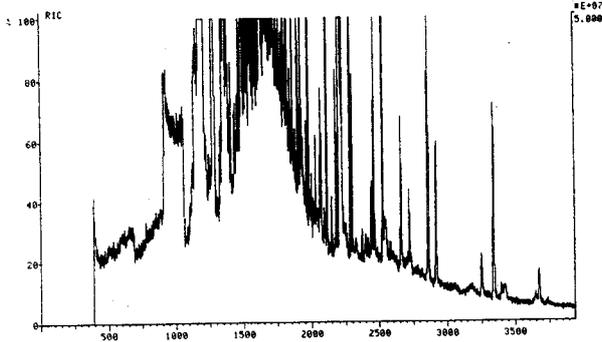
**Hochstubai (Stubaital) – Referenz**



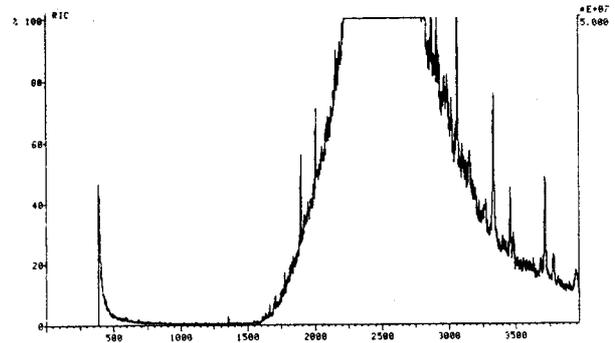
**Hochstubai (Stubaital) – Pistenrand**



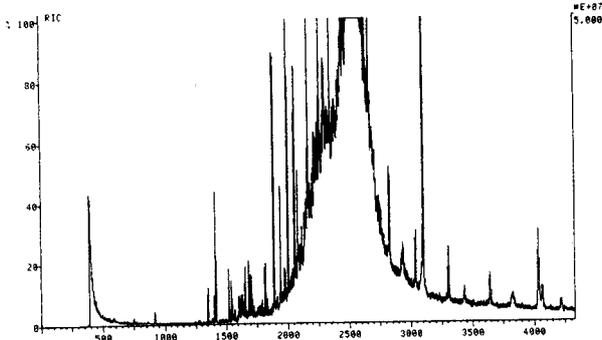
**Hintertux (Zillertal) – Referenz**



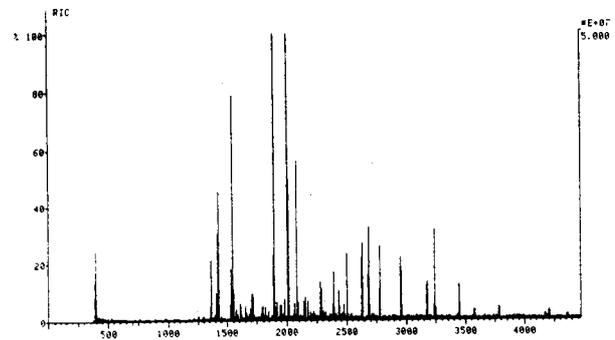
**Hintertux (Zillertal) – Pistenrand**



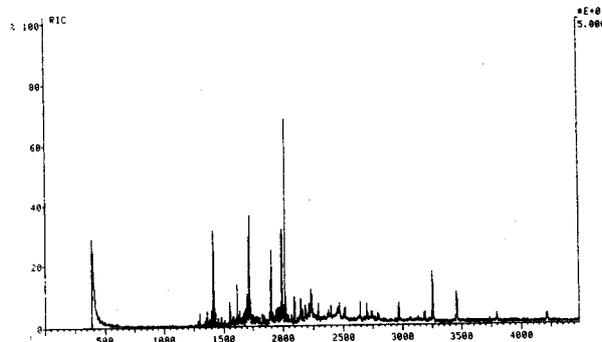
**Kitzsteinhorn (Kaprunertal) – Referenz**



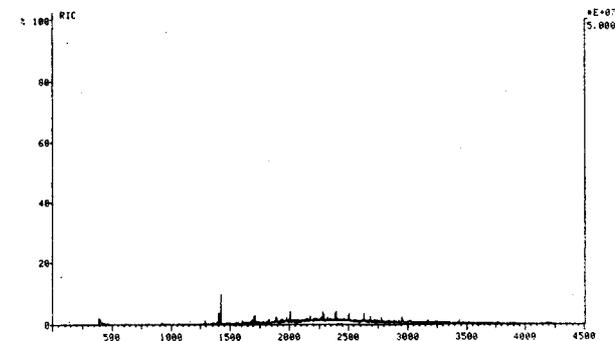
**Kitzsteinhorn (Kaprunertal) – Pistenrand**



**Wurtenkees (Mölltal) – Referenz**



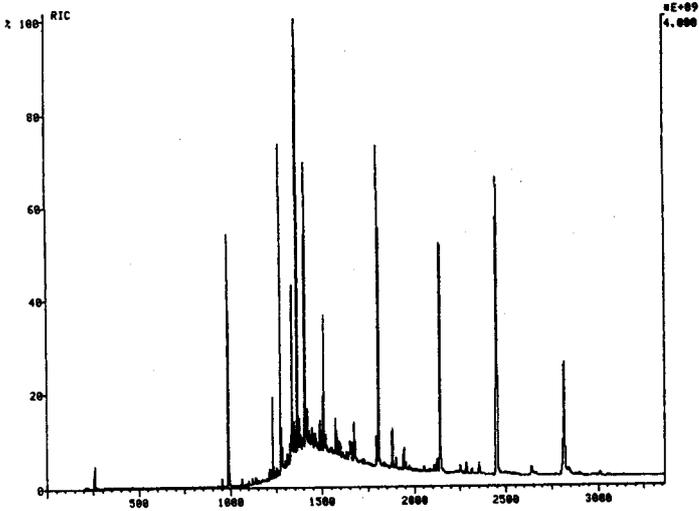
**Wurtenkees (Mölltal) – Pistenrand**



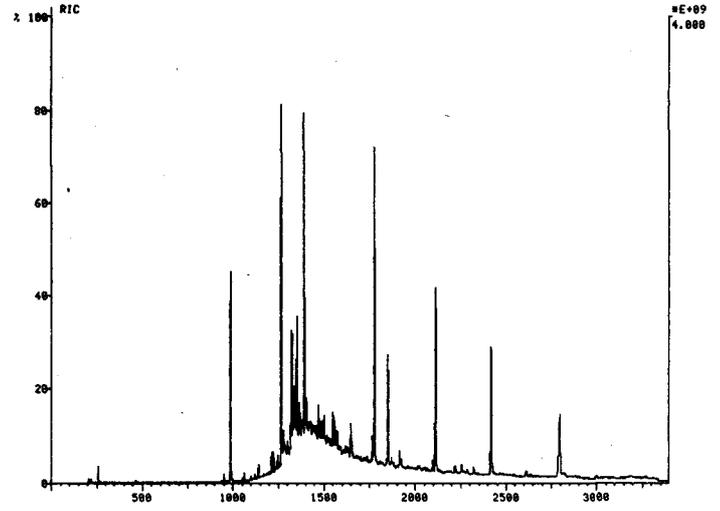
Analytik & Graphik: Umweltbundesamt

*Pistenrandproben aller Gletscher (Probenahme 1989)*

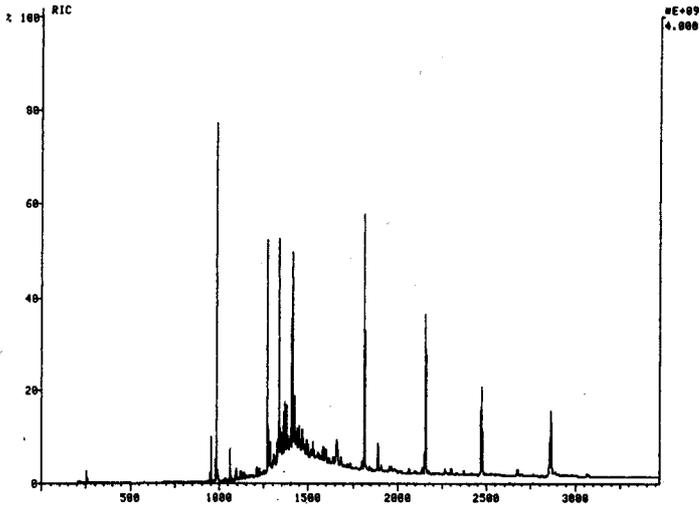
**Brunnenkogelferner (Pitztal) – Referenz**



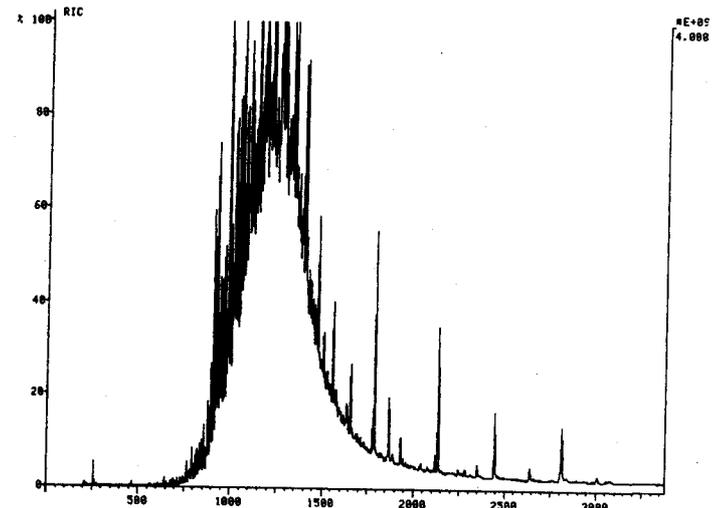
**Brunnenkogelferner (Pitztal) – Pistenrand**



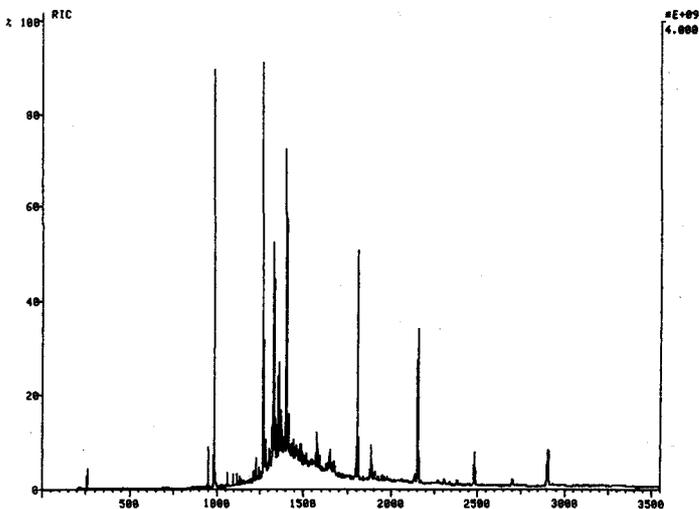
**Rettenbachferner (Ötztal) – Referenz**



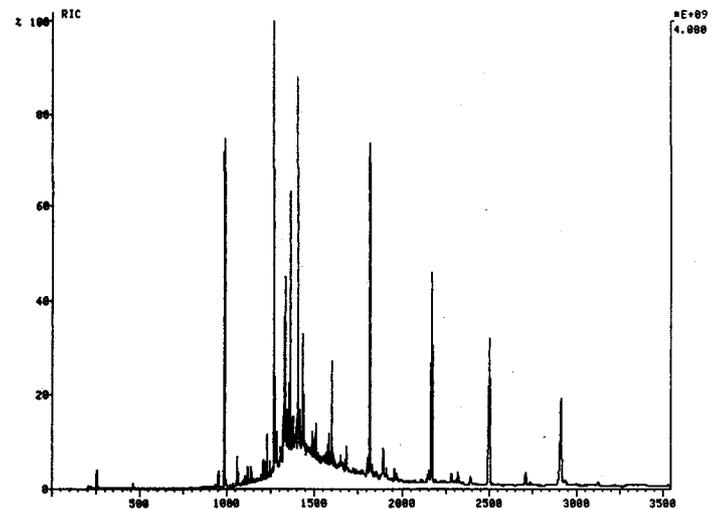
**Rettenbachferner (Ötztal) – Pistenrand**

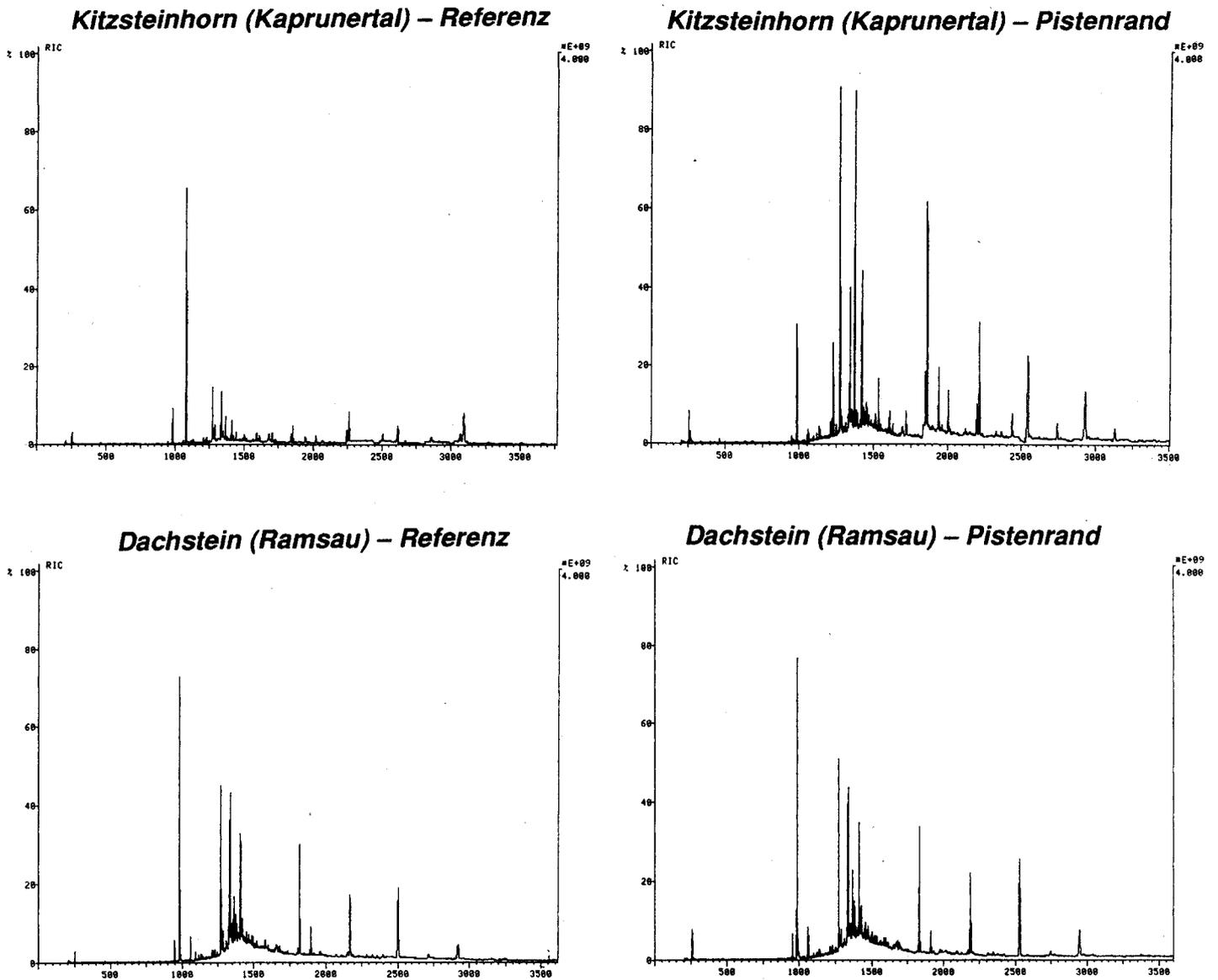


**Hintertux (Zillertal) – Referenz**



**Hintertux (Zillertal) – Pistenrand**

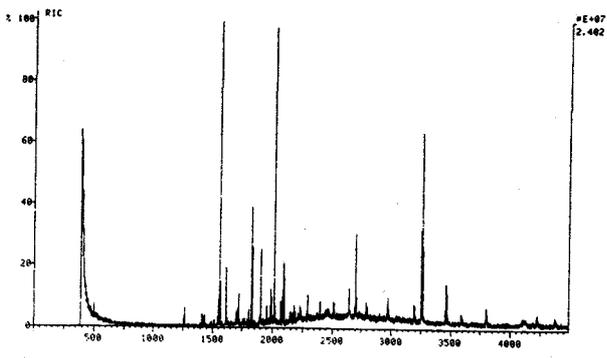




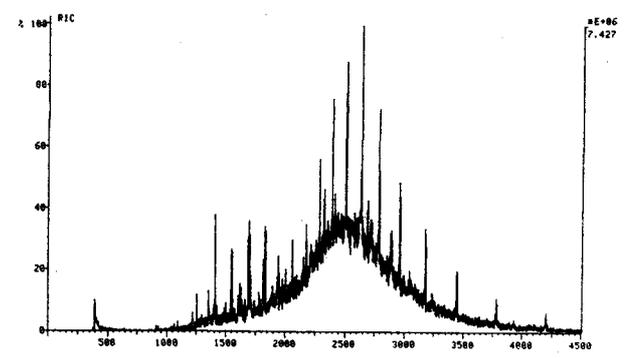
Analytik & Graphik: Umweltbundesamt

*Abb. 86: Gegenüberstellung der normierten Chromatogramme der Referenz- und Pistenrandproben aller Gletscher (Probenahme 1990)*

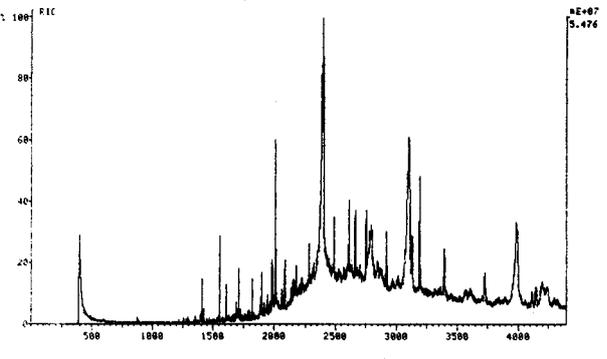
**Weißseeferner (Kauertal) – Referenz**



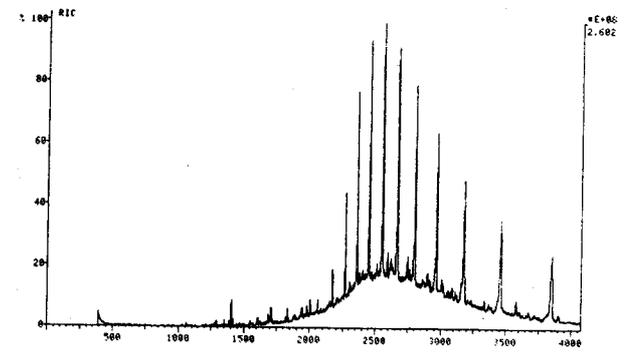
**Weißseeferner (Kauertal) – Pistenrand**



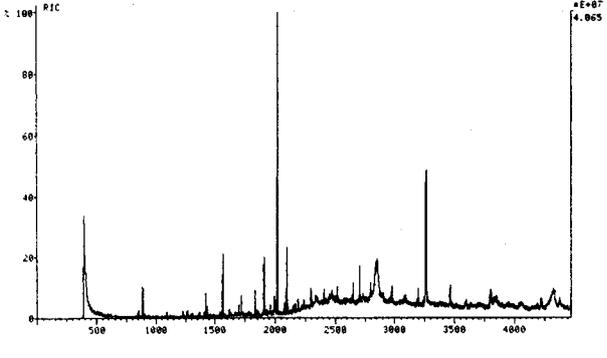
**Brunnenkogelferner (Pitztal) – Referenz**



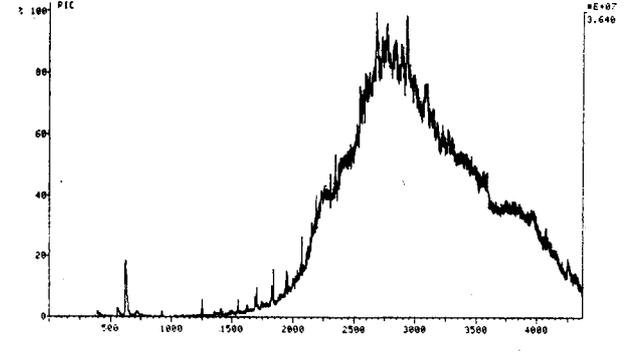
**Brunnenkogelferner (Pitztal) – Pistenrand**



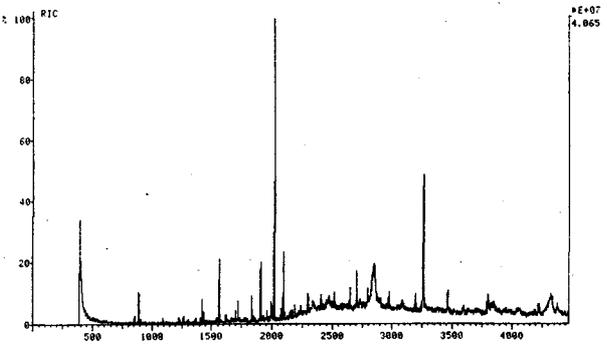
**Rettenbachferner (Ötztal) – Referenz**



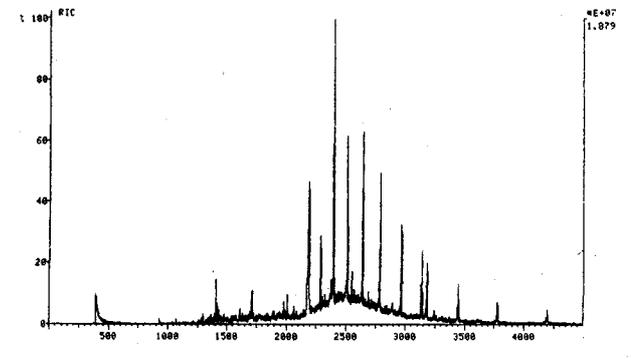
**Rettenbachferner (Ötztal) – Pistenrand**



**Tiefenbachferner (Ötztal) – Referenz**

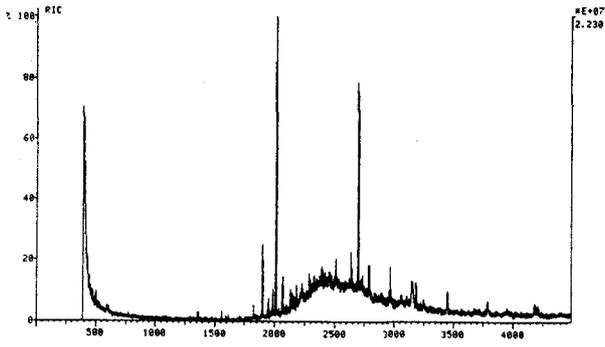


**Tiefenbachferner (Ötztal) – Pistenrand**

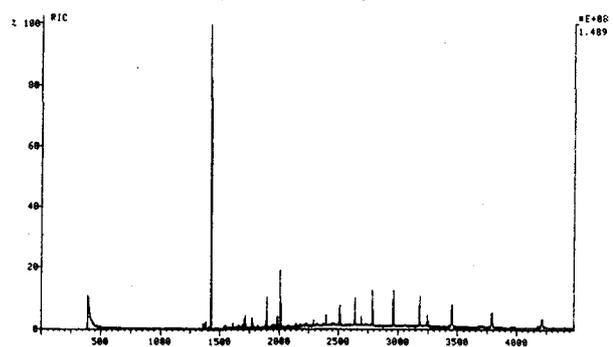


**Abb. 87: Gegenüberstellung der Originalchromatogramme der Referenz- und**

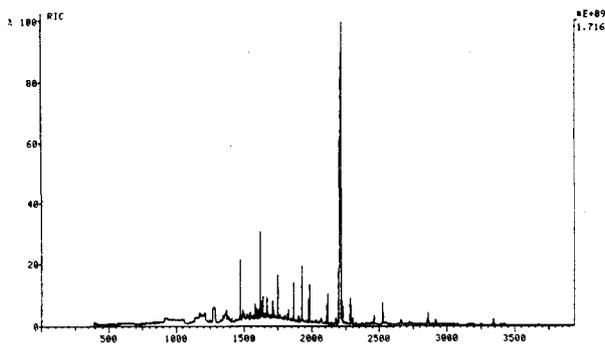
**Hochstubai (Stubaital) – Referenz**



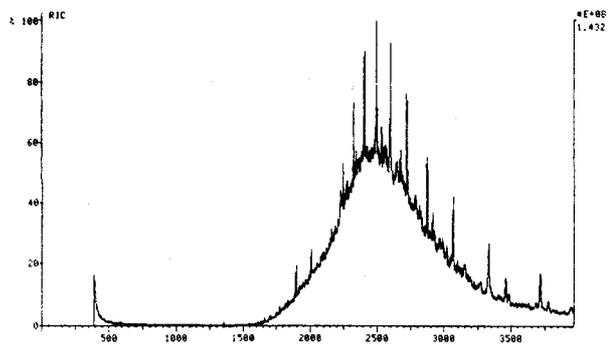
**Hochstubai (Stubaital) – Pistenrand**



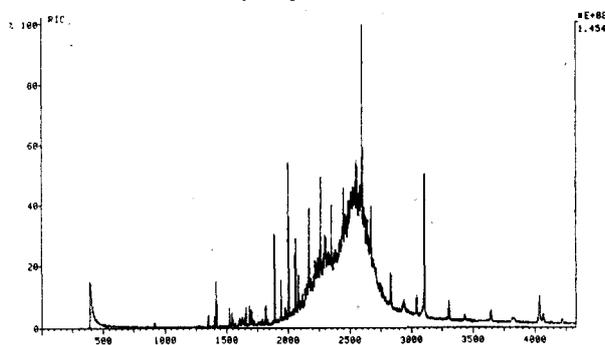
**Hintertux (Zillertal) – Referenz**



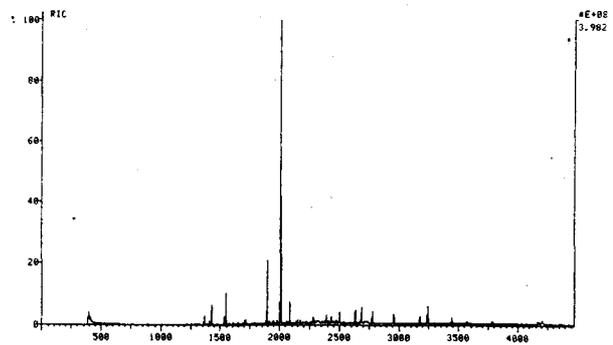
**Hintertux (Zillertal) – Pistenrand**



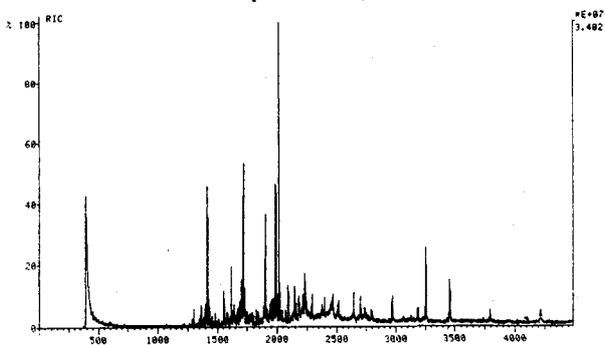
**Kitzsteinhorn (Kaprunertal) – Referenz**



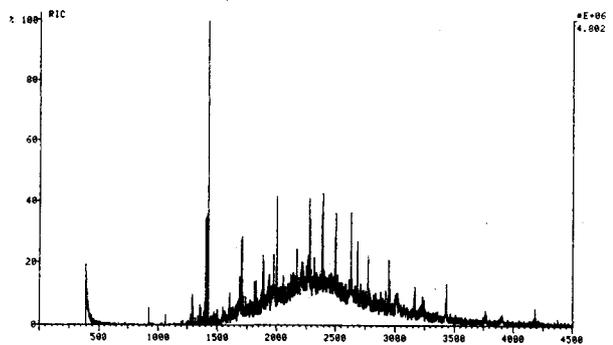
**Kitzsteinhorn (Kaprunertal) – Pistenrand**



**Wurtenkees (Mölltal) – Referenz**



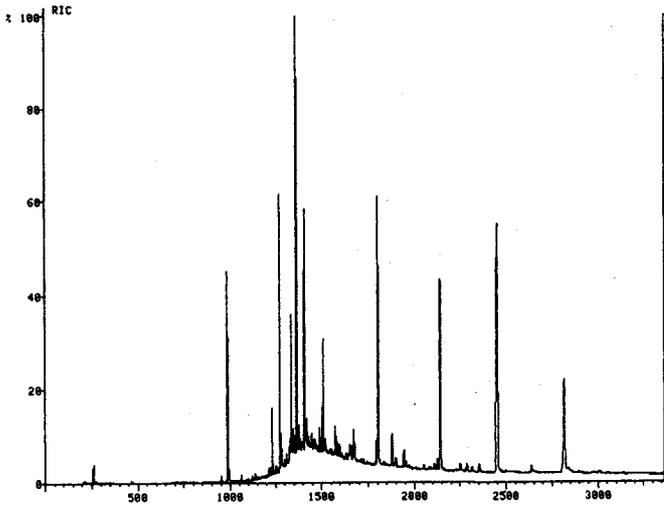
**Wurtenkees (Mölltal) – Pistenrand**



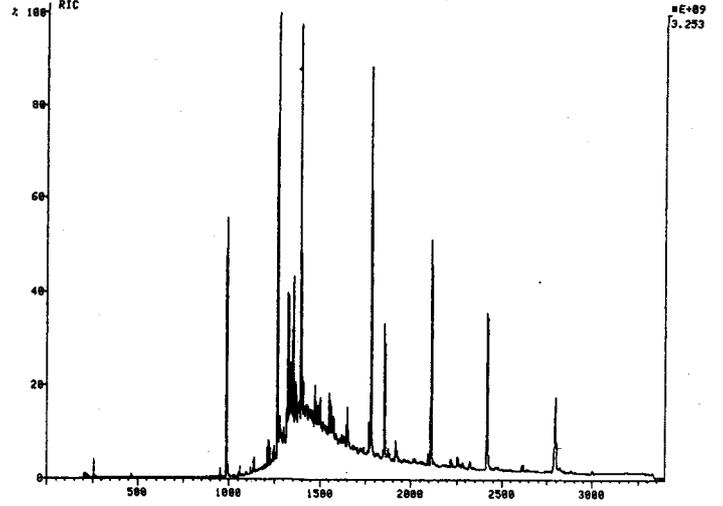
Analytik & Graphik: Umweltbundesamt

*Pistenrandproben aller Gletscher (Probenahme 1989)*

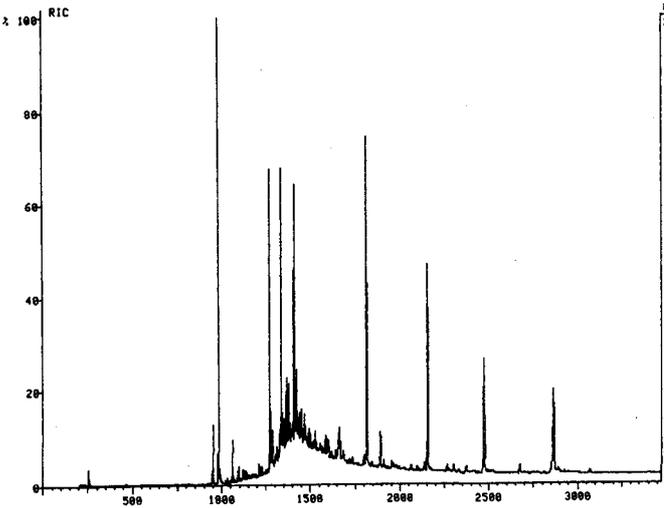
**Brunnenkogelferner (Pitztal) – Referenz**



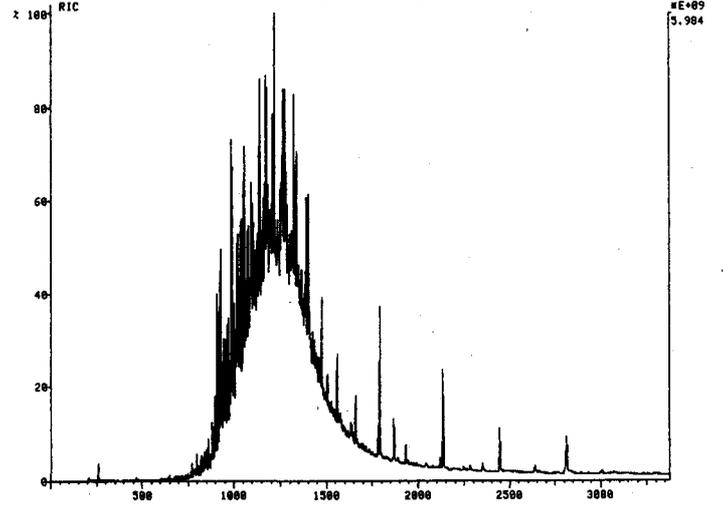
**Brunnenkogelferner (Pitztal) – Pistenrand**



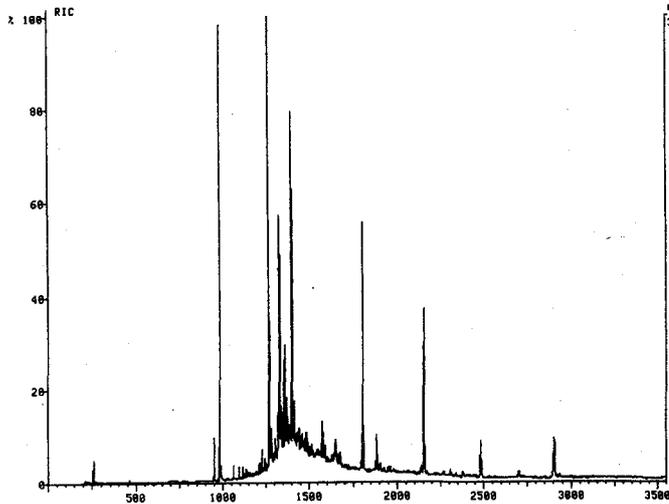
**Rettenbachferner (Ötztal) – Referenz**



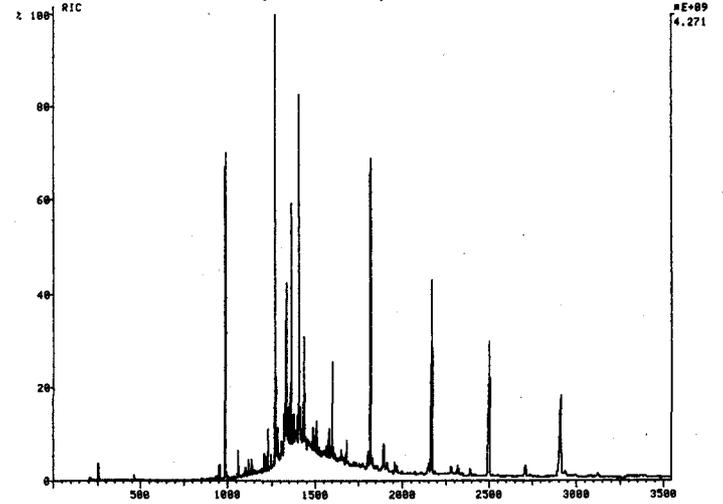
**Rettenbachferner (Ötztal) – Pistenrand**

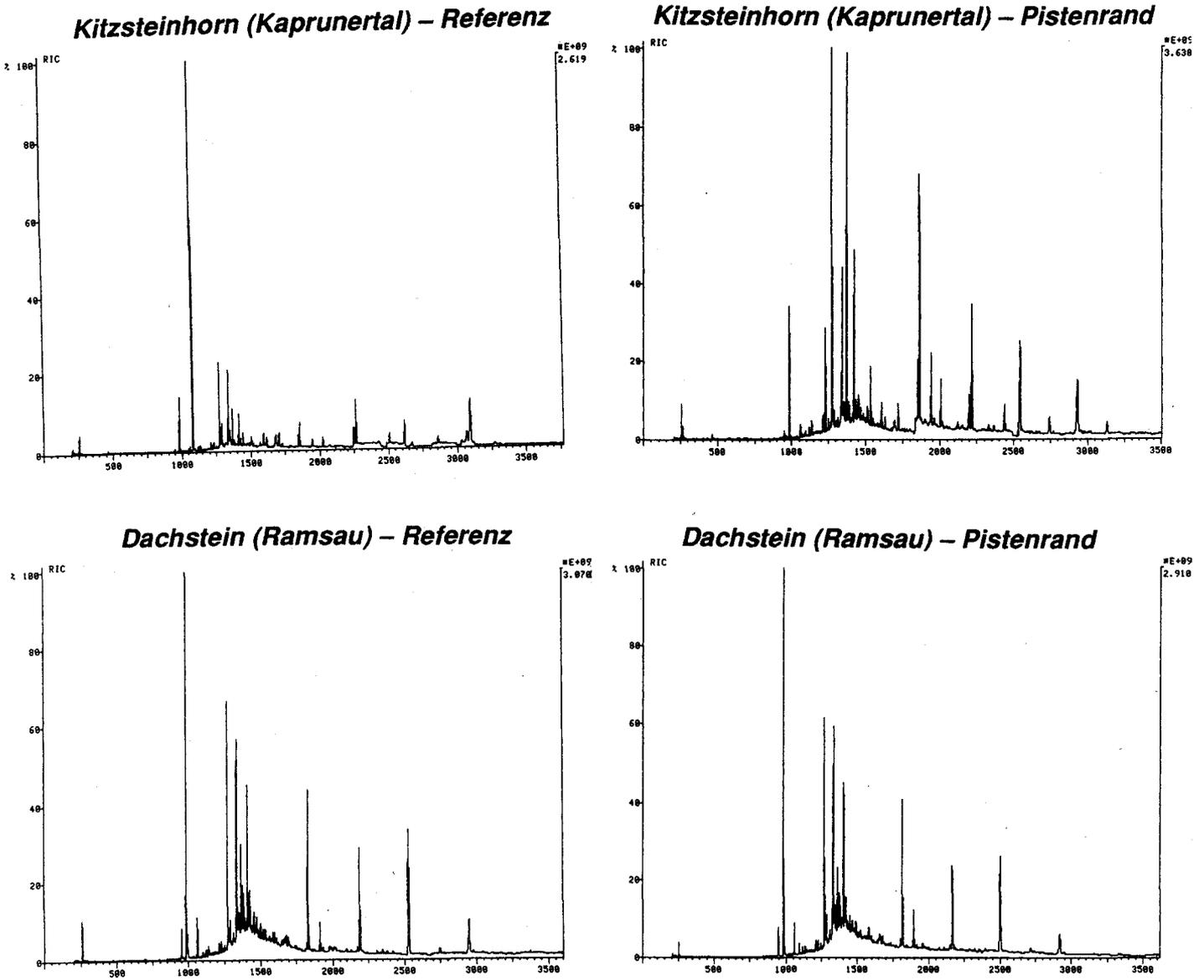


**Hintertux (Zillertal) – Referenz**



**Hintertux (Zillertal) – Pistenrand**





Analytik & Graphik: Umweltbundesamt

*Abb. 88: Gegenüberstellung der Originalchromatogramme der Referenz- und Pistenrandproben aller Gletscher (Probenahme 1990)*

## 7 *Auswirkungen des Gletschertourismus in den österreichischen Gletscherschigebieten*

### 7.1 *Entwicklung und Maßnahmen gegen anthropogen bedingten Schadstoffeintrag*

Durch den Schibetrieb auf den Gletschern mit insgesamt mehreren Millionen Besuchern pro Jahr muß es zu Verschmutzungen kommen. Dieses Problem stellt sich grundsätzlich bei der Bewilligung von solchen Schigebieten.

Auch der Betrieb der Gletscherbahnen selbst hat Auswirkungen. Hier sind zum einen die Rußproduktion durch Energieerzeugungs- und Liftanlagen sowie die Pistenraupen, zum anderen die Verschmutzung der Gletscher durch die Öle der Pistengeräte zu nennen.

Bezüglich der Verschmutzungen durch den Schibetrieb liegt eine Arbeit von PASDAR (1985) vor, der die Ergebnisse der Untersuchungen an Proben, die Mitte der 1970er Jahre genommen wurden, aus dem Gebiet des Gletscherschigebietes Kitzsteinhorn vorstellt. Dabei konnte Pasdar an touristisch stark belasteten Punkten insgesamt nur eine geringe anorganische Verschmutzung von Schnee und Wasser feststellen, organische Verschmutzungen hingegen konzentrierten sich deutlich stärker an solchen Stellen, z.B. in einem Teich in der Nähe des Alpincenters. Die Selbstreinigungskraft der abfließenden Gewässer wird insgesamt so eingeschätzt, daß 'reines Wasser ins Tal kommt' (PASDAR 1985).

GROSS (1984) zitiert einen Bericht einer limnologischen Untersuchung des Fernaubaches im Stubai Gletscherschigebiet von PECHLANER, R. (Limnolog. Institut der Univ. Innsbruck), bei der "sich vom Geruch als auch vom Zustand der Steine her deutliche Hinweise" ergaben, "daß der Fernaubach nicht nur wie erwartet durch Fäkalien, sondern auch durch Mineralöle verunreinigt wird". Diese Untersuchung erfolgte allerdings bereits 1976/78 und damit vor Inbetriebnahme der Kläranlage des Stubai Gletscherschigebietes im Jahr 1980.

Bezüglich der Verwendung von chemischen Mitteln zur Pistenpräparierung für das Rennlauftraining – nach Angabe der Gletscherbahngesellschaften wird dies in allen Gebieten heute nicht – z.T. nicht mehr – betrieben bzw. erlaubt, teilweise wird es den Rennmannschaften ausdrücklich verboten – ist in den letzten Jahren zumindest ein verbaler Bewußtseinswandel, nicht zuletzt wegen des Druckes von außen, eingetreten.

Allen Gletscherbahngesellschaften ist die Problematik 'Öl' bewußt. Z.T. wird – folgt man den Angaben der Gletscherbahnen – durch Druck auf die Gerätehersteller versucht, hier eine Verbesserung herbeizuführen, ansonsten wird zumindest für den Fall der Lösung der technischen Probleme, die der Einsatz biologisch abbaubarer Öle noch mit sich bringt, die Bereitschaft zum Austausch der bisherigen Pistengeräte durch entsprechend geeignete Maschinen bekundet.

Mit der Inbetriebnahme der Ableitung der Abwässer des Schigebietes Rettenbachferner/Tiefenbachferner bestehen in allen Schigebieten Kläranlagen – Kaunertal, Stubai, Wurtenskees – oder Ableitungen bzw. Abtransporte zu im Tal gelegene Kläranlagen –

Pitztal, Ötztal, Zillertal, Kitzsteinhorn, Dachstein. Dabei sind Ableitungen ins Tal den z.T. in etwa 2800 m Höhe gelegenen, durch starke Schwankungen im anfallenden Abwasser gekennzeichneten Kläranlagen sicherlich vorzuziehen. Werden diesbezügliche Pläne im Stubaital verwirklicht, bleiben nur noch die Gebiete im Kaunertal und am Wurtenkees mit Kläranlagen in großer Höhe.

Die 1982 bemerkte Trinkwasserverunreinigung in Hallstatt ist nicht zuletzt auf den geologischen Aufbau des Dachsteinmassivs zurückzuführen. Aufgrund der Verkarstung gibt es keine oberflächlichen und damit definierten Abflüsse. Schmelz- und Niederschlagswasser fließen unterirdisch ab, wobei diese Abflußkanäle oftmals miteinander verbunden sind, sodaß eine genaue Kontrolle der abfließenden Wasser schwierig ist. In den anderen Gletscherschigebieten stellt sich dieses Problem aufgrund der geologischen Verhältnisse nicht. In vier Schigebieten – Kaunertal, Zillertal, Kitzsteinhorn, Wurtenkees – werden die Gletscherbäche in Stauseen geleitet.

Gegenüber der früheren Situation – z.B. Schigebiet Rettenbach/Tiefenbachferner bis 1990 – zeigt sich die Abwassersituation deutlich verbessert. Offen bleiben bei allen Maßnahmen, die immer nur den Normalbetrieb betreffen, einmalige, durch Unfälle bzw. Fehlfunktionen ausgelöste Verschmutzungen der Gletscher bzw. der Gletscherbäche.

## 7.2 Entwicklung der Besucherzahlen sowie die Bedeutung der Gletscherschigebiete für die Gemeinden

Die einheimische Bevölkerung steht den Gletscherschigebieten im allgemeinen positiv gegenüber (HAIMAYER 1987a und 1987b).

In schneearmen Wintern besitzen die Gletscherschigebiete eine große Bedeutung als Wintersportregionen mit quasi Schneegarantie und dienen dann auch als Ausweichziel für die Besucher anderer Schigebiete. So konnten alle Tiroler Gemeinden mit Gletscherschigebieten im schneearmen Winter 1989/90 z.T. deutliche Nächtigungszuwächse zwischen +8% – Neustift/Stubai – und +34% – Kaunertal – verzeichnen, während das Gesamtergebnis für das Bundesland Tirol mit –3% negativ ausfiel (Amt der Tiroler Landesregierung 1990b).

Deutliche Auswirkungen auf die Übernachtungszahlen der Talgemeinden besitzen die Mehrzahl der Gletscherschigebiete. So sind 5 dieser Gemeinden – Sölden, Neustift, Ramsau, Tux, Kaprun – in der Nächtigungsstatistik der österreichischen Fremdenverkehrsorte unter den ersten 30 Gemeinden zu finden. Allerdings ist in Sölden und Ramsau die Bedeutung der Gletscherbahnen sicherlich geringer als in Neustift oder Tux.

Negativ wird inzwischen der durch die Anziehungskraft der Gletscherschigebiete verursachte Verkehr betrachtet. Dieses Problem ist deshalb gravierend, da viele dieser Schigebiete am Ende relativ langer Täler – Kaunertal, Pitztal, Stubaital, Zillertal, Ötztal mit Einschränkungen – situiert sind.

Im Zillertal ist an extremen Besuchstagen keine Zufahrt mit dem PKW bis Hintertux möglich. In Sölden/Ötztal wird, nicht zuletzt da die Zufahrt zum Gletscherschigebiet am taleinwärtsgelegenen Ortsende ihren Ausgang nimmt, der Bau eines Ortsumfahrungs-

tunnels überlegt. Die Gemeinde Neustift ist derzeit, mit Hinweis auf die Verkehrsbelastung, gegen neue Erschließungsmaßnahmen und Kapazitätserweiterungen im Gletscherschigebiet Hochstubaibai. Auch von Seiten der Raumordnungsabteilung der Tiroler Landesregierung wird mit Verweis auf die Problematik der Verkehrsverursachung ein weiterer Ausbau der Gletscherschigebiete, speziell der Gebiete im Stubaital und Zillertal, negativ beurteilt.

#### *Besucherzahlen in den Gletscherschigebieten:*

Im Jahr 1989 mit den schneearmen Wintern 1988/89 und 1989/90 konnten die hier zusammengestellten 8 österreichischen Gletscherschigebiete ca. 4,3 Mio Besucher zählen. Zwischen je 0,8 und 1,0 Mio Besucher – siehe Tabelle 84 – konnten im Stubaital, Zillertal und am Kitzsteinhorn gezählt werden, je ca. 0,4–0,5 Mio Personen besuchten die Anlagen im Pitz- und Ötztal, zwischen je 0,1 und 0,3 Mio Besucher kamen in die Gletscherschigebiete Wurtenkees, Dachstein und Kaunertal.

Nur etwa 19% aller Besucher waren während der letzten Jahre – bei allerdings schneearmen Wintern – in den vier Sommermonaten Juni bis September in den Gletscherschigebieten. Die Zahl der Schifahrer an dieser Sommerbesucherzahl kann auf etwa 1/4 bis 1/3 geschätzt werden. Der Anteil der Sommerschifahrer an der Gesamtbesucherzahl liegt entsprechend bei etwa 5% und ist somit sehr gering und relativ unbedeutend.

Ausgenommen von den niederen Sommerzahlen sind nur die kleineren Gletscherschigebiete, die in Jahren mit Wintern mit normaler Schneelage oft eine größere Bedeutung als sommerliche Ausflugsziele als als Wintersportgebiete besitzen. Die größeren Gletscherschigebiete sind demgegenüber Gebiete, die eine Verlängerung der Winterschisaison – Oktober bis Mai – ermöglichen. Dementsprechend weisen diese Schigebiete ein Herbst/Frühwinter- und ein Frühjahrsmaximum der Besucherzahlen auf. In Wintern mit normaler Schneelage weisen die Gletschergebiete – aufgrund der Höhenlage – ein Besucherminimum im Hochwinter auf.

Nachdem der Sommerschilaufer in der ersten Hälfte der 1980er Jahre aus der Mode gekommen war und durch andere Modesportarten wie Windsurfen stark verdrängt wurde, gewinnen die Gletscherschigebiete mit neuen Modesportarten wie dem Snowboardfahren wieder Besucher zurück. Diese Sportart ist vor allem auf relativ weichen Schnee angewiesen und läßt sich daher auch im Sommer, wenn das Schifahren im aufgeweichten Firn weniger Vergnügen bietet, gut betreiben. Die Snowboardfahrer stellen inzwischen in manchen Gletscherschigebieten einen beachtlichen Besucherteil.

Zieht man die Ergebnisse über die Bedeutung des Sommers für die Gletscherschigebiete zu Beginn der 1970er Jahre heran (BARNICK 1974), so hat dessen Wichtigkeit gegenüber dem Ergebnis der Wintersaison abgenommen.

*Tab. 84: Jahresbesucher in den österreichischen Gletscherschigebieten und Anteil der Besucher im Sommer (Juni – September) an der Gesamtbesucherzahl im Jahr 1989*

<i>Gletscherschigebiet</i>	<i>Besucher<sup>1</sup></i>	<i>Sommeranteil<sup>2</sup></i>
<i>Kaunertal</i>	<i>300 539</i>	<i>49%</i>
<i>Pitztal</i>	<i>401 015</i>	<i>10%</i>
<i>Ötztal</i>	<i>480 000<sup>3</sup></i>	<i>–<sup>4</sup></i>
<i>Stubai</i>	<i>980 724</i>	<i>–<sup>4</sup></i>
<i>Zillertal</i>	<i>990 506</i>	<i>15%</i>
<i>Kitzsteinhorn</i>	<i>811 266</i>	<i>14%</i>
<i>Dachstein</i>	<i>244 686</i>	<i>29%</i>
<i>Wurtenkees</i>	<i>118 166<sup>5</sup></i>	<i>–<sup>4</sup></i>
<i>Summe</i>	<i>4 326 902</i>	<i>19%</i>

*<sup>1</sup> Besucher der Schigebiete=Zahl der Bergfahrten auf der 1.Sektion der Gletscherbahn bzw. Benützer der Mautstraßen*

*<sup>2</sup> Juni bis September*

*<sup>3</sup> geschätzt*

*<sup>4</sup> keine Angaben*

*<sup>5</sup> Maximalzahl, da Piste bei der Zubringerbahn existiert*

### 7.3 Untersuchungsergebnisse

Um für ein ausgedehntes Gebiet schlüssige Aussagen machen und das meist schon untersagte Ausbringen von Chemikalien analytisch erfassen zu können, ist es erforderlich, den gletscherspezifischen Background zu kennen. Zur Feststellung derselben und zur Beobachtung der Trendentwicklung bedarf es periodischer Kontrollen.

Da die Analysenwerte bei den für die Pistenpräparierung maßgeblichen Parametern erfreulicherweise durchwegs gering waren und weitestgehend den in der Literatur für Gletschergebiete angegebenen Vergleichsdaten entsprachen, mußte auf Relativausagen zwischen den Meßwerten der Referenz- und der Pistenprobe zurückgegriffen werden, um eventuelle Beeinträchtigungen der touristisch genutzten Flächen zu beurteilen zu können.

Von den untersuchten Gletscherbächen waren zwei im Jahre 1989 nachweislich durch Abwässer verunreinigt, ein Zustand, der 1990 – soweit die Untersuchung möglich war – nicht mehr auftrat. Beeinträchtigungen durch Mineralölprodukte waren aber gegeben. Ein Umstand, der darauf hindeutet, daß der jeweilige Gletscher durch mineralölbürtige Substanzen belastet ist. Gelegentlich wurden auch Tenside gefunden. Bei allen Schigebieten, die über eine ordnungsgemäße Abwasserentsorgung verfügen, sollten keine Probleme durch Verunreinigungen mit häuslichen Abwässern auftreten. Im Sinne des vorbeugenden Umweltschutzes problematisch, wenngleich bescheidkonform, ist die

Versickerung der in biologischen Kläranlagen anfallenden geklärten Abwässer (z.B. Weißseeferner).

Zur Infrastruktur eines Schigebietes zählen neben den gastgewerblichen Betrieben in erster Linie Liftanlagen mit ihren Service- und Betriebseinrichtungen. Aus den Meßergebnissen einiger Sonderproben ist ersichtlich, daß dadurch mit vermehrten Schadstoffeinträgen zu rechnen ist. Dabei stellen beispielsweise auf den Schnee gelangende Betriebsmittel eine akute Gefahr für die Schnee- und Wasserqualität (siehe Gletscherbäche) dar. Dies gilt natürlich auch für alle anderen, absichtlich oder unabsichtlich auf den Schnee gebrachten oder über die Luft eingebrachten, Stoffe.

Durch die Screeninguntersuchungen wurde das Vorkommen organischer Verbindungen in unterschiedlichem Ausmaß auf allen untersuchten Gletschern erfaßt. Neben einer nicht näher identifizierten Basisbelastung, die von petrochemischen und daraus entstehenden Verbrennungs- oder Abbauprodukten stammen kann, wurden u.a. Phenole, Fettsäureester und Phthalate sowie Alkane mit charakteristischem Verteilungsmuster nachgewiesen. Es gibt aber keinen Hinweis auf Verunreinigungen durch Kerosin. Auch einige halogenierte Kohlenwasserstoffe, von denen bereits allgemein bekannt ist, daß sie ubiquitär vorkommen, waren in den Gletscherproben enthalten.

Die bis auf wenige Ausnahmen nahezu gleichmäßige Verteilung organischer Substanzen über die untersuchten Gletscher kann nur durch eine Verteilung durch die Luft erklärt werden. An manchen Gletschern nachgewiesene mengenmäßige Unterschiede sind einerseits über lokale Witterungseinflüsse oder durch Überlagerung lokaler und überregionaler Komponenten zu erklären.

Obwohl in keinem der untersuchten Schigebiete der Einsatz von chemischen Präparierungsmitteln bewiesen wurde, muß besonders darauf hingewiesen werden, daß die Gletscher ein empfindliches System darstellen und von den Schadstoffeinträgen möglichst fernzuhalten sind.

## Literatur

- ABBOTT, D.C. (1962): *Analyst* 87, S. 286
- AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG (1988): *Wurtenkees – Mölltaler Gletscher, Gewässer-Überprüfungen*. Manuskript, S.5.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (1990a): *Der Fremdenverkehr im Sommerhalbjahr 1989, vorläufige Ergebnisse für Tirol*. In: *Veröffentlichungen des Sachgebietes Statistik des Amtes der Tiroler Landesregierung* 34, Innsbruck, 45 S.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (1990b): *Der Fremdenverkehr im Winterhalbjahr 1989/90, vorläufige Ergebnisse für Tirol*. In: *Veröffentlichungen des Sachgebietes Statistik des Amtes der Tiroler Landesregierung* 37, Innsbruck, 45 S.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (1990c): *Seilbahnen und Lifte in Tirol*. Innsbruck, 54 S.
- AMTLICHE EISENBAHNSTATISTIK DER REPUBLIK ÖSTERREICH
- BARNICK, H. (1974): *Sommerschigebiet in Österreich – Erfahrungen und Ausblicke*. In: *Berichte zur Raumforschung und Raumplanung* 18/3, S. 25–36.
- BAUER, F. (1989): *Die unterirdischen Abflußverhältnisse im Dachsteingebiet und ihre Bedeutung für den Karstwasserschutz*, Umweltbundesamt Wien, Reports UBA-89-28.
- BÖHM, R. (1983): *Massenhaushalt Wurtenkees – Jahresbericht 1982/83*. In: *Wetter und Leben* 35, S. 208–229.
- BÖHM, R. (1984): *Monographie der Gletscher der Goldberggruppe in den Hohen Tauern. Teil 1: Das Wurtenkees. Entwicklung des Gletschers seit 1850*. In: 79.–81. *Jahresbericht des Sonnblick-Vereines im Jahre 1981 – 1983*, S. 3–59.
- BÖHM, R. u. HAMMER, N. (1988): *Massenhaushalt Wurtenkees – Jahresbilanz 1985/86*. In: *Wetter und Leben* 40, S. 43–56.
- BÖHM, R., HAMMER, N. u. J. STROBL (1985): *Massenhaushalt Wurtenkees – Jahresbilanz 1983/84. Teil 1 und 2*. In: *Wetter und Leben* 37, S. 37–51 und S. 88–96.
- BÖHM, R., HAMMER, N. u. STROBL, J. (1986): *Massenhaushalt Wurtenkees – Jahresbilanz 1984/85*. In: *Wetter und Leben* 38, S. 202–221.
- BÖHM, R., HAMMER, N. u. STROBL, J. (1988): *Massenhaushalt Wurtenkees – Jahresbilanz 1986/87*. In: *Wetter und Leben* 40, S.235–251.
- BROWN, G.H. u. TRANTER, M. (1990): *Hydrograph and chemograph separation of bulk meltwaters draining the upper Arolla Glacier, Valais, Switzerland*. *Proceeding of two Lausanne Symposia, August 1990, IAHS Publ. no. 193, 1990, S. 429–437*.
- BRÜCKL, E., GANGL, U. u. STEINHAUSER, P. (1969): *Die Ergebnisse der seismischen Gletschermessungen am Dachstein im Jahre 1967*. In: *Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik* 4; S.1–23.
- BRÜCKL, E. u. GANGL, G. (1972): *Die Ergebnisse der seismischen Gletschermessungen am Gefrorenen Wand Kees im Jahre 1969*. In: *Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik* 10, S. 1–13.
- DAVIDSON, C.I. et al. (1981), in Mayewski, P.A., Lyons, W.B., Ahmad, N., Smith, G. U. Pourchet, M. (1984): *Interpretation of the chemical and physical timeseries retrieved from Sentik Glacier, Ladakh, Himalaya*. *India Journal of Glaciology*, Vol. 30, No. 104. 1984.
- DELMAS, R.J. (1982), in Kirchner, S. u. Delmas, R.J. (1988): *A thousand year glaciochemical study at the south pole*. *Annals of Glaciology* 10, S. 80–84.
- DER FREMDENVERKEHR IN ÖSTERREICH IM JAHRE 1985 (1986). In: *Beiträge zur Österreichischen Statistik* 808.
- DER FREMDENVERKEHR IN ÖSTERREICH IM JAHRE 1986 (1987). In: *Beiträge zur Österreichischen Statistik* 860.
- DER FREMDENVERKEHR IN ÖSTERREICH IM JAHRE 1987 (1988). In: *Beiträge zur Österreichischen Statistik* 887.
- DER FREMDENVERKEHR IN ÖSTERREICH IM JAHRE 1988 (1989). In: *Beiträge zur Österreichischen Statistik* 930.
- DER FREMDENVERKEHR IN ÖSTERREICH IM JAHRE 1989 (1990). In: *Beiträge zur Österreichischen Statistik* 970.

- GROSS, G. (1984): Die naturräumliche Eignung der Gletscher für das Pistenschifahren. In: *Der Geograph*, S. 12–14.
- HAIMAYER, P. (1987a): Das Gletscherschigebiet im Kaunertal aus der Sicht der einheimischen Bevölkerung. Innsbruck, S. 118.
- HAIMAYER, P. (1987b): Das Gletscherschigebiet im Zillertal aus der Sicht der einheimischen Bevölkerung. Innsbruck, S. 118.
- HASNAIN, S.I., SUBRAMANIAN, V., DHANPAL, K. (1989): Chemical characteristics and suspended sediment load of meltwaters from a Himalayan Glacier in India. *Journal of Hydrology*, 106, S. 99–108.
- HASSLACHER, P. u. LANEGGER, Ch. (1988): Österreichisches Gletscherbachinventar. Fachbeiträge des österreichischen Alpenvereins. Serie: Alpine Raumordnung Nr. 1, 33 S.+ Anhang.
- HENAU, H. u. MATTHIJS, E. (1989): Trace Analysis of Linear Alkylbenzenesulfonate (LAS) by HPLC, Detailed Results from two Municipal Sewage Treatment Plants in: *Organic Contaminants in Waste Water, Sludge and Sediment: Occurrence, Fate and Disposal*, S. 5–18. Elsevier Applied Science, London und New York.
- HOINKES, H., LÄSSER, A. u. PATZELT, G. (1975): Die Vergletscherung der Zillertaler Alpen, ihre Veränderungen und ihr Einfluß auf die Hydrologie. In: *Hochwasser und Lawinenschutz in Tirol*. S. 321–333.
- HUPKE, K.D. (1990): Das Gletscherschigebiet Rettenbach- und Tiefenbachferner (Sölden im Ötztal/Tirol). *Stuttgarter Geographische Arbeiten* 114, S. 196.
- HUPKE, K.D. (1988): Zur Wahrnehmung von Gletscherschigebieten. In: E. Aufhauser und R. Giffinger (Hrsg.) – *Perspektiven regionalwissenschaftlicher Forschung*. Beitr. z. 2. Tagung f. Regionalforschung und Geographie in Neuberg a.d. Mürz, Wien: 133–139.
- JENKINS, M.D., DREVER, J.I., REIDER, R. G., BUCHANAN, T. (1987): Chemical composition of fresh snow on Mount Everest. *Journal of geophysical research*; Vol. 92, N° D9, S. 10999–11002.
- KIRCHNER, S. u. DELMAS, R.J. (1988): A 1000 year glaciochemical study at the south pole. *Annals of Glaciology* 10, S. 80–84.
- KROPATSCHEK, E. (1970): Gletschermessungen im Bereich der Tauernkraftwerke A.G. In: 66.–67. *Jahresbericht des Sonnblick-Vereines im Jahre 1968 – 1969*, S. 36–43.
- KROPATSCHEK, E. (1973): Die Geodäsie im Dienste der Gletscherforschung. In: *Beiträge zur Klimatologie, Meteorologie und Klimageographie (Festschrift H. Tollner)*. In: *Arbeiten aus dem Geogr. Institut der Universität Salzburg* 3, S. 275–290.
- KUHN, M. (1985): Gutachten über die Auswirkungen von Liftprojekten auf den Massenhaushalt des Riepenkeeses. Manuskript, 21 S.
- KUMMERT, R. et al. (1989): *Gewässer als Ökosysteme – Grundlagen des Gewässerschutzes*. Verlag der Fachreihe Zürich, BG Taubner, Stuttgart.
- LAIRD, L.B. et al. (1986): Snow chemistry of the Cascade Sierra Nevada Mountains – *Environ. Sci. Technol.* 20, S. 275–290.
- LANGENEGGER, O. (1990): Chemical composition of precipitation in a prealpine area of eastern Switzerland. *Proceedings of two Lausanne Symposia, August 1990, IAHS Publ. No. 193*, S. 493–499.
- LASS, T.H. (1986), in: *Fachgruppe Wasserchemie der Ges. dt. Chemiker (1987); HOV Studie (Halogenorganische Verbindungen in Wässern)*, Eigenverlag.
- LEMMENS, M., ROGER, M. (1978): Influence of ion exchange on dissolved of alpine meltwaters. *Earth surface processes*, Vol. 3, S. 179–187.
- MARKL, G. (1979): Neue Massenhaushaltswerte von Hintereisferner und Kesselwandferner 1975/76 bis 1977/78. In: *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* 15/1: 95–99.
- MATHESS, G. (1990): *Die Beschaffenheit des Grundwassers. Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 2. Gebrüder Bornträger, Berlin, Stuttgart.*
- MAYEWSKI, P.A., LYONS, W.B., AHMAD, N., SMITH, G. u. POURCHET, M. (1984): Interpretation of the chemical and physical time-series retrieved from Sentik Glacier, Ladakh Himalaya. *India Journal of Glaciology*, Vol. 30, No. 104.
- METCALF, R.C. (1986): The cationic denudation rate of an alpine glacial catchment: Gorner-

- gletscher, Switzerland, Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Band 22, Heft 1, S. 19–32.
- NEFTEL, A. et al. (1985): Sulfate and Nitrate concentration in snow from South Greenland, 1895 – 1978. *Nature*, Vol. 314, S. 18.
- ÖSTERREICHISCHE DÜNGERBERATUNGSSTELLE (1979): Mineraldüngerherstellung, Eigenschaften, Anwendung, Beratungsschrift Nr. 9 der Österreichischen Düngerberatungsstelle.
- ÖSTERREICHISCHES EUTROPHIEPROGRAMM II, 1983 – 1986: Akkumulation und Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen aus einer hochalpinen Schneedecke.
- PARRIAUX, A. u. DUBOIS, J.D. (1990): Chemical composition of snow cover on the western Swiss Alps. *Proceedings of two Lausanne Symposia*, August 1990, IAHS Publ. no. 193, S. 501–509.
- PASDAR, J. (1985): Umweltverschmutzung und Umweltsanierung im hochalpinen Bereich (MaB-Untersuchungsgebiet Kitzsteinhorn). In: Beiträge zu den Wechselbeziehungen zwischen den Hochgebirgsökosystemen und dem Menschen. Veröffentlichungen des österr. MaB-Programms 9, S. 283–306.
- PATZELT, G. u. AELLEN, M. (1990): Gletscher. Vortrag auf der Fachtagung der ETH Zürich: Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre, Manuskript, 11 S.
- PATZELT, G. (1990): Die Gletscher der österreichischen Alpen – Wasserreserven und erkennbare anthropogene Beeinflussungen. Manuskript, 4 S.
- PSENNER, R. u. NICKUS, U. (1986): Snow chemistry of a glacier in the Central Eastern Alps. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glaziologie*, Band 22, Heft 1 (1986), S. 1–18.
- PSENNER, R. et al. (1988): Versauerung von Hochgebirgsseen in kristallinen Einzugsgebieten Tirols und Kärntens, BMLF.
- PUBLIKATIONEN UND JAHRESBERICHTE DES GLETSCHERMESSTDIENSTES DES ÖAV.
- PUXBAUM, H., VITOVEC, W. u. KOVAR, A. (1987): Chemical composition of wet deposition in the eastern alpine region. Vortrag am Nat. Advanced Research Workshop "Acid Deposition at High Elevation Sites", Edinburgh 8.–12. September 1986, Bericht 13/5/87, zur Publikation in: "Acid Deposition Processes at High Elevation Sites" ED.M.H. Unsworth, D. Reidel, Dordrecht.
- QUENTIN, K.E. (1988): Trinkwasser, Untersuchung und Beurteilung von Trink- und Schwimmbadwasser. Springer Verlag, S. 26 ff.
- REINWARTH, O. u. OERTER, H. (1988): Glaziologische und hydrologische Forschungen am Vernagtferner in den Ötztaler Alpen. In: *Geographische Rundschau* 40/3, S. 32–39.
- RICHTLINIEN FÜR DIE BEGRENZUNG VON IMMISSIONEN IN FLIESSGEWÄSSERN, BMLF (1987)
- RIEHM, H. (1961), in Matthess, G. (1990): Die Beschaffenheit des Grundwassers. *Lehrbuch der Hydrogeologie*, Band 2, Gebrüder Bornträger, Berlin, Stuttgart.
- RYABOSHAKO, A.G. (1983), in: Schotterer, U., Oeschger, H., Wagenbach, D. u. Münnich, K.O. (1985): Information on paleo-precipitation on a high-altitude glacier Monte Rosa, Switzerland. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Band 21, S. 379–388.
- SCHOTTERER, U., OESCHGER, H., WAGENBACH, D. u. MÜNNICH, K.O. (1985): Information on paleo-precipitation on a high-altitude glacier Monte Rosa, Switzerland. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Band 21, S. 379–388.
- SCHÖNER, W. (1990): Massenhaushalt Wurtenees – Jahresbilanz 1987/88. In: *Wetter und Leben* 42, S. 85–102.
- SCHÖNER, W. (o.J.): Massenhaushalt Wurtenees – Jahresbilanz 1987/78. Manuskript, 23 S.
- THYSSEN, F. u. KOHNEN, H. (1968): Eis-seismische Untersuchungen auf dem Schmiedinger Kees. In: *Polarforschung* 36, S. 78–82.
- TOLLNER, H. (1976): Das Verhalten von Gletschern im Großglockner- und Sonnblickgebiet in den Eishaushaltsjahren 1973/74 und 1974/75 und mehrjährigen Änderungen am Gefrorenen Wand Kees in den Zillertaler Alpen. In: 73. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines im Jahre 1974 – 1975, S. 33–46.
- VÖLKL, G. (1988): Beeinträchtigungen von Karstquellen durch den Gletscherschilau, Umweltbundesamt Wien, Interne Berichte UBA-88-205.

- WAGENBACH, D. (1981), in: Schotterer, U., Oeschger, H., Wagenbach, D. u. Münich, K.O. (1985): Information on paleo-precipitation on a high-altitude glacier Monte Rosa, Switzerland. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Band 21, S. 379–388.
- WEITSCHACHER, H. (1987): Die fremdenverkehrsähnliche Erschließung des Wurtenkeeses aus der Sicht der Raumplanung und Wasserwirtschaft. Diplomarbeit am Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft der Techn. Universität Wien, S. 119.
- WERNER, R. u. PUXBAUM, H. (1985): Variabilität von Schneeinhaltsstoffen auf dem Wurtenkees (Goldberggruppe) im Winter 1982/83, *Wasser und Leben* 39, S. 125–131.
- WOLF, R. (1985): Die wirtschaftliche Bedeutung der österreichischen Gletscherschengebiete, erläutert anhand des Beispiels Kaprun–Kitzsteinhorn. Diplomarbeit am Institut für Wirtschafts- und Sozialgeographie der Wirtschaftsuniversität Wien, 139 S..
- WWK/BMLF (1979/80): *Gewässergüte Tirol*.
- ZOBRIST (1983), in: Psenner, R. U. Nickus, U. (1986): "Snow Chemistry in the Central Eastern Alps". *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glaziologie*, Band 22, Heft 1, S. 1–18.
- ZÜRCHER, F. (1986): Acid deposition on an snowfield at 2500 m a.s.l. in Switzerland. *Proceedings 4th European Symposium on physico-chemical behaviour of Atmospheric Pollutants*, S. 500–510.