

Untersuchungen an Tauernseen II

Hüttensee, Obersee, Sonntagkarseen, Kapuzinersee und Klafferkesselseen in den Schladminger Tauern, Lanischseen in der Hafnergruppe (Hohe Tauern).

Von Hubert NAGL

Mit 23 Abbildungen und 6 Tabellen (im Text)

Eingelangt am 27. März 1971

In Fortsetzung der morphologischen Seen-Untersuchungen in den Hohen und Niederen Tauern, welche im Band 100 der Mitteilungen erschienen sind, wurden weitere Seen der Schladminger Tauern (u. zw. im Bereich des Seewigtales und des Schladminger Untertals) ausgelotet und ihre Verlandung sowie Wasserbilanz untersucht; zum Vergleich wurden wieder Seen der Hohen Tauern (u. zw. im Pöllatal, Hafnergruppe) herangezogen.

Im einzelnen handelt es sich hierbei um die folgenden Seen:

A) Seen in den Schladminger Tauern

- 1 Hüttensee
- 2 Obersee
- 3 Sonntagkarseen
- 4 Kapuzinersee
- 5 Unterer Klaffersee
- 6 Rauhenbergsee
- 7 Oberer Klaffersee

B) Seen in der Hafnergruppe

- 1 Vorderer Lanischsee
- 2 Hinterer Lanischsee
- 3 Eben-Lanischsee

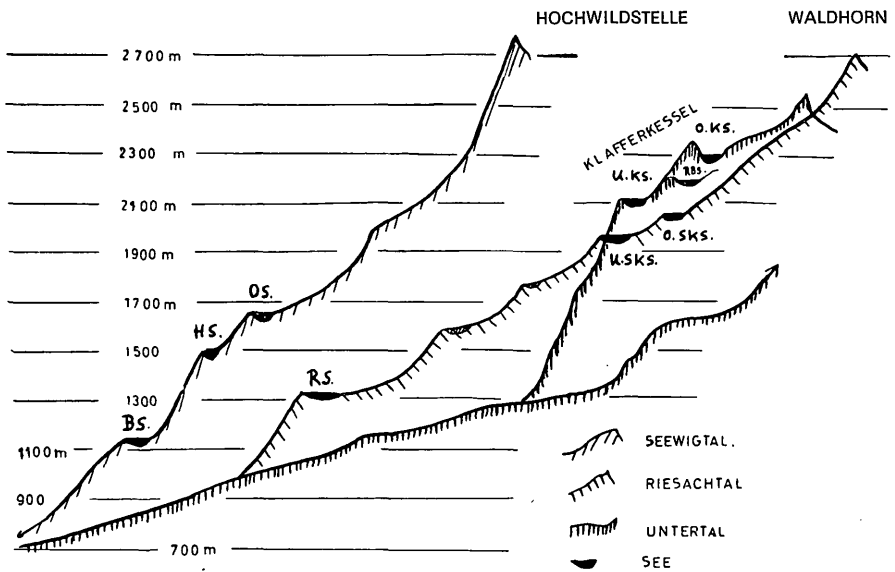
Damit sind nunmehr der Schwarzensee, alle Seen des Seewigtales, des Untertales und des Pöllatales ausgelotet, ihr Wasservolumen berechnet und Sonderscheinungen weitgehend festgestellt.

Die Arbeiten wurden — wie bereits im Vorjahr angeführt — vor allem durch die Hochschuljubiläumsstiftung der Stadt Wien und den Österreichischen Alpenverein unterstützt. Beiden Stellen sei nochmals der gebührende Dank ausgesprochen; durch ihre Hilfe waren die Untersuchungen überhaupt erst möglich. Für die Übernahme der Klischeekosten bin ich dem Direktorium der Österreichischen Nationalbank zu größtem Dank verpflichtet.

Neben den morphologischen Formen der Seebecken und der Lage in den Tälern standen auch Fragen der Seeverlandungen und der Wasserbilanzierung im Seebereich auf dem Programm; letztere zeigen auch die praktische Bedeutung solcher Seeuntersuchungen auf, die wichtige Hinweise auf Wasserreserven und Verwertungsmöglichkeiten des immer wertvoller werdenden Wassers geben. Bei der Verlandung konnten mehrere Phasen unterschieden werden, welche klimatischen und ökologischen Veränderungen entsprechen, die zu rekonstruieren und zu datieren versucht wurde.

A) Seen in den Schladminger Tauern

Das Seewigtal zeigt den Typ des alpinen Stufentals geradezu beispielhaft; vier Stufen mit Höhen zwischen 170 und 450 m trennen flachere Talstücke voneinander, in den drei mittleren finden sich die Seen: der Bodensee (1149 m), der Hüttensee (1503 m) und der Obersee (1672 m). Die glaziale Umformung hat hier auch einen der schönsten Landschaftsteile der Steiermark geschaffen, der durch die großartigen, wasserfallreichen Talschlüsse auffällt (Abb. 1: Der Stufenbau des Seewig-Tales). LICHTENBERGER 1956 und SENARCLENS-GRANCY 1962 haben gezeigt, daß keiner der Seen im unmittelbaren Bereich eines Gletscherendes gelegen ist, sondern nehmen einen gschnitzzeitlichen Gletscher bis zur Hinterhabner Alm (1123 m) an, jüngere Gschnitzstände enden oberhalb des Bodensees am Fuße der Steilstufe. Es konnte gezeigt werden, daß der Aufstau des Bodensees vorwiegend auf einen Schwemmkegel und auf einen Bergsturz zurückzuführen ist, der Hüttensee und Obersee hingegen sind reine Erosionsseen, die von moränenüberstreuten Felsschwellen abgeschlossen werden. Die im Inneren des Tales auftretenden Gneise haben die glazialen Formen in ihrer ganzen Schärfe bewahrt. Wenn auch die ursprünglichen Wannsen größer waren als heute, so zeigen die Seebecken noch beträchtliche Ausdehnung und wurden weniger durch fluviatile Verschüttung als durch Blockhalden eingengt.



TALSTUFEN und KARTREPPEN im UNTERSUCHUNGSGEBIET



BS = BODENSEE	RS = RIESACHSEE	UKS = UNTERER KLAFFERSEE
HS = HÜTTENSEE	U.SKS = UNTERER SONNTAGKARSEE	RBS = RAUHENBERGSEE
OS = OBERSEE	O.SKS = OBERER	OKS = OBERER KLAFFERSEE

Abb. 1: Überhöhter Längsschnitt durch die Täler der Seen in den Schladminger Tauern.

Das im Vorjahr beschriebene Riesachtal mit dem Riesachsee gabelt sich bei der Steilstufe unterhalb der Preintalerhütte. Das Haupttal setzt sich über zwei verlandete Becken in 1650 m und 1780 m SH in das Sonntagkar fort, welches selbst wieder in mehrere Stufen zerfällt und den Unteren und Oberen Sonntagkarsee in 1962 m bzw. 2064 m Höhe birgt. Die Seen sind, besonders talauf von sehr steilen Wänden umgeben, talab ist eine Rundhöckerlandschaft entwickelt, die dünne Moränenstreu aufweist und von SENARCLENS-GRANCY dem Daun- bzw. Egesenstand zugeordnet wird. Es überwiegt aber auch hier das Erosionsrelief stark gegenüber den Akkumulationsformen.

Der südliche Ast des Riesachtals zieht über das Lämmerkar (Kapuzinerseen) in den Klafferkessel, der von NE angezapft wurde, sodaß heute der Obere Klaffersee (2311 m) mit seinen Nebenseen zum Kapuzinersee entwässert. Der Klafferkessel selbst, der wiederholt beschrieben worden ist, weist die Vielfalt eines glazialen Reliefs mit allen Schattierungen auf, die noch durch die petrographischen Unterschiede erhöht werden. In die Para- und Orthogneise sind hier Amphibolite und Serpentin eingeschaltet, die durch ihre Steilheit und dunkle Farbe besonders auffallen. Zwischen 2103 m und 2340 m liegen hier drei größere und fünf kleinere Seen zwischen unzähligen Lacken. Am Fuß des Greifenbergs (2618 m) sind frührezente Moränen in Blockwällen anzutreffen, im Klafferkessel selbst sind jungstadiale Moränenanhäufungen, die randlich von subrezenten bis rezenten Schutthalden überdeckt werden, verbreitet.

Legende zu den Abbildungen:

	Insel	----	0,5 m	Isobathe
		—	1,0 m	"
	Verlandung	—5—	5,0 m	"
		—10—		

1. Der Hüttensee (Abb. 2)

Der relativ seichte Hüttensee liegt in 1503 m SH zwischen zwei Talstufen, umgeben von zahlreichen über die Trogwände herabkommenden Wasserfällen. Eine rundhöckerreiche Felsschwelle, die vom Abfluß am Ostrand durchschnitten wird (sie trägt die Hans Wödl-Hütte), staut den See auf. Am Südrand baut der Seebach ein steiles Delta, auf welchem er sich mehrfach verzweigt, in den See; es besteht überwiegend aus sehr groben Komponenten.

Bei einer Fläche von 49.586 m² und einer mittleren Tiefe von nur 3,6 m beträgt das Wasservolumen 178.823 m³ und zählt damit zu den geringsten Werten vergleichbarer Seen der Schladminger Tauern. Das geht auf den außerordentlich flachen Talboden zurück, der den Seeboden bildet. Steil abfallende Hänge begrenzen einen 4 m unter dem Wasserspiegel liegenden Seegrund, der nur östlich der Mitte auf 5,2 m flach ansinkt. Die 4 m-Isobathe nimmt über 56 Prozent der Oberfläche ein. Am Westufer befindet sich unterhalb eines Wasserfalls ein Kolk, der auf 8 m absinkt und die tiefste Stelle des Sees darstellt; südlich davon erhebt sich eine Schwelle (Blockwerk) auf 2,2 m Tiefe. Es besteht eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Bodensee: Ein flaches Seebecken mit einem Kolk. Letzterer wurde im Hüttensee jedoch mit größter Wahrscheinlichkeit durch die ausschürfende Tätigkeit des steinnachzeitlichen Gletschers verursacht, wie auch aus der NE-Erstreckung (Eisfließrichtung) hervorgeht. Die Neigung bis 5 m Tiefe liegt hier bei 60°, während sie sonst zwischen 10 und 30° beträgt. Trotz der beiden unabhängigen Tiefenzonen liegen nur etwas über 4000 m² oder 8% unter 5 m, nur 1,1% unter 6 m Tiefe! Die heutige Breite von 216 m (max.) hat sich seit der Seebildung kaum verändert, während seine maximale Länge von derzeit 348 m nur mehr 75% der ursprünglichen ausmacht.

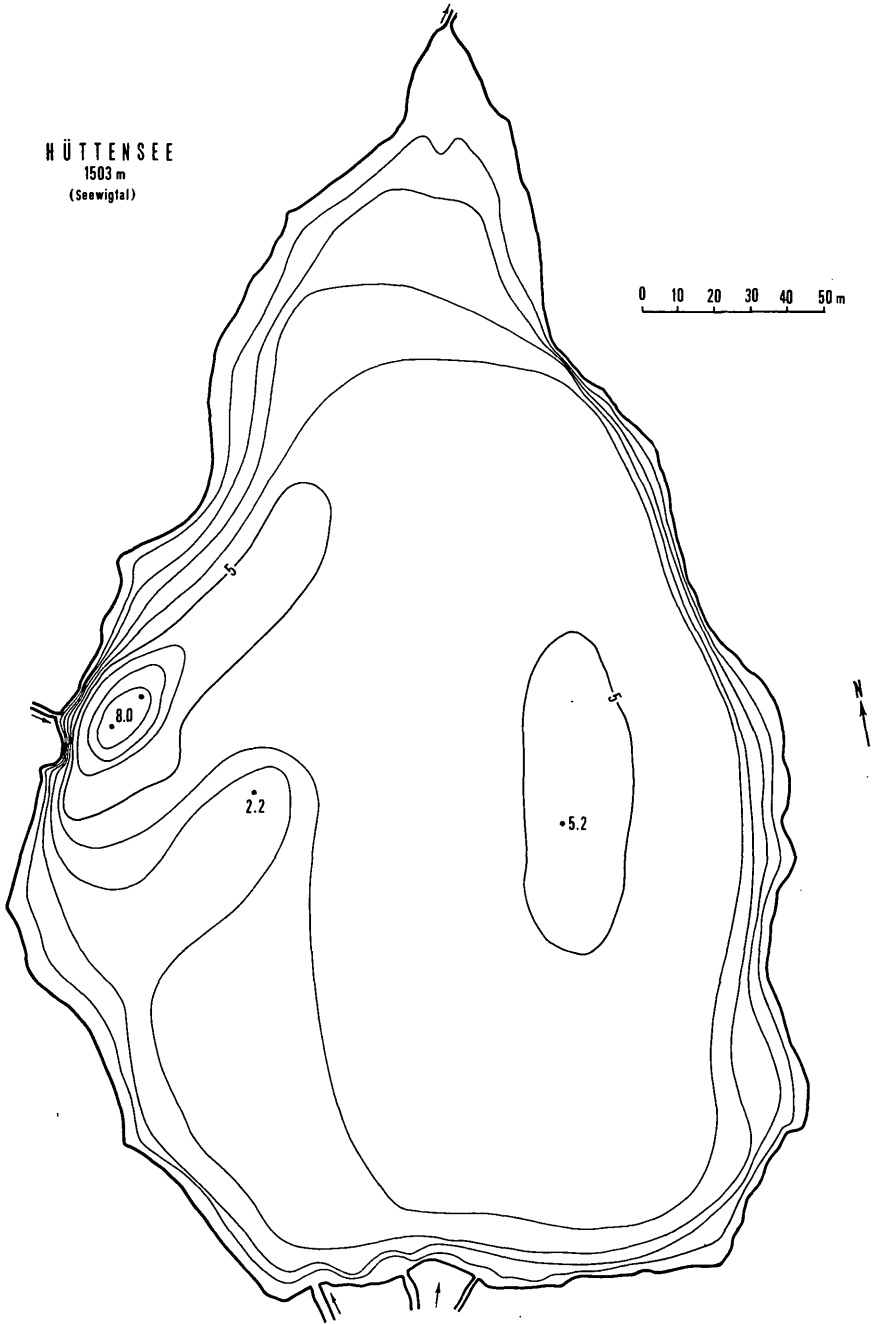


Abb. 2: Der Hüttensee im Seewigtal (1503 m).



Abb. 3: Der Obersee im Seewigtal (1672 m).

Die zahlreichen Zuflüsse und die Seichtheit führen zu einer starken Turbulenz, die sich bereits in der geringen Sichttiefe von nur 4—6 m äußert. Auch die Temperaturen liegen entsprechend niedrig, bedingt durch die langdauernde Schneeschmelze, welche bis in den August andauert, im letztgenannten Monat betragen sie im Durchschnitt nur $6,8^{\circ}$ bei einem Luftmittel von $7,5^{\circ}$. Im gleichen Monat stieg das 7 Uhr-Monatsmittel des Bodensees bereits auf 9° , das Mittagsmittel auf $11,5^{\circ}$.

2. Der Obersee (Abb. 3 u. 4)

Oberhalb einer 200 m hohen Stufe liegt ebenfalls hinter einer Felsschwelle der Obersee in 1672 m eingesenkt. Er ist mit 71.756 m^2 Fläche der größte und mit 23,6 m Tiefe auch der tiefste See des Seewigtales. Bei 443 m größter Länge und 231 m größter Breite weist er eine Uferentwicklung von 1,5 auf, die teilweise durch eine Halbinsel bedingt wird. Seine mittlere Tiefe liegt bei 7,1 m, das Volumen bei mittlerem Wasserstand 509.140 m^3 . Er füllt den höchsten Talraum aus, denn südlich steigt das Gelände zum gewaltigen Trogschluß an, der nahezu unvermittelt bis zur Hochwildstelle (2747 m) aufsteigt, wodurch der eigenartige Landschaftswechsel bei Blickwendung entsteht: Nach Norden blickt man über grüne Hänge bis zum Ennstal und Dachsteinstock, nach Süden sieht man nackten Fels, von Schutthaldden begleitet, jäh um über 1000 m ansteigen (Abb. 4). Das Seebecken zeigt eine undeutliche Zweigliederung: Der größere nördliche Teil sinkt in Fortsetzung der Talhänge steil bis 20 m Tiefe ab, während im Norden ab 10 m der Abfall flacher wird. Etwas östlich außerhalb der Mitte liegt der tiefste Punkt mit 23,6 m. Der südliche Teil weist nur Tiefen bis 7 m auf und wird durch einen vom Festland gegen SE vorspringenden Moränenwall weiter gegliedert. Hier liegt auch heute noch am längsten der Schnee: Bis fast Ende August breitete sich, teilweise in den See abbrechend, ein 1—2 ha großes Schneefeld aus. Die Wassertemperaturen liegen dementsprechend allgemein niedrig; im Juli 1970 durchwegs erst bei $5,5\text{—}6^{\circ} \text{ C}$, Ende August waren sie auf $7,9^{\circ}$ im nördlichen bzw. $7,1^{\circ}$ im südlichen Abschnitt gestiegen, gemessen um 13 Uhr. Am Abend sanken sie rasch ab (um ca. $0,5^{\circ}$) und betragen am Morgen nur $6\text{—}7^{\circ}$. Allerdings waren die täglichen Schwankungen nur bis 2 m Tiefe festzustellen. Darunter lag die Temperatur durchwegs um 5° , in 10 m Tiefe um $4,6^{\circ}$.

Die Verschüttung des Sees geht einerseits durch fluviatile Anschwemmung (bes. Sand und feiner Schutt) vor sich, einen wesentlichen Anteil haben allerdings die zahlreichen, über die steilen Hänge abkommenden Lawinen, die große Mengen oft groben Materials mit sich bringen. Eine Frühjahrslawine des Osthanges, die weit auf den gefrorenen See hinausging, zeigte Ende Juli, als sie auf einen Rest am Ufer zurückgeschmolzen war, auf einer Fläche von nur 1200 m^2 eine Gesteinsmenge von 84 m^3 auf; bei der großen Zahl der Abgänge kommt der Beckenauffüllung durch Lawinen m. E. eine sehr große Bedeutung zu.

Hüttensee und Obersee können beide als Felsbeckenseen angesprochen werden, denn die Moränenstreu auf der abschließenden Schwelle verursacht keinen Wasserstau. Bemerkenswert ist, daß beim Obersee kaum eine Eintiefung des Abflusses stattgefunden hat; er überfließt eine Gneisplatte und stürzt sodann in Kaskaden zum Hüttensee. Aus der Summe Seewanntiefe + Felsschwellenhöhe ergeben sich würemzeitliche Ausräumwerte von 40 m am Hüttensee und fast 60 m am Obersee; dies entspricht den allgemein bekannten Werten des glazialen Ausräumens in Kären.

Sowohl Hütten- als auch Obersee sind dimiktische (während mancher Jahre nur kalt-monomiktische) Klarwasserseen. Nach dem Trophiezustand sind sie als

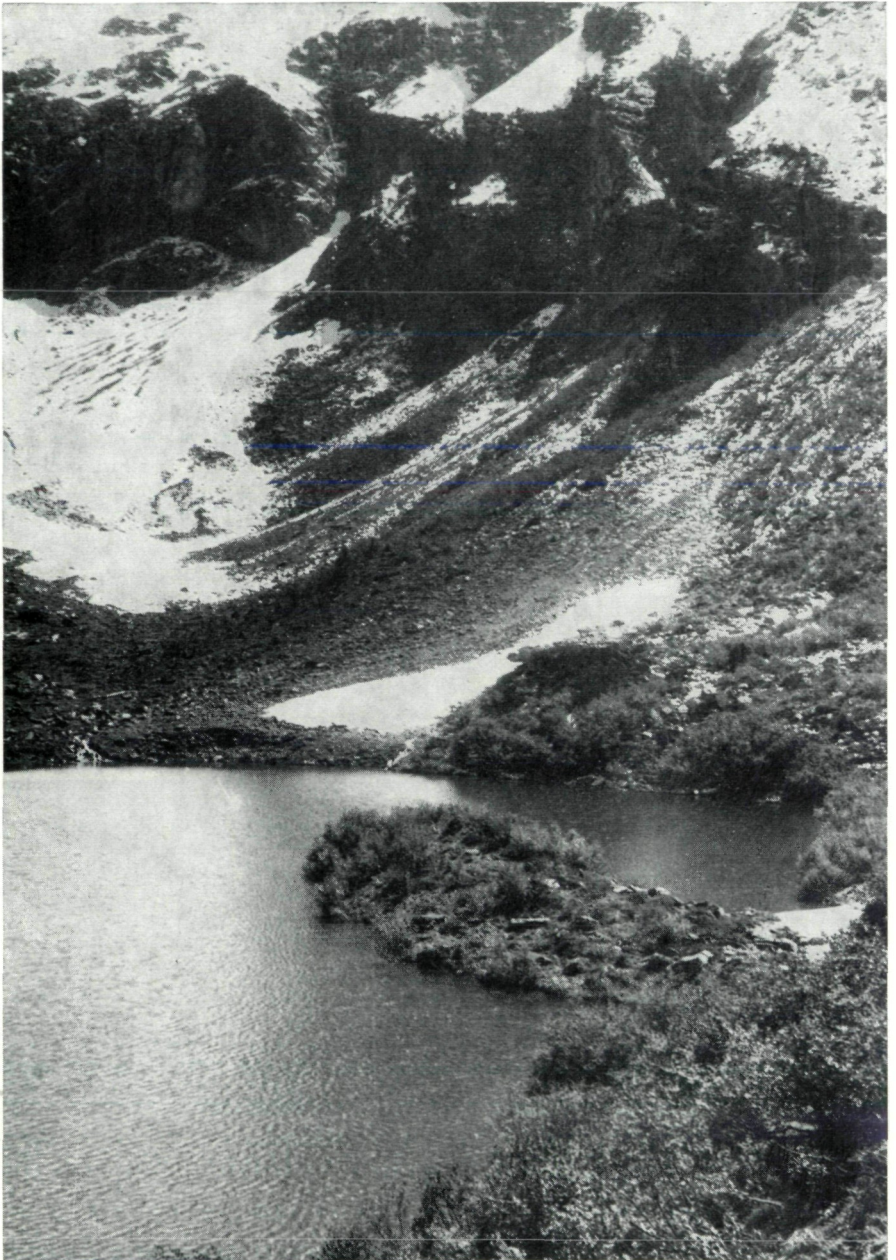


Abb. 4: Der Obersee mit der Halbinsel (Moränenwall), im Hintergrund steigt das Gelände steil zur Hochwildstelle (2747 m) auf (Aufnahme: H. NAGL, Juli 1970).

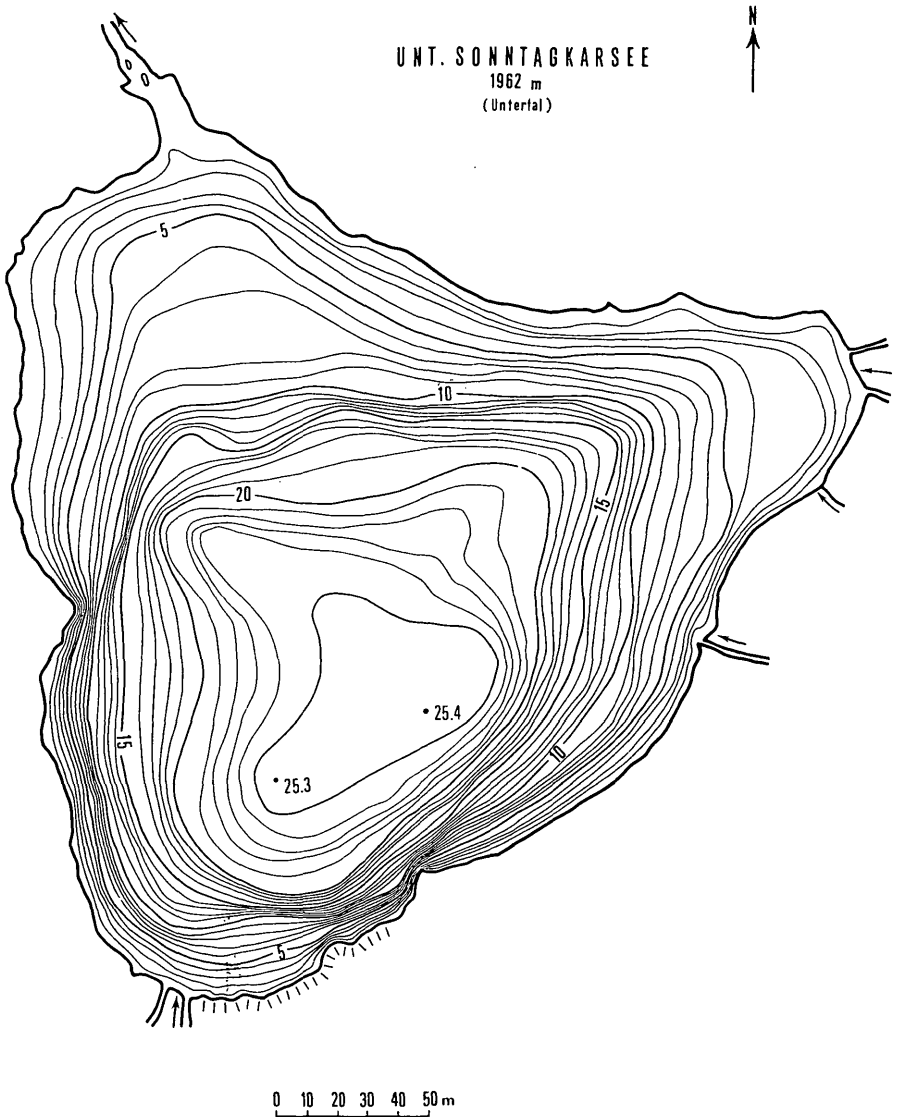


Abb. 5: Der Untere Sonntagkarsee im Riesachtal (1962 m).

kalkarme oligotrophe Seen anzusprechen, wobei der Hüttensee stellenweise eine schwache Eutrophierung zeigt. Der pH-Wert liegt zwischen 5,5 und 6, die Gesamthärte unter 2,5 Grad dt. Härte.¹⁾

Abschließend sei zu den Seen des Seewigtales bemerkt, daß sie sowohl ihrer landschaftlichen Schönheit wegen als auch ihrer natürlichen Wasserreserven wegen (bes. Obersee) von jeder Veränderung verschont bleiben müßten. Das große natürliche Gefälle ermöglicht auch leicht die Verwendung des überschüssigen Wassers für die Speisung von Wasserleitungen. Über die Nutzbarmachung der Seen mehr im Schlußkapitel.

1) Messungen mit Titriplex-III und MERCK-Puffertabletten.

3. Die Sonntagkarseen (Abb. 5, 6 u. 7)

Im Talschluß unterhalb der Preintalerhütte am Ende des Riesachtals münden zwei große Kartröge ein: das Sonntagkar und das Lämmerkar. Das in süd-östlicher Richtung die Riesachseefurche fortsetzende Sonntagkar besteht seinerseits aus vier übereinander liegenden Wannen, von welchen die beiden höchsten noch heute Seen beherbergen. Die beiden tieferen (bei der Waldhorn-Alm in

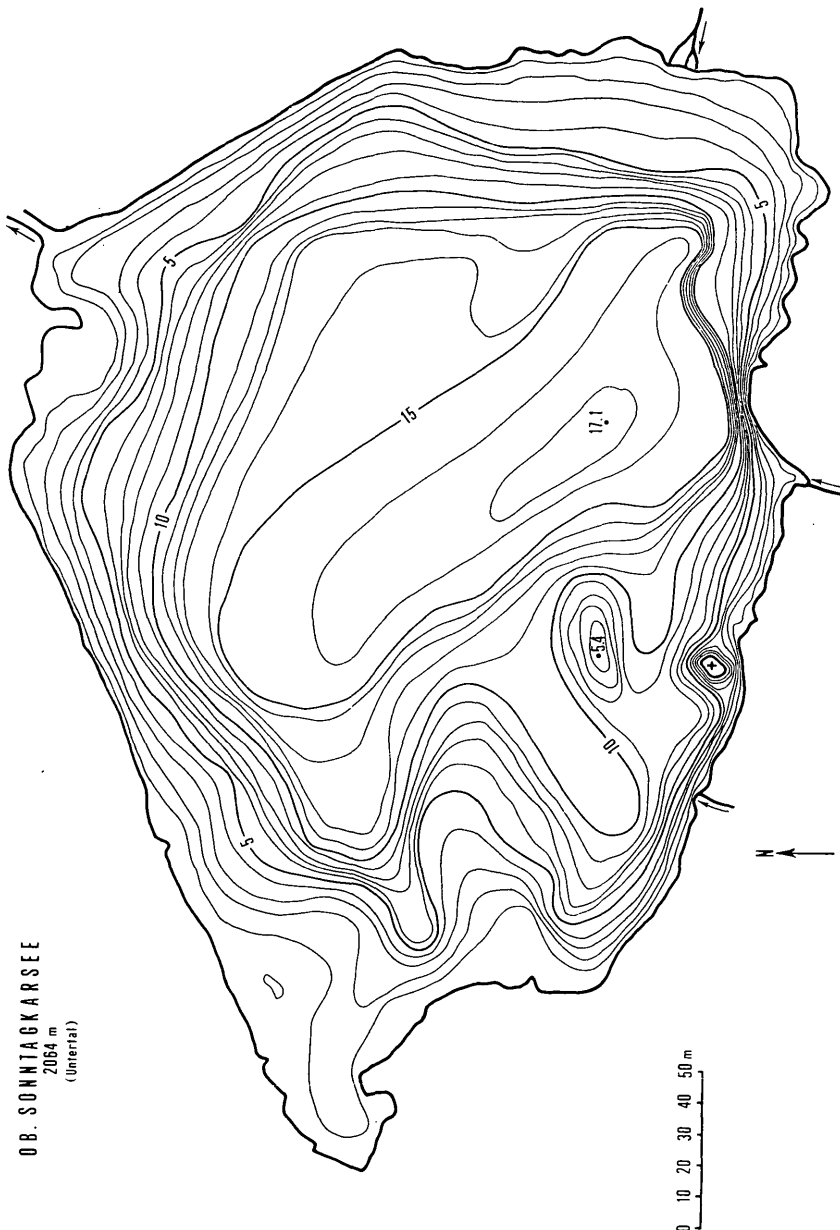


Abb. 6: Der Obere Sonntagkarsee im Riesachtal (2064 m).

1650 m—1670 m und jene in 1780 m—1820 m) sind zwar ebenfalls glazial übertiefte Becken, doch wurden vorhandene Seen bis auf kleine Sumpfbereiche verschüttet. Neben der fluviatilen Aufschotterung sind wohl wieder die Lawinen, aber auch Schutthalden (besonders SE der Waldhorn-Alm) und kleinere Bergsturzmassen als Ursache zu bezeichnen.

In 1962 m liegt der Untere Sonntagkarsee (Abb. 5) mit fast dreieckiger Gestalt. Bei einer Länge und Breite von fast 300 m beträgt seine Oberfläche 49.972 m^2 , sein Wassergehalt bei einer mittleren Tiefe von 12,9 m und einer größten Tiefe von 25,4 m 630.300 m^3 . Die Seewanne bildet einen verkehrten Pyramidenstumpf, besonders im Süden am Fuß einer Karstufe fallen die Hänge teilweise senkrecht bis überhängend in den See hinab, sodaß stellenweise in 10 m Uferentfernung die Tiefe bereits 16 m beträgt. 3.200 m^2 oder 6,4 % liegen unter 25 m und sind vollkommen eben. Im nördlichen Teil wird der See von einer moränenüberdeckten Rundhöckerlandschaft begrenzt, im südlichen überwiegen Felsgebiete als leeseitig Rundhöckerpartien und Stufenteile. Wie regelmäßig der Seeboden in größere Tiefe absinkt, zeigt die Fläche der 12,5 m-Isobathe in halber Tiefe an: sie ist mit ca. 24.000 m^2 fast genau halb so groß wie die Seeoberfläche. (Abb. 7).



Abb. 7: Der Untere Sonntagkarsee vom Anstieg zum Oberen; im Hintergrund (Norden) Kleine Wildstelle (Aufnahme: H. NAGL, Juli 1970).

Der Obere Sonntagkarsee (Abb. 6) liegt eine Stufe höher in 2064 m, also 100 m über dem Unteren See. Er ist mit 60.128 m^2 größer ($443 \text{ m} \times 231 \text{ m}$), doch nur 17,1 m tief. MERZ hat 1909 die tiefste Stelle bei seinen Temperaturlotungen nur wenig verfehlt. Bei einer mittleren Tiefe von 8,8 m beträgt der Wassergehalt 533.837 m^3 . Die Sichttiefe ist mit 10,8 m groß. Der See wird gegen Norden von einem über 10 m hohen Moränenwall, der der Karstufe aufsitzt, abgeschlossen; im W und Osten reichen Schutthalden zwischen Felspartien bis zum See, den Südrand bildet eine Felswand, die in das Kar des Waldhorn hinaufzieht, welches noch einen kleinen Firnflack besitzt. Der Seeboden

ist im westlichen Teil unruhig, nördlich einer Felsinsel (Bergsturz) sinkt der Grund auf 10 m ab, um nochmals anzusteigen: ein Höcker reicht bis 5,4 m unter die Oberfläche herauf. Der östliche Teil ist ruhiger; er zeigt eine NW—SE liegende Mulde mit Tiefen über 15 m, welche auch die tiefste Stelle mit 17,1 m beherbergt. Die 15 m-Tiefenlinie nimmt ca. 19 % der Oberfläche ein.

Wie die bereits genannten Seen gehören auch die Sonntagkarseen der Gruppe der kalkarmen oligotrophen Klarwasserseen an. Der pH-Wert liegt auch hier bei 5,5—6, die Wasserhärte unter 2,5 ° dt. H. Die Uferentwicklung beträgt wie beim Unteren See 1,3, das Verhältnis Breite : Tiefe beim Oberen 15, beim Unteren Sonntagkarsee 12.

Nordseitig des Alpenhauptkammes gelegen und fast allseitig von Gipfeln zwischen 2600 und 2700 m (Waldhorn 2702 m) umgeben, sind die Sonntagkarseen den überwiegenden Teil des Jahres zugefroren. Geht die Eisdecke am Unteren SK-See in den ersten Juliwochen auf und Mitte Oktober wieder zu, so war der Obere SK-See Anfang August noch gefroren. Eine weiche Eis-Schneematschdecke von 30—40 cm Mächtigkeit überzog den See fast lückenlos und nur am Ausfluß waren einige Quadratmeter eisfrei. Die Wassertemperaturen lagen bei 3—5 ° C (Unterer SK-See 6,5, Riesachsee 11,8 °). Mitte September schloß sich die Eisdecke mit kurzen Unterbrechungen, sodaß der See nur ca. 1 Monat eisfrei war. Anfang September 1970 waren die Temperaturen auf folgende Werte gestiegen: Riesachsee bis 14 °, Unterer SK-See 7,9—8 ° und Oberer Sonntagkarsee bis 6,8 °; die Lufttemperaturen lagen im Sonntagkarsee zur selben Zeit zwischen 10 und 12 ° C. Das interessante Phänomen, daß bei nur 100 m Höhendifferenz Vereisungsunterschiede von mehreren Wochen auftreten (nach der Formel O. ECKELS dürften es nur ca. 11 Tage sein), ist vor allem in der morphologischen Lage des Oberen SK-Sees begründet. Die Mittagssonne erreicht nur während weniger Wochen den am Fuß der Nordwände gelegenen See; dazu kommt eine überaus lange Schneelage, welche eine stärkere Erwärmung der Luft im Umkreis des Sees lange verhindert. Die Zahl der Tage mit Schneebedeckung (Schneedeckendauer) beträgt über 220, die mittlere Summe der Neuschneehöhe über 10 m! Während der Untere Sonntagkarsee zu den dimiktischen Seen zu rechnen ist, kann man den Oberen wohl zu den monomiktischen Seen (polaren Typs) zählen; die Erwärmung auf über 6 ° bleibt auf den obersten Meter beschränkt: Anfang September betrug die Temperatur in 1 m Tiefe nur mehr 4,4 °, während sie an der Oberfläche 6,8 ° betrug (Luft: 14,9 Grad) A. MERZ 1909 und O. PESTA 1924 haben im gleichen Gebiet ähnliche Feststellungen gemacht. — MERZ l. c. gibt bei Temperaturlotungen an ausgewählten Stellen folgende Tiefen an: Riesachsee 18,5 m, Unterer Sonntagkarsee über 25 m und Oberer Sonntagkarsee 14 m.

4. Der Kapuzinersee (Abb. 8)

Vom Riesachtalschluß nach Süden aufsteigend erreicht man das Innere Lämmerkar, dessen heutiger Karboden in 1840 m—1860 m ebenfalls eine verschüttete Seewanne darstellt, und schließlich nach einer weiteren Stufe in 2140 m das Kar der Kapuzinerseen. Zwischen Waldhorn (2710 m) und Greifenstein (2397 m) gelegen wird es allseits von steilen Wänden umgeben, von denen mächtige Schutthalden herabziehen. Im Westen und Norden ist es durch mehrere, dutzend Meter hohe Moränenwälle und Rundhöckergebiete gekennzeichnet. Unter dem Waldhorntörl liegt der Kapuzinersee in 2146 m Seehöhe. Seine Fläche beträgt 14.213 m², seine größte Tiefe 17,1 m, seine mittlere Tiefe 8,2 m und das Volumen berechnet sich auf 115.180 m³ Wasserinhalt. Die 113 m × 200 m große

Seewanne wird rundum von Schutt- und Moränenmassen umgeben und fällt regelmäßig bis zum tiefsten Punkt ab. Die 10 m-Tiefenlinie umschließt eine Fläche von 4.644 m² (33 %), die 17 m-Isobathe von ca. 300 m² (2 %). Das graugrüne Wasser ist sehr klar, sodaß die Sichttiefe 9—10 m beträgt. Der Ausfluß durchströmt vor Verlassen des Kares noch einen weiteren See, dessen maximale Tiefe nicht über 1,5 m steigt. Nach klaren Nächten weist der See mit Ausnahme weniger Wochen (Mitte August bis Mitte September) morgens eine randliche feine Eisschicht auf, die Wassertemperatur betrug auch im Spätsommer keinen Wert über 5,5 ° C, sodaß der See bis auf eine kurze Zeit invers geschichtet ist und zu den polaren monomiktischen Seen gehört. Mitte August betragen die Wassertemperaturen bei zerfallender Eisdecke wie folgt: 0 m = 3 Grad, 1 m = 2 Grad, 3 m = 3,5 Grad, ab 4 m um 4 Grad. Das Schmelzen des Eises entzieht der darunterliegenden Wasserschicht Wärme, sodaß die Minimaltemperaturen nicht in der Schicht der Eisschollen, sondern darunter liegt.

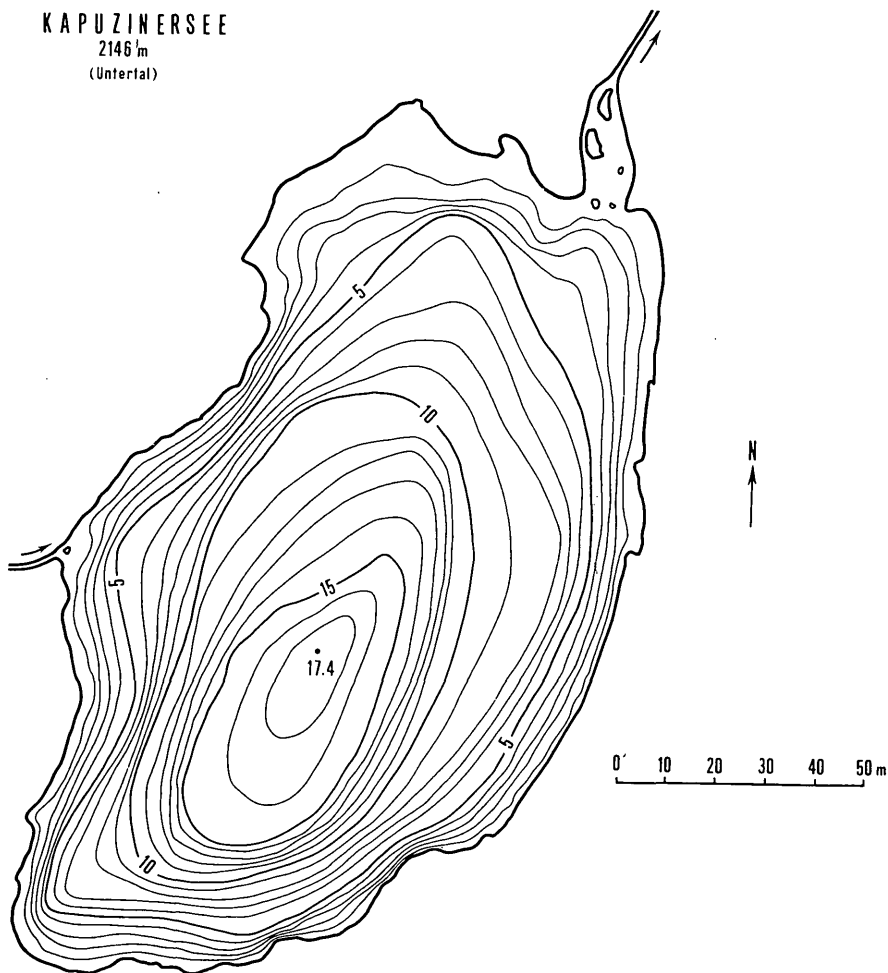


Abb. 8: Der Kapuzinersee im Lämmerkar (Riesachtal) (2146 m).

Der Hauptzufluß des Kapuzinersees ist der Abfluß des südlichen Klafferkessels, welcher in zwei Entwässerungssysteme geteilt ist. Der nördliche Teil entwässert zum Steinriesenbach, der südliche zum Riesachbach: Ein kaum überblickbares Gewirr von Rundhöckern bildet die geschwungene Wasserscheide. Der Klafferkessel ist eines der problemreichsten Kare der Schladminger Tauern, seine Ausdehnung und Vielfalt hat manche Theorien hervorgerufen (z. B. Erosion des Klafferbergs nach LUCERNA 1924). Fünf größere und fast zwei dutzend kleinere Seen sind im Kar verstreut; das Reizvolle daran ist, daß man von günstigen Punkten aus mehrere Seen zugleich übersieht, oft noch solche der Südseite (Salzburg) dazu, während der Blick nach Norden über das Untertal bis zum Dachstein reicht. Die Haupttrichtung des Klafferkessels liegt fast parallel zum



Abb. 9: Der Untere Klaffersee im Klafferkessel (2103 m).



Abb. 10: Der Untere Klaffersee von SE; man erkennt deutlich den zerschnittenen Felsriegel, der zugleich den Klafferkessel begrenzt (Aufnahme: H. NAGL, Sept. 1970).

Untertal, von welchem er durch den schmalen und steilen Grat Greifenberg (2618 m) — Rauhenberg (2585 m) getrennt wird. Im Süden grenzt ihn die Klafferschnede ab. Von beiden Graten ziehen Blockströme und Schutthalden auf den Karboden hinab; im Norden bricht das Kar unvermittelt ab, von der Stufe des Unteren Klaffersees (2103 m) kurz unterbrochen. Der Klafferkessel zeigt infolge seiner hohen Lage zwischen 2100 m und 2400 m geringe Jahrestemperaturen und lange Schneedeckenandauer, was sich entsprechend auf das Wärmeverhalten der Seen auswirkt. Ausgelotet wurden der Untere Klaffersee, der Rauhenbergsee und der Obere Klaffersee; bei den kleineren Seen wurde aus technischen Gründen jeweils nur eine Temperaturmessung vorgenommen. Aus den erfolgten Temperaturverlotungen und den morphometrischen Messungen sowie deren Vergleiche mit den ausgeloteten Seen ist zu schließen, daß die maximale Tiefe der größeren Seen (Törlsee, Klafferkogelsee usw.) 15 m, vielleicht maximal 20 m betragen dürfte, die der kleineren ist oft sehr gering (1—2 m). Eine Großzahl der kleinen Seen ist nicht nur während des Winterhalbjahres, sondern auch in kühleren Sommerperioden vollständig zugefroren; manche tauen infolge Schneebedeckung überhaupt nie oder nur lokal auf.

5. Der Untere Klaffersee (Abb. 9, 10 u. 11)

Der Untere Klaffersee in 2103 m SH liegt am Nordrand des Klafferkessels, in einer trichterförmigen Ausraumzone der Karstufe. Im Westen, Osten und besonders Süden fallen die Hänge sehr steil zum See ab (Abb. 10 u. 11), den Nordrand bildet ein Karriegel. Bei einer Fläche von 46.576 m² und einer maximalen Tiefe von 33,6 m war es der tiefste der untersuchten Seen. Auch seine mittlere Tiefe mit 17,5 m wurde sonst nicht erreicht, die Uferentwicklung war mit 1,14 dagegen minimal. Der nahezu kreisrunde See hat einen Wasserinhalt von 817.302 m³! In weiten Uferbereichen fällt der Grund mit Neigungen von 45—50 ° bis 20 m, stellenweise tiefer, ab; der weitere Seeboden senkt sich sodann allmählich bis er ziemlich in der Seemitte seine größte Tiefe erreicht. Bei einer Breite von 221 m (Länge 277 m) ergibt sich ein Verhältnis Breite : Tiefe wie 6,5 : 1, ein außerordentlich hoher Wert. Diese seltene Tiefe ist durch die Lage in der Stufe bedingt, wo der ehemalige Gletscher mit fast allen Eismassen des Klafferkessels herabkam.

Der See ist schwer erreichbar (kein Weg), sodaß er vor allem bei Schneelage nur einmal besucht werden konnte. Die Temperaturmessungen ergaben ganzjährig geringe Werte: Anfang September 1970 bei Lufttemperaturen um 14 ° betrug die Oberflächentemperatur nur 6,1 °, bereits in 0,5 m Tiefe nur mehr 5,2 ° und in 1 m Tiefe 4,8 °. Die Erwärmung ist also sehr gering, wofür zahlreiche Schneeschmelzwasser-Zuflüsse, aber auch die starke nächtliche Auskühlung verantwortlich sind. Am 19. September nach Schneefall und folgender klarer Nacht war die Lufttemperatur auf —4 ° C (7 Uhr) bzw. —0,5 ° (12. Uhr) gesunken, die Wassertemperaturen lagen an der Oberfläche um 3—4 °, wobei Wassertropfen, die auf die Oberfläche fielen, während des Fallens froren und auf der Seefläche mehrere Sekunden schwammen! (Das gleiche Phänomen zeigte sich auch am Oberen Klaffersee).

Bis auf eine in den See reichende Schutthalde am südöstlichen Ufer zeigt der See kaum Verlandungserscheinungen; bei der gegebenen großen Tiefe und Steilheit werden die Ufer von Akkumulationen nur wenig betroffen; nach Rekonstruktion der ursprünglichen Landoberfläche erhält man einen glazialen Ausraumwert von gut 100 m!

6. Der Rauhenbergsee (Abb. 12)

Einer Seekette, die in den Unteren Klaffersee entwässert, gehört auch der Rauhenbergsee in 2270 m Höhe an. Östlich des Rauhenberg gelegen, ist es der westlichste See des Klafferkessels, in der westlichen Karmulde eingesenkt. Bei einer Oberfläche von 30.822 m² erreicht er immerhin 25,1 m Tiefe und einen Inhalt von 325.448 m³ Wasser. Seine Wanne besteht aus zwei verschiedenen großen Becken. Das Hauptbecken stellt eine in Talrichtung (SW—NE) gelegene längliche Mulde dar, die beiderseits steil auf 20 m abfällt. Die 20 m-Isobathe nimmt noch 6.330 m² ein. Der flache Boden zeigt kleinere Subwannen mit 25,1 m, 24,8 m und 7,5 m Tiefe, letztere befindet sich ganz nahe des Ausflusses oberhalb des eigentlichen Seebeckens. Der kleinere westliche Abschnitt (4.360 m²) wird durch einen sublakustren Moränenwall, der sich auch am Land weiter gegen NW fortsetzt und das westliche Seeufer bildet, vom Hauptteil abgetrennt. Die Tiefe im Wallbereich beträgt nur zwischen 0,8 m und 2,2 m, das abgetrennte Becken sinkt bis 5,4 m ab und wird vorwiegend von unterseeischen Quellen (aus dem Blockwerk) gespeist. Im Osten erreicht der Hauptzufluß vom Klafferkogel- und Ödsee den Rauhenbergsee und baut unterhalb eines Wasserfalls sein Delta vor. Die letztgenannten Seen wurden nicht ausgelotet; auf Grund von morphologischen Beobachtungen und dem Vergleich mit den übrigen Seen liegt ihre Tiefe um 10 m—15 m; ihre Temperaturen sind durchwegs niedrig und lagen auch Anfang September nicht über 5 ° C!

7. Der Obere Klaffersee (Abb. 13 u. 14)

Der größte See des Klafferkessels ist der 2311 m hoch gelegene Obere Klaffersee mit 49.207 m² Fläche und 31,5 m größter Tiefe. Das spitz nach Norden zusammenlaufende und zum Kapuzinersee entwässernde Seebecken ist im Osten von steilen felsigen Hängen, im Westen auch von Blockwerk begrenzt und zeigt



Abb. 11: Der Untere Klaffersee vom Boot aus gegen S (Aufnahme: H. NAGL, Sept. 1970).

RAUHENBERGSEE
2270 m
(Klafferkessel, Unterart)

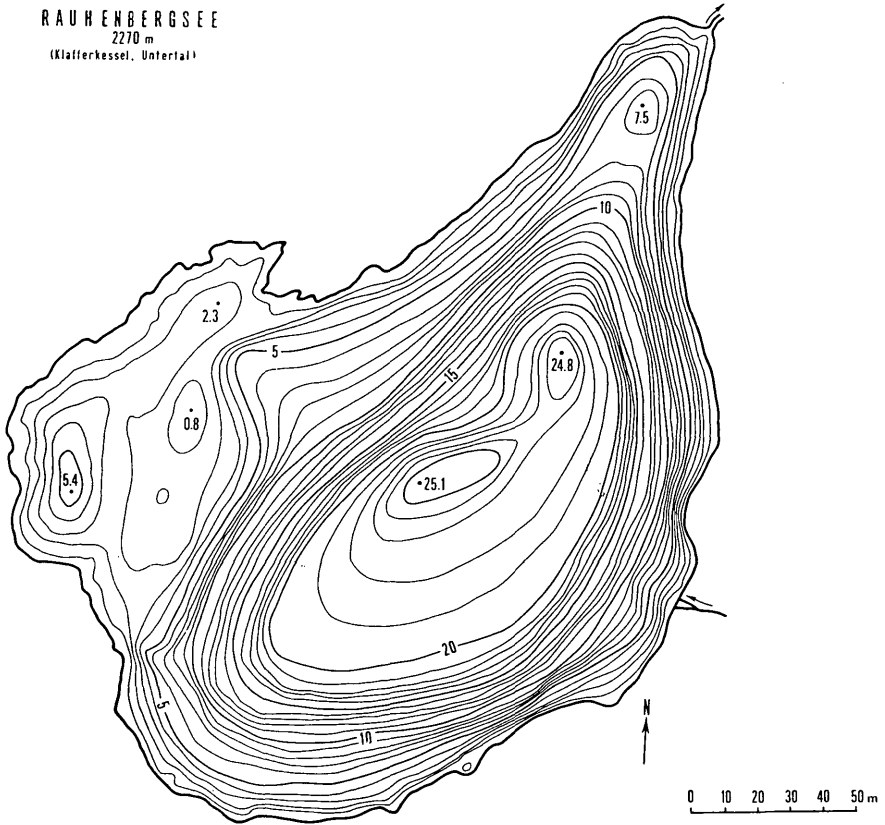


Abb. 12: Der Rauhenbergsee im Klafferkessel (2270 m).

zwischen 5 m und 15 m in der Längsrichtung Verflachungen, in welche eine weitere Mulde eingesenkt erscheint. Die 20 m-Tiefenlinie nimmt eine Fläche von $14.000 \text{ m}^2 = \text{fast } 30 \% \text{ ein}$, die 30 m-Isobathe umschließt nur mehr 1.460 m^2 . Bei einer mittleren Tiefe von 13,4 m beträgt der Wasserinhalt 659.200 m^3 . Die Wassertemperaturen liegen durchwegs unter 6° C , der See ist im Sommer nahezu isotherm, da ab 1,5 m Tiefe die Temperatur nur mehr knapp über 4° liegt. Bei dem einzigen Besuch im Winterhalbjahr 1969/70 Ende März 1970 wurde eine fünfschichtige Eisdecke mit insgesamt 0,8 m Mächtigkeit und eine darauf lagernde Schneedecke von 1,2 m gemessen; aus technischen Gründen konnten keine Messungen bis zum Seegrund durchgeführt werden. Mit Sicherheit ist der Obere Klaffersee (wie auch der Untere Klaffer- und der Rauhenbergsee wie die zahlreichen kleineren Seen) dem polaren monomiktischen Typ zuzuordnen. Zahlreiche kleinere Seen tauen überhaupt nicht auf oder sind mit Lawenfirn überdeckt. Beträgt der Abfluß des Sees auch nur $0,4 \text{ m}^3 \text{ sek.}$ (im Sommer), so sind durch die Seegröße und den Schneereichtum große Wassermassen gespeichert. Die Sichttiefe des Sees betrug 8 m, es waren nur Spuren pflanzlichen Lebens zu erkennen. Dennoch fanden sich bereits in 7—8 m Tiefe am Nordende Schlammdecken von 0,6 m vor, die minerogenen Ursprungs sind und durch Ausschwemmung aus Moränen in den See gelangten; im allgemeinen bedeckt Blockwerk den Seeboden.

OB. KLAFERSEE
2311m
(Klafferkessel, Untertal)

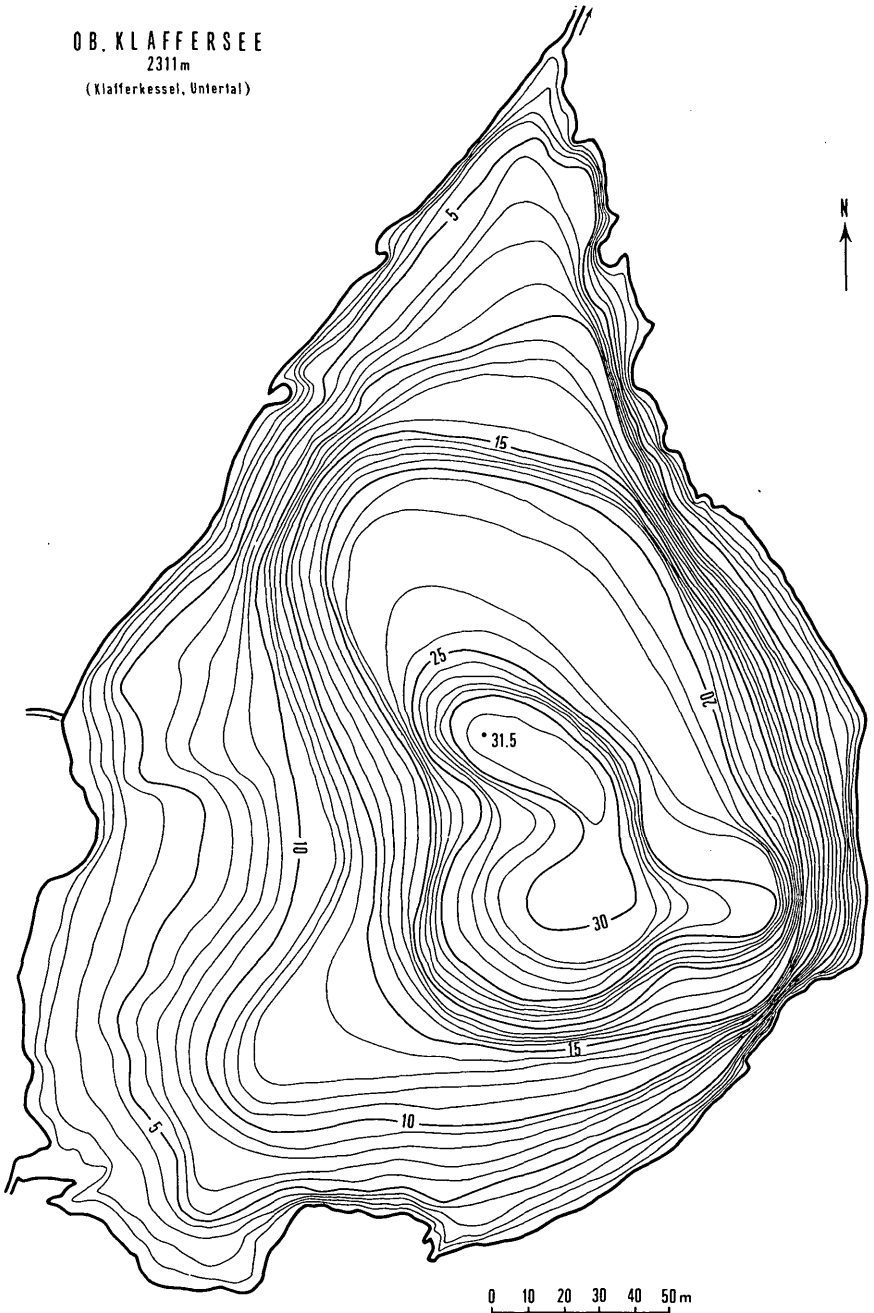


Abb. 13: Der Obere Klaffersee im Klafferkessel (2311 m).



Abb. 14: Der Klafferkessel vom Anstieg auf den Greifenberg; rechts: Oberer Klaffersee, im Hintergrund die Hochwildstelle (Aufnahme: E. KREISSL, 6. 8. 1956).

Nach den Vereisungsformeln ECKELS müßte der See erst Ende Oktober zufrieren und Mitte Juli wieder aufgehen; ob hier regionale Faktoren oder ein Ausnahmestadium vorliegt, konnte nicht geklärt werden. Bekanntlich stimmten die erkundeten Werte im Vorjahr und bei den tieferen Seen gut mit ECKELS Angaben überein, während Sonntagkarseen und Klafferkesselseen bedeutend längere Eisperioden aufwiesen; die eisfreie Zeit betrug beim Oberen Sonntagkarsee rund 5 Wochen, beim Oberen Klaffersee nur 4 Wochen. Nach Angaben des zuständigen Forstamts sind dies keineswegs unterdurchschnittliche Werte!

Damit seien die Untersuchungsergebnisse in den Schladminger Tauern abgeschlossen. Zusammenfassend sind alle morphometrischen Werte in der Schlußtafel zu finden. Besondere Angaben über Wärmehaushalt, Verschüttungsgeschwindigkeit und Wasserbilanzierung sind im Schlußkapitel für alle diesbezüglich untersuchten Seen gemeinsam angeführt.

B) Seen in der Hafnergruppe

Die Hafnergruppe nimmt als östlichster dem Tauernfenster zugehöriger Raum eine besondere Stellung in der Alpenmorphologie ein. Die Verbindung der altkristallinen Gurktaler Alpen mit den penninen Hohen Tauern ist daher auch ein oft diskutiertes Problem (zuletzt A. TOLLMANN 1969). Es ist nicht Gegenstand dieser Arbeit, auf dieses Problem näher einzugehen; fest steht, daß auf Grund einer intensiven und langdauernden Heraushebung die Hohen Tauern die östlich des Katschberg anschließenden Gurktaler Alpen um rund 1000 m überragen. Dieser Höhengleichung verdanken sie den vollen glazialen Formenschatz, wobei postglaziale Gletscher weitere Differenzierungen gebracht haben. In den innersten Talwinkeln finden sich noch heute kleine Kar- und Blockglet-

scher, über die an anderer Stelle berichtet wird (voraussichtlich Carinthia II, Klagenfurt).

Wenn auch die Zentralgneise überwiegen, so stellt sich im Bereich der geologischen Silbereckmulde ein ziemlich komplettes Schieferhüllenpaket ein, welches von verkarstungsfähigem Marmor, weichen Glimmerschiefern und Seriziten eine bunte Gesteinspalette bis zu den harten, oft gipfelbildenden Amphiboliten zeigt. Das Pöllatal endet in ca. 2100 m an einem Trogschluß, nachdem der Lieserfall eine erste Steilstufe anzeigt. Oberhalb des Talschlusses liegen mehrere Kare, unter denen im „Lanisch“ das Seekar mit den *Lanischseen* und im Eben Lanisch der Eben-Lanisch-See (2368 m) unser Interesse anziehen. Alle Seen weisen infolge des Marmorbandes Abflüsse mit unterirdischen Laufstücken auf, der Lieserursprung und die Torbachquelle sind die markantesten Austrittsstellen des unterirdischen Wassers. Die Karböden selbst sind meist flach, die Seen neigen zur raschen Verlandung. Nur der Obere Lanischsee ist an drei Seiten von steilen Fels- und Haldenhängen umgeben. Die Seen werden durch Wann zwischen Rundhöckern und jungstadialen Moränen (überwiegend Daun) verursacht. Ihre Gliederung geht auf frührezepte Moränen (Eben-Lanischsee) und Schutthalde bzw. Blockmassen (Lanischsee) zurück. Besonders auffällig ist die starke Blockgletscherbildung im Umkreis der Seen, welche für die starken periglazialen Verwitterungsvorgänge spricht. Die teilweise von rezenten Gletschern kommenden, vor allem aber fast immer unter den Blockhalden fließenden Zuflüsse bringen viel Feinmaterial mit, sodaß die Schlammzufuhr und minerogene Verlandung sehr stark ist (siehe besonders Vord. Lanischsee).

Die Abflüsse sind, wie bemerkt, durch Verkarstungsvorgänge gekennzeichnet. So verschwindet der Lanischseebach nach einigen hundert Metern in einem Ponor, welches am Ostrand einer ausgedehnten Doline liegt, um an zwei Stellen wieder zu erscheinen. Der Eben Lanisch See versinkt in einem Schluckloch, welches im Marmor unterhalb der Moräne entwickelt ist. Die Quellen im Eben Lanisch Kar entspringen an der Grenze Marmor/Phyllit bzw. Marmor/Gneis und zeigen zum Gutteil das Wasser des Sees, wenn auch um seitliche Zuflüsse vermehrt; dieser unterirdische Weg dauert trotz der geringen Entfernung von nur 0,7—1,3 km mehrere Stunden, das Wasser wird dadurch gut gefiltert (Von sechs Quellen konnte bei 3 ein Zusammenhang mit dem Seeabflußponor durch *Lycopodium*-Sporen erbracht werden). Da es sich bei allen Lanischseen um sehr kleine Wasserreservoirs handelt, wurde auf genauere Untersuchungen der Abflüsse verzichtet, um so mehr, als vor allem die Karstquellen für eine eventuelle Nutzung herangezogen werden können.

1. Der Vordere Lanischsee (Abb. 15 u. 16)

Nach Durchqueren der beschriebenen Karstmulde erreicht man in 2226 m den von einer Moräne aufgestauten Vorderen Lanischsee, dessen Wasseroberfläche 14.373 m² beträgt. Der hinter der Moräne befindliche Talraum barg einst einen viel größeren See, der infolge der Seichtheit bis auf den heutigen Rest verlandet ist. Auch letzterer zeigt nur mehr auf eine Fläche von knapp über 2000 m² (14,2 %) Tiefen über 1 m, 8.800 m² (61 %) sind weniger als 0,2 m tief! Das seichte Schlammgebiet ist von prielartigen Tiefenfurchen durchzogen, die bei Niedrigwasser entstanden sind und während dieser Zeiten als Gerinnebetten fungieren. Die Verlandungsformen werden am Schluß eingehender beschrieben. Im NW, knapp an einer steilen Schutthalde, befindet sich eine Mulde mit 4 m maximaler Tiefe. Die mittlere Tiefe beträgt hier 1,8 m, die des gesamten Sees nur 0,5 m, das Volumen 7.289 m³, wovon 60 % auf die kleine Mulde entfallen.

VORD. LANISCHSEE
2226 m
(Pöllatal)

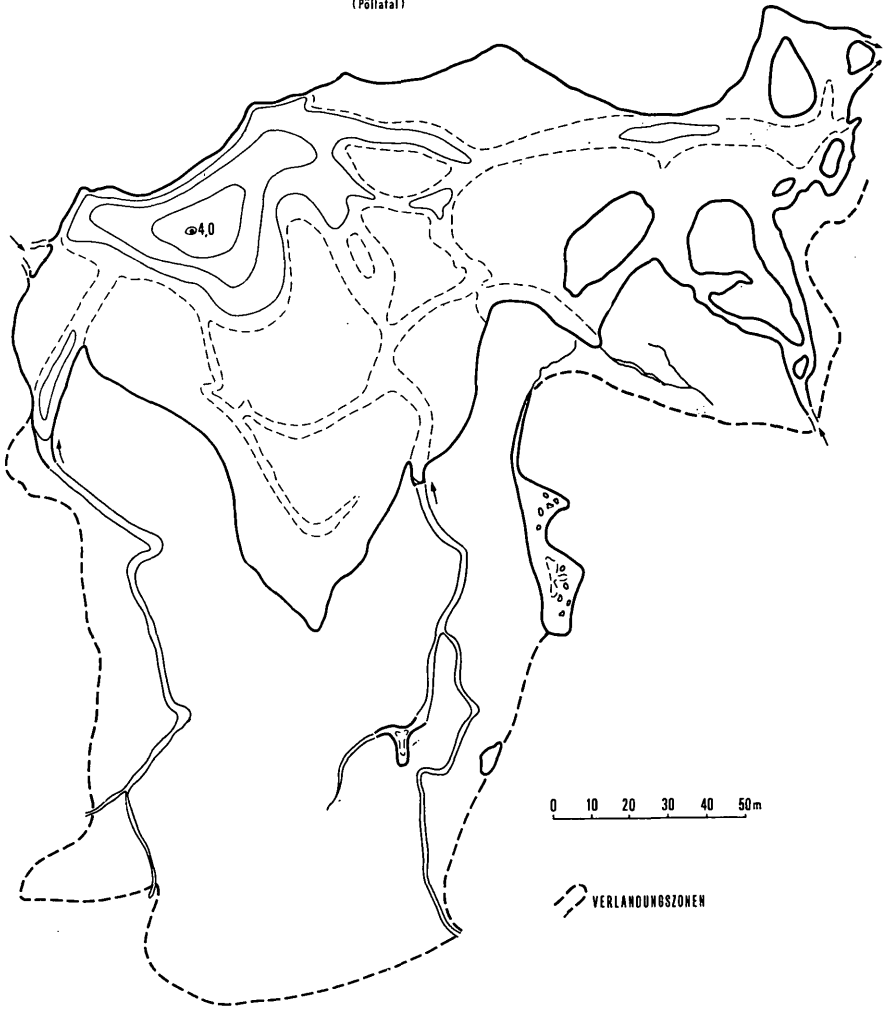


Abb. 15: Der Vordere Lanischsee im Pöllatal (2226 m).

Die zahlreichen Buchten und Inseln führen zu einer Uferentwicklung von 2,07. Die Sichttiefe reicht bis zum Grund, die Temperaturen steigen im Sommer trotz des Gletscherwassers als Zufluß auf 10 ° C, im Winter dürfte der Großteil des Sees bis auf den Grund zufrieren, da bereits im Herbst der Wasserstand so tief gefallen war, daß weite Schlammflächen an die Oberfläche kamen.

Neben der Verlandung durch Anschwemmung von Feinmaterial und der Schlammabfuhr im See müssen auch hier die Lawinen an zweiter Stelle für Grobmateriallieferung genannt werden; erst sekundär sind die Schutt- bzw. Blockhalden zu nennen, die jedoch in dieser Höhe geringe Veränderungen bei dem derzeit herrschenden Klima zeigen (Abb. 16).

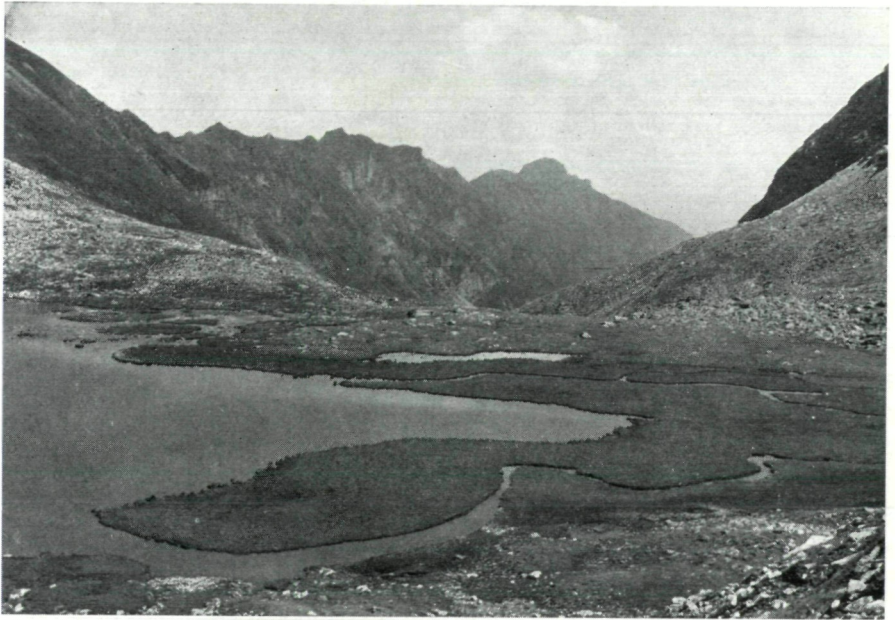


Abb. 16: Der Vordere Lanischsee gegen das Pöllatal (Osten); die Anlandungen treten deutlich hervor (Aufnahme: H. NAGL, August 1969).

2. Der Hintere Lanischsee (Abb. 17)

In einer westlich aufsteigenden Felsstufe ist der Hintere Lanischsee in 2265 m eingebettet, welcher von einem Nebenarm desselben Baches (Bifurkation) durchflossen wird, der auch den Vorderen See erreicht; der Abfluß des Hinteren mündet in den Vorderen Lanischsee ein. Der fast gleich große See (14.078 m²) ist allerdings an eine Felswand gebunden und deshalb auch tiefer (7,1 m). Im Norden wird das Felsbecken von Schutthalde begrenzt, im Süden erleidet der See ein ähnliches Schicksal wie der Vordere LS. Fast 4000 m² zeigen nur mehr Tiefen bis zu 0,5 m (dazu noch eine Insel), die deutlich eine Versandung durch den Zufluß anzeigen. Westlich des weitvorgesobenen unterseeischen Deltas sinkt der See noch auf 3,1 m ab und steht mit dem Hauptteil der Tiefenmulde in Verbindung, östlich wurde ein kleines 1,8 m tiefes Nebenbecken durch die Schlammbank abgeschnürt. Im nördlichen Teil umfaßt die 5 m-Isobathe noch 2.084 m², das sind 15 % der Seeoberfläche mit dem seichten Areal bzw. 22 % der von der 1 m-Isobathe umschlossenen Fläche. Südlich des im Gesteinsstreichen angelegten Sees findet sich der Rest eines weiteren kleinen, bereits verlandeten Sees, der jedoch einer Seespiegelsenkung durch Tiefenerosion des Ausflusses zum Opfer gefallen ist.

Das Volumen des Sees beläuft sich auf 35.122 m³, 91 % davon finden sich im nördlichen Abschnitt. Die mittlere Tiefe beträgt mit dem Flachseebereich 2,5 m, im tieferen Teil allein 3,56 m. Das Verhältnis Tiefe zu Breite wurde mit 1:14 errechnet und liegt damit zwischen den Werten der Sonntagkarseen (maximale Breite 102 m, maximale Länge 199 m). Die Wassertemperaturen sind mit 5,1 ° (August) und 4,6 ° (Ende September) merklich geringer als im Vorderen See. Der pH-Wert liegt bei beiden Seen um 6,2, die Härte bei 4 ° dt. H. (Marmorbänder im Umkreis, dem Verband der Silbereckmulde zugehörend).

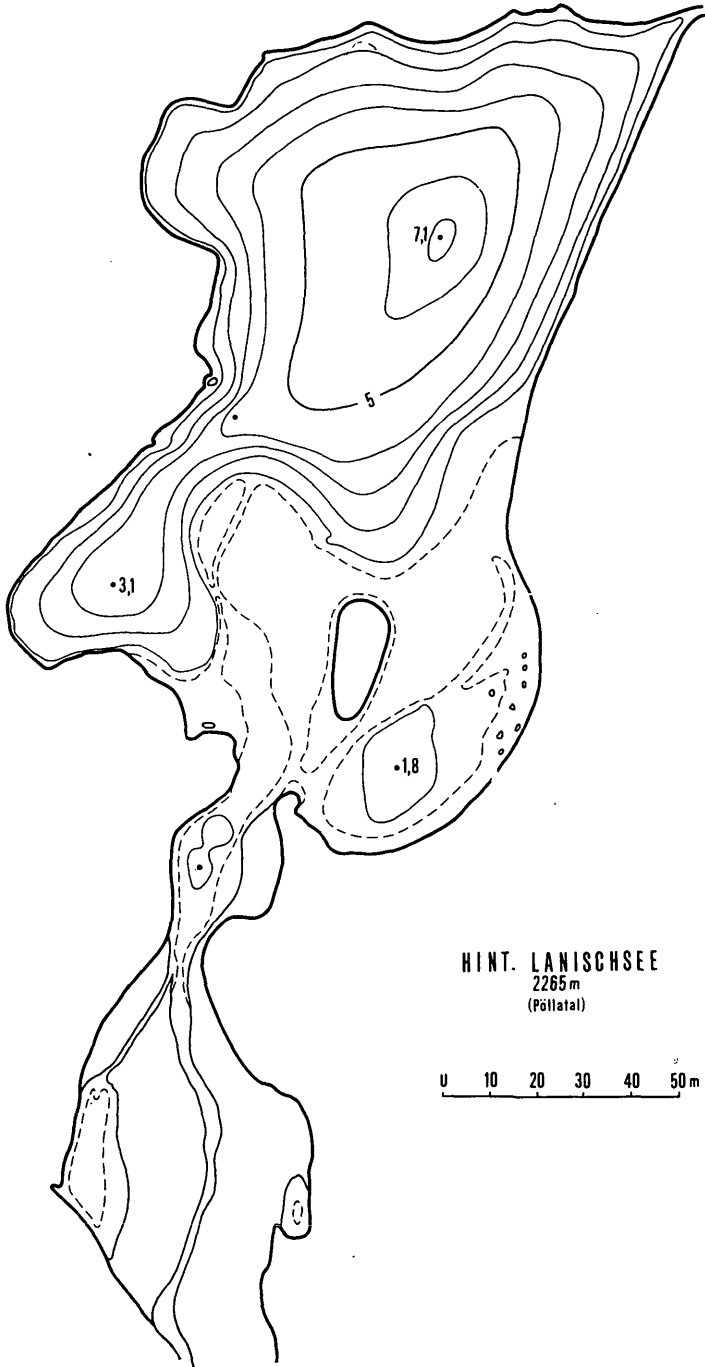


Abb. 17: Der hintere Lanischsee im Pöllatal (2265 m).

3. Der Eben-Lanischsee (Abb. 18 u. 19)

Er war der letzte der untersuchten Seen und liegt am Südrand des Eben-Lanisch-Kares in 2368 m Höhe. Seine geomorphologische Umgebung wurde einleitend beschrieben; sie ist durch Verkarstungserscheinungen einerseits, durch große Moränen- und Blockmassen andererseits bestimmt. In einer flachen Mulde, die durch Rundhöcker und Moränenwälle gegliedert wird, findet sich der nur 3,2 m tiefe, stark verzweigte See, dessen Oberfläche 36.439 m² beträgt. Sein größter Durchmesser beträgt als Luftlinie 356 m, auf freier Wasserfläche 251 m. Bei einer mittleren Tiefe von 0,93 m wurde das Volumen mit 33.728 m³ berechnet. In 1 m Tiefe nimmt die Fläche 22.800 m² (ca. 63 %), in 2 m 3.580 m² (knapp unter 10 %) und in 3 m 138 m² (0,4 %) ein. Die Uferentwicklung erreicht mit 2,7 einen Maximalwert, das Verhältnis Tiefe : Breite entspricht 1 : 78. Trotz der großen Seehöhe finden sich zahlreiche Fische (Saiblinge) im See vor, die allerdings infolge der unwegsamen Lage nicht verwertet werden. Der oligotrophe See weist trotz geringer Temperaturen (Mitte Juli 5,5 ° C, Mitte August 7,1 ° und Mitte September 6,1 °) einige Algenarten und ufernahe Moospolster auf; daneben treten Schwingrasengesellschaften wie bei den beiden Lanischseen knapp an den See heran bzw. lokal im Seegebiet auf. Die Verlandung ist flächenmäßig gering, bei Bachmündungen treten Sanddeltas und Kiesbänge auf, sonst überwiegt bei weitem die Verschüttung durch von Lawinen mitgebrachtes Material und im Osten durch einen absteigenden Blockgletscher (Abb. 19).

Damit konnten in den Jahren 1969 und 1970 erstmals 16 Seen erstmals ausgelotet und ihre Tiefenverhältnisse kartographisch erfaßt werden. Dazu kamen Temperaturmessungen sowie einige chemische Angaben. Vor allem aber wurden Untersuchungen über die Verlandungsvorgänge ausgeführt und eine Wasserbilanzversuch versucht. Diesen Ergebnissen mit allgemeinerer Bedeutung sei der dritte Abschnitt gewidmet.

C) Wärmehaushalt und Verlandungsgeschwindigkeit der Seen Wärmehaushalt

Die Temperaturlotungen der Seen ergaben in verschiedener Höhenlage Werte, die nicht parallel den Lufttemperaturen lagen, sondern infolge der thermischen Trägheit des Wassers umso stärkere Abweichungen zeigten, je höher oder ungünstiger der betreffende See lag. Nach der Abnahme der Temperatur mit der Tiefe ließen sich deutlich zwei Seengruppen voneinander trennen, die Grenze zwischen ihnen verläuft in den Niederen Tauern in ca. 1600 m, in den Hohen Tauern in ca. 2000 m. Erstere zeigen eine deutliche sommerliche Sprungschicht und eine inverse winterliche Schichtung; sie gehören den dimiktischen Seen an (sie sind alle bis auf den Trichter des Bodensees zugleich holomiktisch). Die zweite Gruppe muß zu den monomiktischen (polaren) Typ gerechnet werden, da sie im Sommer eine Zirkulationsphase aufweisen, sich jedoch keine Temperaturschichtung stabilisiert. Nur an wenigen Sommertagen kommt es zu einer echten Schichtung, die jedoch nachts meist wieder abgebaut wird (Klafferkeselseen).

Die Lage der sommerlichen Sprungschicht ist bei den einzelnen Seen sehr verschieden tief ausgebildet und vor allem von Strömungsverhältnissen, aber auch der Wetterlage abhängig. Nach wiederholten Messungen ergaben sich folgende kurz gefaßte Sachverhalte (Tiefenlage der Sprungschicht sowie Temperaturen an deren Ober- bzw. Untergrenze Durchschnittswerte):

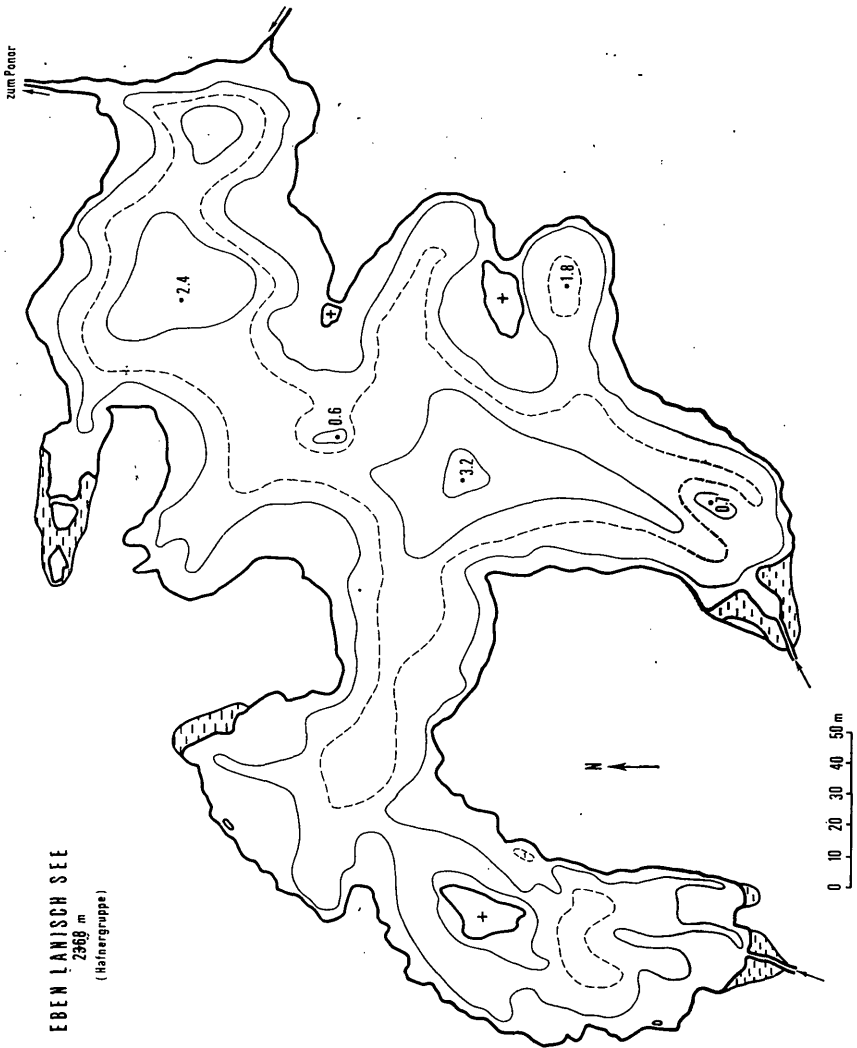


Abb. 18: Der Eben-Lanischsee im Pöllatal (2368 m).

Tab. 1:

I: tiefer gelegene Seen:

Schwarzensee: 8—12 m, 11,5°—9,0° C

Bodensee: 3—5 m, 12,0°—7,8° C

Riesachsee: 5—8 m, 11,5°—8,5° C

II: höher gelegene Seen:

Hüttensee: 0—2 m, 7,2°—5,5° C

Obersee: 0—2 m, 6,8°—5,4° C

Ob. Sonntagks. 0—1 m, 6,1°—4,9° C

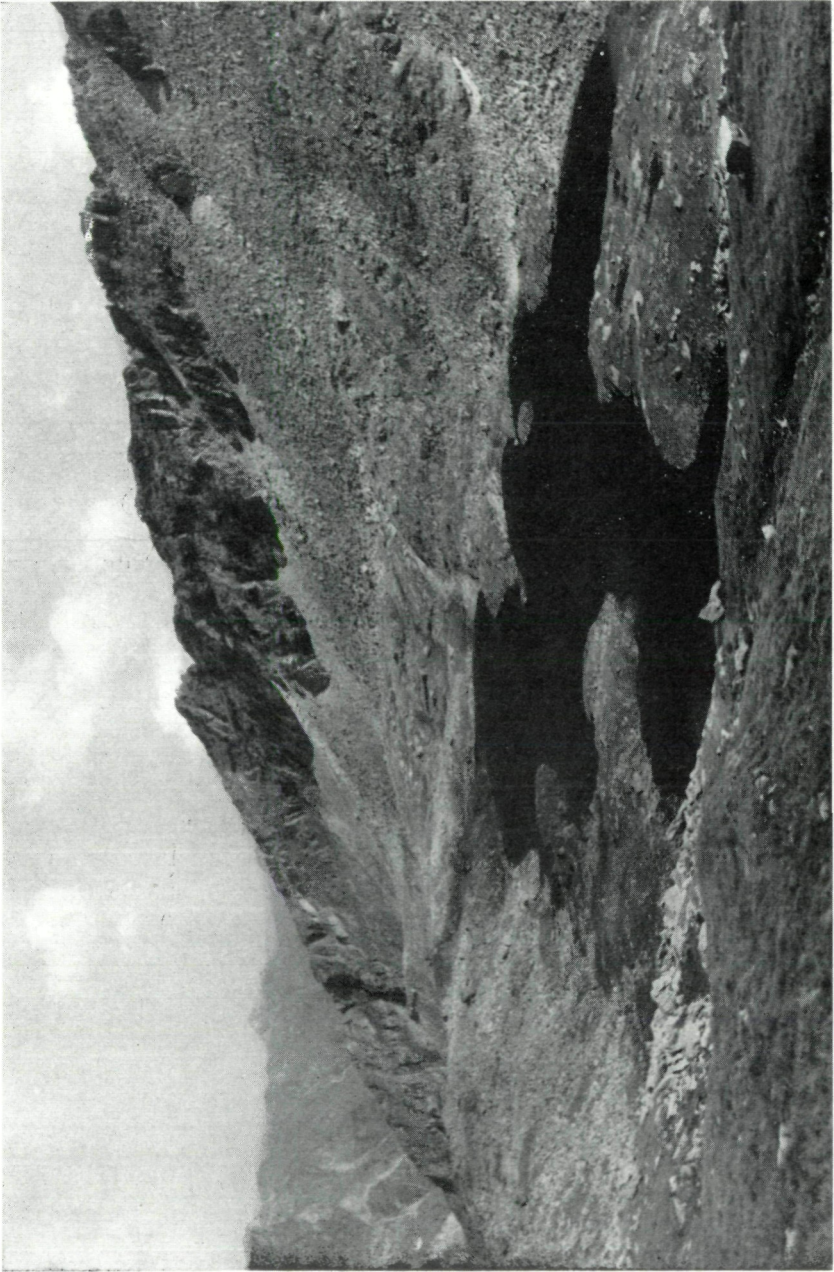


Abb. 19: Der Eben-Lanischsee vom Waschgang: Rundhöcker und Moränen gliedern die Seefläche (Aufnahme: H. NAGL, August 1970).

Daraus ergibt sich, daß bei den hochgelegenen Seen keine Sprungschicht im eigentlichen Sinn entwickelt ist, sondern nach starker Abnahme von der Oberfläche ab 1—2 m Tiefe der See nahezu homotherm ist. Die oberste Schicht zeigt eine häufige Teilzirkulation, die vom Tageswetter abhängig ist. Je höher der See liegt, umso kürzer wird diese Phase, sie wird zwischen Ende und Beginn der Vereisung eingeengt und beträgt über 2300 m nur mehr 4—6 Wochen (Oberer Klaffersee, Eben-Lanischsee).

Die winterliche Eisdecke ist, wie O. ECKL zeigen konnte, in erster Linie von der Seehöhe (bei gemeinsamer Klimazone der Seen) abhängig. Die von ihm entwickelten Formeln entsprachen in tiefen und mittleren Gebirgslagen durchaus den Beobachtungen, in größeren Höhen waren größere Abweichungen in Richtung längerer Eisbedeckung häufig. Sie scheinen ihre Ursache in der Nordlage am Fuß steiler Felswände zu haben, die sich für den Wärmehaushalt ungünstig auswirkt: Die Strahlungsbilanz fast aller Hochseen ist von Herbst bis Frühsommer negativ.

In den Schladminger Tauern ergeben sich folgende Mittelwerte:

- a) tiefere Seen (1000 m—1400 m): Vereisungsbeginn Dezember, Vereisungsende April bis Mai.
- b) höhere Seen (1400 m—1900 m): Vereisungsbeginn November, Vereisungsende Mai bis Juni.
- c) Hochseen (1900 m—2400 m): Vereisungsbeginn September bis Oktober, Vereisungschluß Juli bis August.

Beobachtungen in den Hohen Tauern zeigen ähnliche Werte, die jedoch allgemein eine 1—2 Wochen kürzere Vereisungszeit ergeben; als Grund kann nur die größere Gesamthöhe und — zumindest für die Lanischseen — auch die geringere Schneemenge angegeben werden. Letztere verbraucht zur Schmelze große Wärmemengen, wie bei Temperaturlotungen im April und Mai am Riesachsee festgestellt werden konnte. Die Eisdicke betrug Anfang Jänner 0,3 m (Bodensee) — 1,0 m (Sonntagkarseen) und bestand aus Eis mit Schneematsch — Zwischenlagen. Am Oberen Sonntagkarsee betrug Ende Juli die Eis-Schneematschdecke noch 0,3—0,4 m!

Am Riesachsee konnte bei den Temperaturuntersuchungen, wie gesagt, eine Erscheinung bestätigt werden, die für den Wärmehaushalt von einiger Bedeutung ist. Im Frühjahr nimmt bei noch geschlossener Eisdecke die Temperatur der obersten Wasserschichten zuerst zu (Schutz vor Ausstrahlung), sobald der Eiszerfall einsetzt und die Eisschollen abschmelzen, sinkt die Temperatur stark ab, da zur Eisschmelze den nächsten Wasserschichten Wärme entzogen wird: In 1 m Tiefe betrug die Wassertemperatur im Winter 1,5 ° (Jänner) und 2,2 ° (März); während des Eiszerfalls (Mai) sank sie jedoch wieder auf 0,8—1,2 ° C (mehrere Messungen). (Abb. 20).

Verlandungsgeschwindigkeit

Durch die Streuung der Seen in bezug auf Meereshöhe und morphologische Umgebung (Relief) war es möglich, bestimmte Faktoren der Verlandung aus vergleichenden Beobachtungen zu gewinnen. Einen wichtigen Wert stellte dabei das absolute Alter der Seen dar, welcher auf Grund der Moränenstände genügend genau abgeleitet werden konnte. Der zweite Grundwert ergab sich aus der Verlandungsfläche, die in Prozenten der rekonstruierten ursprünglichen Gesamtsee-fläche angegeben werden konnte (siehe Tabelle). Die Verlandung selbst konnte

SEEPROFILE (W - E)

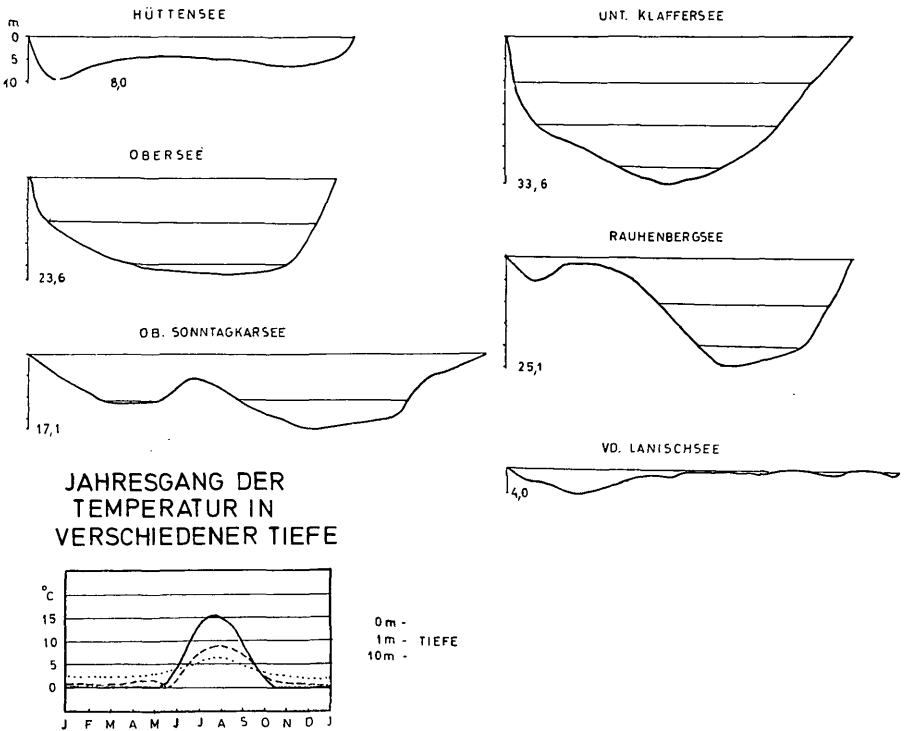


Abb. 20: Charakteristische Seeprofile, jeweils in W—E-Richtung durch die tiefste Stelle bei einer Überhöhung von ca. 1,5. Temperaturdiagramm verschiedener Wassertiefen am Riesachsee (Mittel 1969 und 1970). Die dick ausgezogene 0°m-Linie entspricht der Eisdeckenandauer.

drei Faktoren zugeschrieben werden: Der fluviatilen Verschüttung, der biologischen Verlandung und den nivalen bzw. periglazialen Kräften durch Lawinen, Blockhalden, Schuttströme und Steinschlag. Die Zukunft der Seen und die Verlandungsgeschwindigkeit wurden daraus abgeleitet; sie könnten durch Bohrungen im bereits verlandeten Gebiet und den Sedimenten am Seegrund weiter präzisiert werden. — Alle Seen, die untersucht wurden, liegen zwischen 1150 m und 2370 m und können daher sowohl für die Waldregion, für die Zone der Wald- und Baumgrenze als auch für die Almregion (lokal sogar für die Schuttregion) als Charakterseen einer Stufe bezeichnet werden. Wie stark nun die allgemeine Höhenlage und wie stark ökologische Verhältnisse die Art und Geschwindigkeit der Verlandung beeinflussen, zeigt ebenfalls folgende Tabelle. Die „ältesten“ Seen der tieferen Lagen können maximal in der heutigen Gestalt auf das Ende der Steinachphase zurückgehen, wie sich aus den Moränenlagen ergibt (s. auch SENARCLENS-GRANCY); ihre erste Verlandungsphase fällt somit in das Alleröd. Die höheren Seen (mittlere Lage um 1500 m) lagen während des Gschnitzstadiums noch unter Eis und begannen erst in der Folgezeit zu ver-

landen. Die Seen oberhalb der heutigen Waldgrenze liegen in Karen, die noch daunzeitliche bzw. egesenzeitliche Gletscher bargen. Möglicherweise sind auch noch spätere Gletschervorstöße in das Gebiet der höchsten Karwannen gekommen (Lanisch Seen). In dieser Höhe ist die Dauer der Verlandung noch kurz und die Verlandungsfläche gering, wenn nicht lokale Einflüsse größere Veränderungen bewirken. Die biologischen Vorgänge werden weitgehend von der Luft- und Wassertemperatur bestimmt, nehmen daher mit der Höhe rasch ab (s. Abb. 21 u. 22), die Verschüttung durch periglaziale und nivale Kräfte entsprechend stark zu!

Die folgende Tabelle gibt neben dem Mindestalter der kontinuierlichen See-Entwicklung das Verlandungsgebiet in Prozenten der ursprünglichen Seefläche sowie das Verhältnis von fluviatilen : biogenem : nival/periglazialen Anteil in dem Verschüttungsgebiet.²⁾ — 1. Niedere Tauern, 2. Hohe Tauern.

T a b. 2 :

See	Seehöhe (m)	Mindestalter ^{*)}	Verland. %	Verhältnis ^{**)} fluv. : biol. : niv.
1. Schwarzensee	1150	Alleröd	48	54 : 40 : 6
Bodensee	1149	Postgschnitz	29	66 : 31 : 3
Riesachsee	1338	Postgschnitz	58	72 : 27 : 4
Hüttensee	1503	Postdaun	15	55 : 2 : 43
Obersee	1672	Postdaun	8	43 : 2 : 55
U. Sonntagkarsee	1962	Ältere	ca. 5	60 : 0 : 40
O. Sonntagkarsee	2064	postglaziale	ca. 5	50 : 0 : 50
U. Klaffersee	2103	Wärmezeit	ca. 5	5 : 0 : 95
Kapuzinersee	2146	Ä. p. W.	10	20 : 0 : 80
Rauhenbergsee	2270	Ä. p. W.	8	15 : 0 : 85
O. Klaffersee	2311	Ä. p. W.	5	10 : 0 : 90
2. U. Höhkarsee	1900	Postdaun	64	80 : 18 : 2
O. Höhkarsee	2027	Postgschnitz	15	10 : 1 : 89
V. Lanischsee	2226	Postdaun	61 (85)**)	70 : 10 : 20
H. Lanischsee	2265	Postdaun	8 (35)**)	80 : 5 : 15
Eben Lanisch S.	2368	Ä. p. W.	ca. 10	5 : 0 : 95

*) Alleröd: Beginn ca. 10.000 B. P., Ältere postgl. Wärmezeit Beginn ca. 8.500 B. P.

***) Die Werte in Klammer geben die Verlandungsfläche bei Minimalwasserstand an, wenn die Schlammbänke bereits trocken liegen, was im Spätherbst eintreten kann.

Bei der Übersicht fallen einige Unterschiede zwischen den Seen der Niederen und Hohen Tauern sofort auf: Spielt die biologische Verlandung oberhalb 1700 m in den Schladminger Tauern überhaupt keine Rolle mehr, so ist sie in den Hohen Tauern bis hoch hinauf (fast 2300 m) als wichtiger Faktor zu nennen. Dies ist ein guter Hinweis auf die Gunst der höheren Gesamterhebung und die orographische Lage der Seen. Dennoch kann ein bedeutenderer Anteil der biologischen Verlandung nur in der Zone unterhalb der Waldgrenze festgestellt werden; bereits ab 1500 m sinkt der Anteilswert stark ab. Ein weiterer bemerkenswerter Unterschied liegt in der Bedeutung der Verlandung überhaupt

2) Die Verlandung wurde dann als biogen bezeichnet, wenn bis mindestens 1 m Tiefe Torfschichten ergraben wurden. Darunter folgt fast immer Sand fluviatiler Herkunft, der volumsmäßig immer den größten Anteil an der Verschüttung hat. In den angegebenen Fällen ist das Verschwinden der offenen Wasserfläche jedoch nicht auf fluviatile Verschüttung, sondern auf die darauf aufbauende biologische Verlandung zurückzuführen.

KORRELATION DER VERLANDUNGSMEDIEN

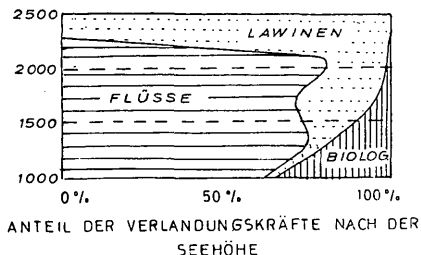
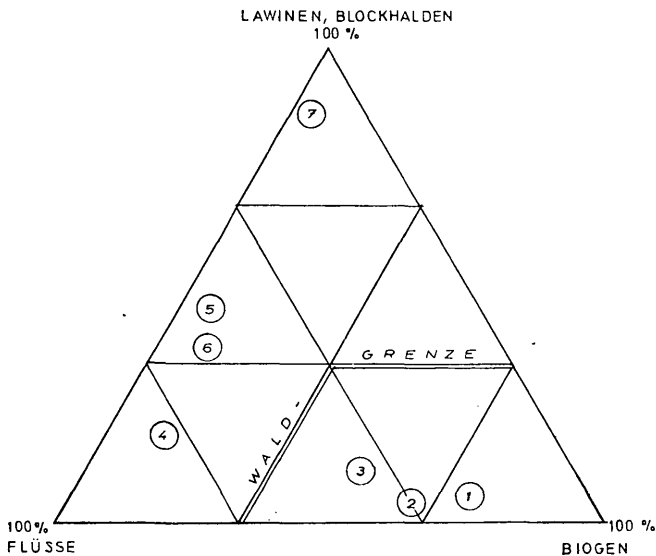


Abb. 21: Verhältnis der wichtigsten Verlandungsmedien zueinander. Die Waldgrenze ist als Näherungswert zu verstehen, da z. B. der Hüttensee noch unter der Waldgrenze, aber bereits außerhalb von dieser im Diagramm liegt, weil Reliefaktoren überwiegen.

1 = Schwarzensee, 2 = Bodensee, 3 = Riesachsee, 4 = Vorderer Lanischsee, 5 = Hüttensee, 6 = Obersee (annähernd auch Sonntagkarseen), 7 = Eben Lanisch See, Klafferseen.

Das untere Diagramm zeigt deutlich die rasche Abnahme des biogenen Verlandungsanteiles mit der Höhe, die oft von orographischen Faktoren abhängige Bedeutung der fluviatilen Verschüttung und das Überwiegen der nivalen und periglazialen Komponente oberhalb 2000 m.

(fluvial verursacht): Die höheren Seen der Niederen Tauern sind wenig verlandet (5—10 %), die Seen der Hohen Tauern in gleicher Höhe hingegen sehr stark (bis 64 bzw. 85 %). Die Ursache ist vor allem in der größeren Höhe der Seeumrahmung zu suchen, welche eine stärkere Abtragung erfährt und daher auch mehr Material an die Flüsse liefert; auch die zahlreichen feinmaterialreichen Blockgletscher des Pöllatales (Lanisch, Seekar) beliefern die Schmelzbäche mit Sand und Schluff. Hingegen ist in beiden Gebirgsgruppen die Bedeutung der Lawinen und Blockhalden nicht zu übersehen. Bis zu 95 % der Gesamtverschüttung gehen auf sie zurück; vermindern Schutthalden, Blockströme und Steinschlag vor allem die Seefläche, so verringern die Lawinenabgänge, die meist auf den gefrorenen See hinaus reichen, das Volumen, wie beim Eben-Lanisch-See gezeigt werden konnte (ein Lawinenabgang vom Osthang herab breitete sich auf eine Fläche von ca. 2000 m² aus und brachte rund 15 m³ Gestein mit!). (Abb. 21).

Zu lokal bedingten Sonderformen sind folgende Erscheinungen zu zählen: Der Riesachsee zeigt in den Niederen Tauern die höchste Verlandungsquote; dies ist auf das große, moränen- und haldenreiche Einzugsgebiet zurückzuführen. Ähnliche Gründe müssen beim Unteren Höhkarsee und Vorderen Lanischsee genannt werden. Ist die biologische Verlandung beim Höhkarsee eine zweite wichtige Ursache (Lage in der Almregion), so ist der Lanischseezufluß durch die vegetationsarme Höhenzone und das Fehlen eines höheren Sees, wo bereits Ablagerung stattfinden könnte, überaus materialbeladen, besonders in wasserreichen Zeitabschnitten.

Eine wichtige Beobachtung konnte auch bei der Untersuchung der verlandeten Räume gemacht werden. Verlandungsgeschwindigkeit und Verlandungsmittel zeigen unterhalb der Waldgrenze nahezu gesetzmäßige Änderungen, die in der Alm- und Schuttregion fehlen; sie konnten vor allem bei Schwarzen-, Boden- und Riesachsee festgestellt und teilweise ausgewertet werden.

Die eine Beobachtung, welche schon im Vorjahr beim Unteren Höhkarsee beschrieben wurde, ergibt eine Beschleunigung der Verlandung in den letzten Jahrzehnten. Sie muß klimatologische Ursachen haben, da sie allgemein verbreitet und auch in unbesiedelten Räumen (Höhkarsee) zu erkennen ist. Die andere Erscheinung liegt weiter landein und ist durch einen Wechsel von der fluvialen zur biologischen Verlandung bzw. durch eine Korngrößenänderung charakterisiert. Auf Grund der zeitmäßigen Berechnungen liegt das Alter dieses „Sprunges“ 400—600 Jahre zurück; er tritt ausnahmslos bei den tieferen Seen auf. M. E. kann man die Veränderung nur in Zusammenhang mit dem Eingriff des Menschen in die Natur während der Besiedlung bringen. Es können daher bei Schwarzensee, Bodensee und Riesachsee drei Phasen der Verlandung festgestellt werden: eine älteste, in welcher klimatische Veränderungen nicht mehr rekonstruiert werden können, eine mittlere, die in Zusammenhang mit Rodung und Almwirtschaft zu stehen scheint und eine jüngste, die auf rezente Klimaveränderung zurückzuführen ist und durch meteorologisch-klimatologische Beobachtungen gestützt werden kann.³⁾ Die folgende Tabelle soll die wesentlichsten Unterschiede im Verlandungsgebiet der drei genannten Seen aufzeigen.

Vergleicht man die Werte der jährlichen Verlandung und versucht, sie möglichst genau aus den Räumen der einzelnen Phasen zu gewinnen, so läßt sich folgendes klar ableiten. Die Verlandung vor Besiedlung der Räume durch den Menschen zerfällt selbst wieder in zwei Abschnitte; der ältere ist durch den

³⁾ Siehe auch Parallele zu den Aulehmablagerungen bei: MENSCHING H. 1951. — Akkumulation und Erosion niedersächsischer Flüsse. — Erdkunde V:60-70.

Höhe und Verlandungswert

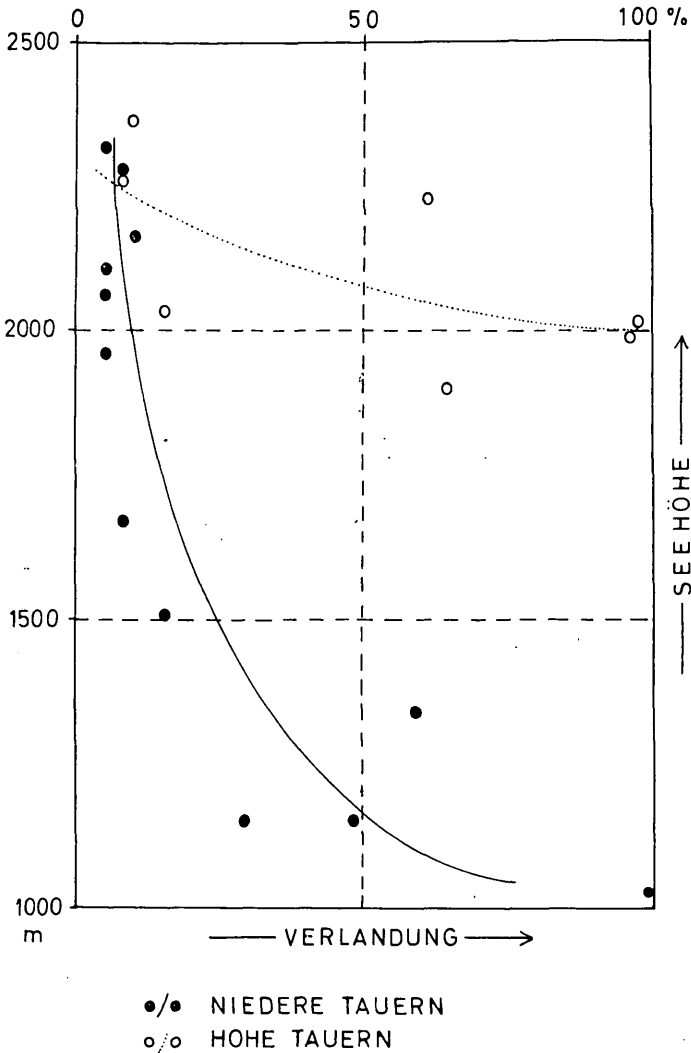


Abb. 22: Korrelation von Seehöhe und Verlandungsgröße: Deutlich ist der Unterschied zwischen den Niederen und Hohen Tauern zu erkennen. Bei ersteren liegen die Seen, die mehr als 50 % verlandet sind durchwegs unter 1500 m, bei den Hohen Tauern wird dieser Wert bereits über 2000 m erreicht und darunter sind nur mehr Seen erhalten, die in Karen der Seitenkämme liegen. Daraus ist abzuleiten, daß die Höhe des über den See aufsteigenden Gebirges den Unterschied bedingt; die rasche Zunahme der periglazialen Vorgänge führt zu einer rascheren Verschüttung der Seen, wenn bei gleicher absoluter Seehöhe das Gelände noch um mindestens 500 m höher aufsteigt.

PROFILE

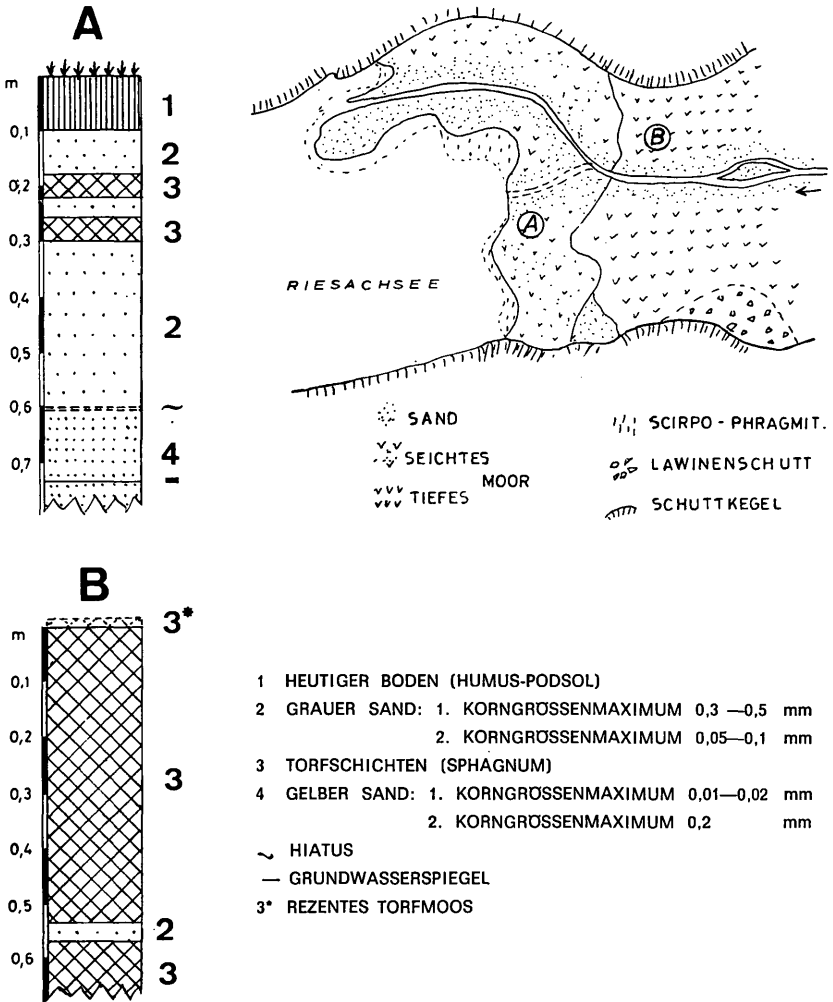


Abb. 23: Die beiden ergrabenen Profile im Verlandungsgebiet des Riesachsees, A 20 m und B 150 m vom See entfernt. A liegt im Raume der ehemaligen fluviatilen Verschüttung. Horizont 4 erscheint durch eine ältere, vollkommen abgetragene Bodenbildung verändert worden zu sein; die Grenze zur oberen Schicht ist auch durch einen Wechsel in der Korngrößenhäufigkeit gekennzeichnet. Profil B liegt in einem Raum, der überwiegend biologisch verlandet ist, wobei man auf Grund der Lage annehmen kann, daß der Riesachbach durch einen ehemaligen Deltavorbau einen flachen Teil des Sees abschnürte (s. Lageskizze). Nur selten wurde das Torfwachstum (*Sphagnum* sp.) durch Sandeinschüttungen unterbrochen.

T a b. 3 :

See+Phase	Anteil der Gesamtverlandung	häufigste Korngröße	Verhältnis der Verlandungsarten
Schwarzensee	I 91 %	Grobsand	fluv. : biol. = 90 : 10
	II 7,5 %	Schotter	fluv. : biol. = 15 : 85*
	III 0,8 %	Feinsand	fluv. : biol. = 60 : 40
Bodensee	I 88 %	Sand	? (vor allem fluv.)
	II 11 %	Grobsand	fluv. : biol. = 95 : 5
	III 1 %	Kies	fluv. : biol. = 50 : 50**)
Riesachsee	I 77 %	Sand	? (vorwiegend fluv.)
	II 15 %	Sand/Kies	fluv. : biol. = 70 : 30
	III 8 %	Sand/Kies	fluv. : biol. = 50 : 50

*) Das Überwiegen der biologischen Verlandung ist auf einen Murkegel zurückzuführen, welcher einen flachen Seeteil abtrennt hat und der infolge seiner Durchflußlosigkeit verwachsen ist.

**) Der geringe Anteil der Verlandungsphase II ist in diesem Fall auf den zunehmenden jungen Aufstau durch den Schwemmfächer und zuletzt durch den künstlichen Aufstau (Fischzucht), das Gleichgewicht zwischen fluviatiler Verschüttung und biogener Verlandung auf die geringe Tiefe des Sees zurückzuführen.

Eisrückzug, starke Schmelzwässer und großen Schuttreichtum (Moränen) gekennzeichnet. Die Verlandung erfolgte daher in katastrophaler Geschwindigkeit von 30—100 m² jährlich. Der zweite Abschnitt scheint durch eine langsame, regelmäßige Verlandung gekennzeichnet zu sein: die Korngröße der Sedimente, die der Bach in den See schüttete, ist hier bei allen Seen am geringsten. Der Verlandungsabschluß ist meist durch ein Moor gegeben, welches sich bereits bei nur mehr geringer Wassertiefe zu entwickeln begann. In der Tabelle werden die beiden Teile zur Phase I zusammengezogen, da ihre Abgrenzung voneinander schwierig ist. Jüngere Schotterdecken liegen darüber oder die Vegetation hat den ganzen Raum einheitlich umgeformt; im Zentrum sind die beiden Teile jedoch typisch entwickelt. In der Phase II treten zwar allgemein geringere Werte als in Phase I auf, jedoch ist dort, wo die Grenze zwischen I und II zu erkennen ist, eine deutliche Zunahme der Verlandungsgeschwindigkeit gegenüber dem zweiten Abschnitt der Phase I ersichtlich. Die jährliche Verlandung liegt zwischen 4,5 m² (Bodensee) und 60 m² (Riesachsee); der hohe Wert geht auf Rodung der Seitenhänge für die Almwirtschaft zurück, die ihrerseits wieder eine stärkere Denudation (Solifluktion, Lawinen) und Erosion der Bäche zur Folge hatte. In der letzten Phase wird die augenblickliche Situation, mit geringen Änderungen durch zunehmende Kontinentalität, widergespiegelt. Sind zur Jahrhundertwende und früher vorwiegend Feinsande und Sande im Deltagebiet abgelagert worden, so nimmt seitdem die Korngröße zu. In den letzten Jahrzehnten überwiegen Grobsande und Kiese (Bodensee, Riesachsee). Durch die verstärkte Akkumulation kommt es auch zu einer Erhöhung der seenahen Teile, sodaß die Vermoorung des Hinterlandes begünstigt wird (sehr deutlich am Schwarzensee und Riesachsee). Abb. 23 zeigt ein Profil am Riesachsee A) 10 m vom See und B) 150 m vom See (beides Phase III), die nächste Tabelle gibt Werte der jährlichen Verlandung an.

Versucht man die drei Phasen zeitlich festzulegen, so ist der Beginn durch die Angaben der Seealter in der Tabelle festgelegt, also maximal 10.000 vor heute (B. P.). Phase I dauert dann bis zum Eingriff des Menschen in die Landschaft an; diese Besiedlung und damit zusammenhängende Rodung und Urbar-

Tab. 4:

See Prozentueller Anteil an der Verlandungsfläche bzw. durchschnittliche jährliche Verlandung in Phase

	I	II	III
Schwarzensee	91 %—36 m ² /a	7,5 %—25 m ² /a	0,8 %—15 m ² /a
Bodensee	88 %— 3,8 m ² /a	11 %— 4,5 m ² /a	1 %— 2,5 m ² /a
Riesachsee	77 %—40 m ² /a	15 %—60 m ² /a	8 %—20 m ² /a

(zum Vergleich s. auch die Angaben im H. 100 der Mitteilungen).

machung von Mooren ist in den Seitentälern der Tauern erst im 13.—14. Jahrhundert anzunehmen; somit ergibt sich eine Dauer der Phase II von ca. 600 Jahren, gerechnet bis in die 2. Hälfte des vorigen Jahrhunderts. Die Phase III ist mit ca. 100 Jahren anzunehmen und zerfällt selbst in kleinere Unterphasen, die hier nicht ausgeschieden wurden.

Bei der weiteren Verlandung kommt es bei den tiefergelegenen Seen überwiegend zu einer randlichen Verschüttung oder Abschnürung von Flachseeteilen, die verwachsen, früher war neben dieser Verschüttung die Erhöhung des Seegrundes als ebenso wichtiger Faktor relevant (Schlammstärke bis über 2—3 m gemessen, wahrscheinlich jedoch viel höher). Die weiteren Angaben wie Sedi-mentanalysen und Flora seien einer späteren Studie vorbehalten, welche die Ökotope der Verlandungszone untersucht und in Zusammenarbeit mit einem Botaniker ausgeführt wird.

Bei gleicher Verlandungstendenz werden die großen Seen in 8500 bis 17.000 Jahren, die kleinen Hochseen in 10—12.000 Jahren verlandet sein; ausnahmsweise können diese Werte weit über- oder unterschritten werden (z. B. Vorderer Lanischsee in viel kürzerer Zeit).

D) Die Bedeutung der Seen als Trinkwasserspeicher

Abschließend einige Worte zum Problem des steigenden Wasserbedarfes, welche durch entsprechende Berechnungen unterstützt, die hervorragende Bedeutung der Reinerhaltung mancher Hochgebirgsseen aufzeigen sollen.

Nach dem neuen Steiermärkischen Naturschutzgesetz müßte es möglich sein, den Raum des Seewigtales, des Untertales und des Klafferkessels unter Naturschutz zu stellen und zwar vor allem aus zwei Gründen. Erstens ist gerade dies der Raum mit der großartigsten und noch menschenungestörtesten Landschaft im Bereich der Niederen Tauern überhaupt; die Lage am Nordabfall ihrer höchsten Erhebungen machen sie zu einem bergsteigerischen und fremdenverkehrsmäßigen Erholungsraum erster Ordnung. Zweitens aber bergen die stufenreichen Täler natürliche Wasserspeicher und zeigen eine günstige Wasserbilanz (s. u.), sodaß sie auch aus wasserhygienischen Erwägungen als ungestörter Naturraum — frei von Abwässern jeder Art — erhalten bleiben sollen.

Einige Hinweise zur allgemeinen Lage. Bekanntlich müssen 60 % der Erdoberfläche zur wasserarmen Zone gerechnet werden, in zahlreichen Ländern herrscht Wassernot, das jährliche Wasserdefizit der BRD beträgt bis 50 Mrd. m³, mehr als die Hälfte des gesamten Wasserabflusses aus Österreich.⁴⁾

⁴⁾ Diese und die folgenden Angaben sind dem Heft 5 des 54. Jgs. der Zeitschrift „Natur und Land“, Graz 1968, entnommen (Zitate siehe Literaturverzeichnis).

Tab. 5:

Gebirgsgruppe	Tal	See	SH in m	Fläche in ha	max. Tiefe (m)	Volumen (m ³)	mittl. Tiefe (m)	max. Breite	max. Länge	Uferentwicklung	Tiefe: Breite	Sichttiefe	
NIEDERE TAUERN Schladminger Tauern	Kl. Sölk	Schwarzensee	1150	22,76	15,7	1,998.499	8,78	548	841	1,57	1 : 35	9,0—9,5	
	Seewigtal	Bodensee	1149	6,07	10,1	98.469	1,62	250	427	1,93	1 : 25	4,6	
		Hüttensee	1503	4,99	8,0	178.823	3,6	216	348	1,4	1 : 27	4—6	
		Obersee	1672	7,18	23,6	509.140	7,1	231	443	1,5	1 : 10	5,7	
	Riesachtal	Riesachsee	1838	17,09	19,2	1,921.169	11,24	286	816	1,37	1 : 15	9,2	
		U. Sonntagkarsee	1962	5,0	25,4	630.300	12,9	297	297	1,3	1 : 12	9,5	
		O. Sonntagkarsee	2064	6,01	17,1	533.837	8,8	361	257	1,3	1 : 15	10,8	
	Untertal	Lämmerkar	Kapuzinersee	2146	1,4	17,4	115.181	8,2	113	200	1,4	1 : 6	10,0
		Klafferkessel	U. Klaffersee	2103	4,66	33,6	817.302	17,5	221	277	1,14	1 : 7	10—12
			Rauhenbergsee	2270	3,08	25,1	325.448	10,6	206	278	1,39	1 : 8	5,0
HOHE TAUERN Ankogel Häfner	Pöllatal	O. Klaffersee	2311	4,92	31,5	659.200	13,4	230	360	1,36	1 : 7	8,0	
		Vd. Lanischsee	2226	1,4	4,0	7.289	0,51	133	209	2,07	1 : 33	4,0	
		Ht. Lanischsee	2265	1,41	7,1	33.122	2,5	102	199	1,9	1 : 14	7,0	
	Anlaufftal	Eben Lanisch S.	2368	3,64	3,2	33.728	0,93	356 ^o)	251	2,7	1 : 78	5,2	
		U. Höhkarsee	1900	3,47	4,7	75.915	2,19	164	381	1,58	1 : 34	4,7	
	O. Höhkarsee	2027	5,13	7,6	178.495	3,48	256	446	1,55	1 : 33	7,6		

*) Luftlinie SW—NE

Der Wasserverbrauch der österreichischen Siedlungen beträgt derzeit 600 Mill. m³ jährlich, jener der Industrie 1,4 Mrd. m³ pro Jahr. Bisher sind erst 56 % aller Gemeinden wenigstens zu 50 % mit Wasser versorgt, nur 9 % der Gemeinden besitzen eine Kläranlage. Die Verschmutzung mancher Flüsse, aber auch die primäre und daraus resultierende sekundäre und tertiäre Verschmutzung der Seen besonders in Fremdenverkehrsgebieten nimmt gefährliche Ausmaße an und doch stellen bereits heute für viele Räume gerade die Seen die Trinkwasserreservoirare dar. Trotz der Anstrengungen vieler Länder der Verschmutzung Einhalt zu gebieten bevor es zur Katastrophe kommt, gibt O. HELMER am Kongreß der RAND Corporation (Los Angeles) 1967 unter anderem folgende Prognosen: Im Jahre 1990 wird es 5 Mrd. Menschen auf der Erde geben (entsprechend steigender Wasserbedarf); erst etwa im Jahre 1995 wird die Verunreinigung der Luft, Flüsse und Seen kontrolliert und auf etwa den Zustand von 1940 zurückgeführt sein (wobei sich regional starke Unterschiede ergeben werden); erst ca. im Jahre 2003 wird die thermonukleare Fusionsenergie konkurrenzfähig sein!

Wasserbedarf und Wasserverschmutzung steigen gemeinsam an anstatt des notwendigen gegensätzlichen Verhaltens. Auch die Möglichkeiten der Verschmutzung nehmen dauernd zu, nicht zuletzt durch die Verlagerung der Transportgüter von der Schiene auf die Straße — das Beispiel, daß 1 l Benzin 1 Mill. l Wasser unbrauchbar macht, ist bekannt. Nur um die „geregelten“ Abwässer zu reinigen sind Kläranlagen um 40 Mrd. Schilling notwendig! Die Österreichische Gewässerschutzwoche (14.—18. X. 1968) hat diese Probleme für ganz Österreich aufgezeigt, die Berechnungen von J. KAR (HS f. Bodenkultur in Wien) haben Mengenwerte erbracht. Im folgenden soll nun erstmals eine grobe Wasser-Bilanzierung für Teile der Schladminger Tauern versucht und mengenmäßige Berechnungen über die vorhandenen bzw. ausbaubaren Wassermengen angestellt werden.

Vorweg zum Vergleich die Daten für Österreich. Die durchschnittliche Jahresniederschlagshöhe für ganz Österreich beträgt 1190 mm, der Gesamtabfluß 1110 mm, das sind rund 93 Mrd. m³ Wasser. Die Differenz zwischen Niederschlag und Zufluß (400 mm) und Abfluß beträgt demnach 480 mm und entfällt auf die Verdunstung. Allerdings schwankt der Abflußbeiwert beträchtlich und liegt in den Hochalpen bei 80—90, im Osten Österreichs bei 10—20 %!

Am besten zeigt eine tabellarische Übersicht die Werte für das Untersuchungsgebiet, wobei schon allein auf Grund der kurzen Beobachtungszeit mit einem gewissen Ungenauigkeitsfaktor zu rechnen, im gesamten aber wohl ein zutreffendes Bild entwickelt ist.

Die Bedeutung geht aus einem Vergleich hervor: Die zweite Wiener Hochquellenwasserleitung, die ebenfalls steirisches Wasser nach Wien liefert, erbringt 240.000 m³ Wasser täglich, der Riesachbach allein hingegen durchschnittlich 100.000 m³ pro Tag; der Riesachsee speichert 2 Mill. m³ Wasser, alle Behälter Wiens zusammen nur 1,2 Mill. m³!

Neben den tatsächlichen Werten sind bei den beiden Seen, bei welchen für eine Wassernutzung eine Bilanzierung versucht wurde, auch jene Werte angegeben, die man bei einem künstlichen Überstau erhielt. Es wird darauf hingewiesen, daß dies kein Vorschlag für eine Verbauung dieses landschaftlichen Juwels darstellt, vielmehr soll der Wert dieser natürlichen Wasseransammlungen herausgestellt werden und für den eventuell eintretenden Bedarfsfall eine weitere Nutzungsmöglichkeit aufgezeigt werden. Der Umweltschutz verlangt allerdings gerade dann die Reinhaltung dieser Gebiete von Abfällen aller Art und vom

großen Touristenstrom, mit dem ja meist eine entsprechende Verschmutzung parallel geht. Die Vergrößerung der Speicherkapazität bezieht sich auf eine Abdämmung des Abflusses in Höhe der ursprünglichen Seeschwelle, sodaß der See ungefähr den Umfang erhält, den er zur Zeit seiner Entstehung aufgewiesen hat. Diese Höhe liegt beim Hüttensee um 27 m, beim Riesachsee um 32 m, jeweils in einer unzugänglichen Schlucht, die von keiner Seite auf normalen Wegen eingesehen werden kann.

Der Abflußbeiwert beträgt beim ringsum von steilen Talflanken umgebenen Hüttensee 90 %, beim Riesachsee 76 %; beide Werte passen gut zu den Angaben des Österreich-Atlas der Österr. Akademie der Wiss., Blatt III/11. Zwar wird die (unproduktive) Verdunstung bei einem Aufstau entsprechend der Flächenvergrößerung erhöht, doch bleibt sie bei dem vorherrschenden Klimacharakter relativ gering.

T a b. 6 :

	See bzw. Einzugsgebiet	
	Hüttensee/Seewigtal (oberes Seewigtal)	Riesachsee/Untertal Riesachtal
Einzugsgebiet	600 ha	2.200 ha
Niederschlag (Durchschnitt)	1810 mm	1625 mm
Abflußfaktor	90 %	76 %
Abfluß (auf die Fläche des Einzugsgeb. bezogen)	1633 mm	1210 mm
Verdunstung	177 mm	415 mm ^{*)}
Sekundenabfluß (Jahresdurchschnitt)	0,2—1,0 m ³	1,0—2,0 m ³
Jahresgesamtabfluß	9,8 Mill. m ³	35,0 Mill. m ³
Speicher (natürlich)	0,1 Mill. m ³	2,0 Mill. m ³
Speicher (mit Aufstau)	2,4 Mill. m ³	15,0 Mill. m ³ ^{*)}

^{*)} Im Riesachseegebiet übertrifft bereits die produktive Verdunstung die unproduktive.

^{**)} Die Stauhöhe beträgt beim Hüttensee 27 m, sodaß der Seespiegel auf 1530 m steigt, beim Riesachsee 32 m, Seespiegel dann 1370 m (bisher 1503 m bzw. 1338 m). Nicht zu übersehen ist die Bedeutung der langandauernden Schneedecke, welche bis in den Hochsommer hinein ein konstantes Wasserdargebot ermöglicht. Die Hochwässer erreichen außerdem sehr hohe Werte (7 m³/sek.).

Es wird abschließend noch einmal festgestellt, daß die Erhaltung der beschriebenen Landschaften von größtem Wert ist und besonders für die Zukunft bei der aufgezeigten Bedeutung als Trinkwasserreservoir gefordert werden muß. Auf die weitreichenden Möglichkeiten für den Bedarfsfall wurde hingewiesen.

Literatur

- ECKEL O. 1955. Statistisches zur Vereisung der Ostalpenseen. Wetter und Leben, 7:49-57.
- HAUSER A. & BRANDL W. 1952. Baugeologische Karten von Steiermark, Bl. 4. Veröff. Lehrkanzel techn. Geol. TH. Graz.
- HEUBERGER H. 1966. Gletschergeschichtliche Untersuchungen in den Zentralalpen zwischen Sellrain- und Ötztal. Wiss. Alpenvereinsh., 20:1-126.
- LUCERNA R. 1924. Der Klafferessel in den Schladminger Tauern. Z. Deutsch. u. Öst. Alpenver., 55:54-78.

- MERZ A. 1909. Seenstudien aus den Niederen Tauern. Mitt. Österr. geogr. Ges., 52:539-557.
- NAGL H. 1967. Geomorphologie der Region um den Katschberg und der benachbarten Gebirgsgruppen. Geogr. Jber. Österr., 31:133-168.
- PESTA O. 1924. Hydrobiologische Studien über Ostalpenseen. Arch. Hydrobiol., Suppl. Bd. 3.
- STEINBUCH K. 1968. Falsch programmiert. Dtv. 598:1-177.
- STUNDL K. 1968. Gefährdung des Wassers und Möglichkeiten der Abhilfe. Natur u. Land, 54:185-190.
- TOLLMANN A. 1968. Die paläogeographische, paläomorphologische und morphologische Entwicklung der Ostalpen. Mitt. Österr. geogr. Ges., 110:224-244.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Ass. Dr. Hubert NAGL, Universität Wien, Geographisches Institut, Universitätsstraße 7/V.,
A-1010 W i e n.