

## II. ABHANDLUNGEN

### Zur Geomorphologie alpiner Stauräume

Mit 1 Tabelle und 4 Bildern auf Tafel I und II

Von Herfried Berger, Wien

Von den 2460 natürlichen Seen der Ostalpen werden 102 als Speicherbecken mit rund zwei Milliarden Kubikmeter Stauraum genutzt. Von den ostalpinen Speichern befinden sich 39 an der Nordseite des Alpenhauptkammes und 63 an der Südseite. Das Überwiegen in den südlichen Ostalpen ist durch die bedeutenden Fallhöhen der Alpensüdseite bedingt; sie ermöglichen vielfach eine optimale Ausnutzung des Speicherwassers. Österreichs Anteil beträgt 40 Speicherbecken mit 737 Millionen Kubikmeter Nutzinhalt und einer Gesamtwasserfläche von etwa 30 qkm. Bei nahezu der Hälfte der Speicher sind natürliche Seen in glazialen Erosionswannen und Abdämmungswannen ausgewertet worden.

Hinsichtlich Lage und Entstehung, Größe und Tiefe sind die alpinen Stauräume speziell geologisch bedingt und geomorphologisch charakterisiert. Eine übersichtsweise Betrachtung der zur Zeit im Betrieb oder im Ausbau befindlichen Stauräume in den österreichischen Alpen erscheint daher aufschlußreich. Mit Benützung der österreichischen Talsperrenstatistik (1961) und auf Grund eigener Erhebungen wird umstehend eine *Zusammenfassung quantitativer und qualitativer Angaben* geboten. Sie kennzeichnet die alpinen Stauräume Österreichs in der Anordnung von Westen nach Osten, getrennt nach ihrer Lage nördlich und südlich des Alpenhauptkammes. Höhenlage (Stauziel) und nutzbarer Speicherinhalt erweisen die Bevorzugung des Kar- und Hochalpniveaus sowie die Bedeutung für die Energiewirtschaft. Wasserfläche und Spiegelschwankung lassen die Stauwirkung in der alpinen Landschaft näher beurteilen. Die Beschaffenheit des Untergrundes und der geomorphologische Befund zeigen, daß unter den großen, infolge ihrer Höhenlage besonders wertvollen Stauräumen die glazial ausgeschliffenen Trogbecken in den zentralen Alpentälern dominieren. Diese Blickpunkte kommen auch in den Abbildungen zur Geltung (Bild 1—4).

Eine Sichtung noch ungenutzter Staumöglichkeiten ergibt für die gesamten Ostalpen etwa 70 ausbauwürdige Speicher mit einem Nutzinhalt von rund 4,5 Milliarden Kubikmeter. Davon kommt nach Anzahl und Inhalt auf Österreich nahezu die Hälfte; die meisten liegen über 1500 m Mh. (H. LINK 1950).

Die *Höhenverteilung der Stauräume* in den österreichischen Alpen läßt erkennen, daß der mittlere Höhengürtel schwächer besetzt ist als der Gürtel der alpinen Talseen (unter 1200 m Mh.) und der Hochseen (über 1800 m). Die vertikale Gliederung der natürlichen Alpenseen weist eine ähnliche Verteilung auf.

Als bevorzugtes Nutzungsgebiet der Wasserkraft erscheinen in der Tabelle die Hohen Tauern und ihre südlichen Vorlagen. Hier sind Stauprobleme und das Fallhöhen-Thema im Zusammenhang mit der Stockwerkgliederung, den großen Reliefenergiebeträgen und der glazialen Überformung des Gebirges schon frühzeitig auch in der geomorphologischen Grundlagenforschung aufgegriffen worden (S. O. MORAWETZ 1930). In den Gutachten der Praktiker finden sich alle Auffassungen über alpine Energiespeicherung. Die Diskussion über ihre Pro-

*Stauräume (Speicher- und Staueeen) in den österreichischen Alpen*

Stauraum, Kraftwerk, Flußsystem	Einzugs- gebiet in km <sup>2</sup>	Stauziel m Mh	Nutz- inhalt Mill. m <sup>3</sup>	Wasser- fläche ha	Spiegel- schwän- kung m
<i>Nördlich des Alpenhauptkammes:</i>					
Lünersee, Lünerseewerk, Alvierbach/III	12,0	1970	76,0	152	73
Silvrettastausee, Obervermuntwerk, III	45,0	2030	38,6	134	43
Vermuntstausee, Vermuntwerk, III	181,0	1743	5,0	35	24
Kopfstausee, Kopswerk, Zeinischbach/III	173,8	1809	44,0	—	89
Lutzstau, Lutzmündung, Lutzbach/III	180,0	585	0,07	14	5
Spullersee, Spullerseewerk, Alfenz/III	14,2	1825	13,1	54	35
Gepatschspeicher, Kaunertalkrftw., Faggenb./Inn	278,7	1767	140,0	—	—
Plansee, Planseewerk, Archbach/Lech	180,0	976	22,0	420	6
Achensee, Achenseekraftwerk, Walchen/Isar	218,0	929	80,0	750	10
Gerlos-Gmünd, Gerloswerk Zell, Gerlosbach/Ziller	158,0	1190	0,9	12	14
Hollersbachstau, Werk Hollersb., Hollersb./Salzach	69,4	881	0,21	—	5
Amersee, Werk Enzingerboden, Amerbach/Salzach	2,34	2279	5,5	52	22
Salzplattensee, W. Enzingerboden, Ödbach/Salzach	0,51	2298	1,1	9	36
Weißsee, Werk Enzingerboden, Stubache/Salzach	10,6	2250	15,7	50	51
Tauernmoossee, W. Enzingerb., Stubache/Salzach	32,9	2003	21,0	145	20
Enzingerboden, W. Schneiderau, Stubache/Salzach	52,5	1463	0,2	12	8
Mooserboden, Kaprun-Oberst., Kaprunerache/Salz.	100,7	2036	85,4	151	76
Wasserfallboden, Kapr.-Hauptst., Kapr. Ache/Salz.	118,1	1672	83,0	148	80
Bürg, Werk Kaprun, Kapruner Ache/Salzach	27,9	847	0,21	6	5
Hintersee, Strubklammwerk, Almbach/Salzach	120,0	683	6,5	84	13
Strubklammspeicher, Strubklammw., Almb./Salz.	100,0	668	2,5	38	10
Wiestalstau, Wiestalwerk, Almbach/Salzach	175,0	555	7,5	130	9
Rotgüldensee, Werk Rotgülden, Mur	11,0	1710	3,0	8	11
Schwarzensee, Werk Schwarzensee, Traun	20,0	711	3,2	48	7
Vorderer Gosausee, Werk Gosau, Gosaubach/Traun	55,0	923	25,0	65	62
Offensee, Werk Offensee, Traun	60,0	651	0,9	61	2
Salzastausee, Salzawerk, Salza/Enns	150,0	1771	10,6	80	26
Erlaufklause, Werk Wienerbruck, Erlauf/Donau	45,0	778	1,52	23	12
Wienerbruck, Werk Wienerbruck, Lassing/Erlauf	32,0	790	0,3	18	4
<i>Südlich des Alpenhauptkammes:</i>					
Margaritzenspeichersee	64,0	2000	3,2	25	20
Kraftwerksgruppe Glockner-Kaprun, Möll/Drau					
Hochalmsee	1,52	2379	4,11	12	48
Speichergruppe Reißbeck-Kreuzeck, Rieckenb./Möll					
Radlsee	1,68	2399	2,54	13	51
Speichergruppe Reißbeck-Kreuzeck, Radlsee/Lieser					
Kl. Mühldorfersee	1,43	2379	2,77	11	48
Speichergruppe Reißbeck-Kreuzeck, Mühldorferb./Möll					
Gr. Mühldorfersee	1,08	2319	7,72	21	64
Speichergruppe Reißbeck-Kreuzeck, Mühldorferb./Möll					
Wiederschwing, Werk Kaming, Weißenbach/Dr.	153,4	675	1,15	27	12
Forstsee, Forstseewerk, Wörthersee/Drau	1,2	601	4,6	38	17
Freibachstau, Freibachwerk, Freibach/Drau	44,4	729	5,3	—	24
Packstausee, W. Arnstein, Packerb./Teigitsch/Mur	63,0	868	5,4	50	20
Hierzmann, Werk Arnstein, Teigitschbach/Mur	160,0	708	7,6	49	33
Langmann, Werk Arnstein, Teigitschbach/Mur	170,0	630	0,32	52	9

bleme in baueologischer, kulturtechnischer und wirtschaftlicher Hinsicht sowie die Frage des Naturschutzes haben gerade durch die Tauernprojekte in breiten Kreisen Widerhall gefunden. (R. KLEBELSBERG 1955, J. STINI 1955, H. GRENGG 1962).

Es soll nun der Versuch einer *geomorphologischen Kennzeichnung* der zur Anlage von Speichern geeigneten Geländeformen unternommen werden. Die ost-alpinen Stauräume, denen die Speicherseen und die Stauseen bzw. Flußstau zugeordnet werden (O. LANSER 1961), knüpfen sich vorwiegend an *Hohlformen*, die bereits natürliche Seebecken darstellten. Bekannte Beispiele sind: Lünensee, Spullersee, Plansee, Achensee und Vorderer Gosausee. Bei ihrer ausgedehnten Oberfläche (Achensee 7,5 qkm, Plansee 4,2 qkm) genügen bereits einige Dezimeter Spiegelschwankung, um erhebliche Wassermengen abzugeben oder zu binden.

Die hochgelegenen natürlichen Seebecken sind in der Mehrzahl *glazial bedingt*. Die Seeschwelle als wesentlicher Teil des Formenschatzes kann durch die erodierende Wirkung der Gletscher entstanden sein. So befindet sich der Speicher Spullersee in einer glazial ausgeschliffenen Wanne aus dichter Seekreide, etwa 800 m über dem von der Alfenz durchflossenen Klostertal. Mit Naturstein verblendete Staumauern auf seiner nördlichen und südlichen Felschwelle bewirken einen Aufstau des Seespiegels von 30 m. Seine Oberfläche wurde dadurch verdreifacht. Im 9 km langen Speicherbecken des Plansees bildet Dolomit das Basisgestein. Die Seewanne wird im Osten durch einen Moränenwall abgedämmt, der durch rückschreitende Erosion des Archbaches angeschnitten worden ist. *Glaziale Schuttdämme* verursachen meist erhebliche Schwierigkeiten bei den Sperr- und Abdichtungsarbeiten. So ist der Vordere Gosausee zwar schon vor fünf Jahrzehnten um 15 m durch einen Damm auf einem Endmoränenwall am Seeausfluß aufgestaut worden, aber ungleiche Tragfähigkeit und Durchlässigkeit der Schuttbasis verhinderten jahrelang (bis 1948) seine vollständige Füllung.

Bei Moränenschwellen ist der Anteil an Feinmaterial zur Füllung und Abdichtung von Lücken zwischen den geschrammten und geschliffenen Geschieben wesentlich. Feinste lehmige Zerreibsel sind in *Grundmoränen* zumeist reichlich vorhanden. Ihr Material vermag daher günstigere statische Voraussetzungen für das Aufsetzen einer Sperrmauer zu liefern als der Obermoränenschutt. Häufig folgt unter der Obermoräne bald Grundmoräne, wie dies der Genese entspricht; dann muß die Fundierung lediglich bis zur Grundmoränenmasse vorgetrieben werden. Ein Musterbeispiel im Illtal bietet der 730 m lange Staudamm auf der Bielerhöhe (2030 m), einer dichten, hart gepreßten und trockenen Würm-Grundmoräne, die den Ochsenboden gegen das Tiroler Kleinvermunttal abschließt. Bielerdamm als östliche und 80 m hohe Silvrettasperre als westliche Absperrung fassen den 2,4 km langen Silvrettastausee (38,6 Millionen Kubikmeter Nutzinhalt) der leistungsstarken Ill-Kraftwerksgruppe. Das Projekt Riffelsee im Pitztal würde ein ähnliches Problem stellen; ein auf die abdämmende Moräne aufgesetzter Damm soll einen dreimal größeren See erbringen.

In den gestuften und aus Teilwannen sich zusammensetzenden Karen mit perennierenden Schneeflecken sowie in den langgestreckten, ebenfalls gestuften Talschlußkaren der südlichen Tauernvorlagen ist die glaziale Genese der Seewannen und verlandeten Seeböden offensichtlich. In der Kräuzeck- und Reißbeckgruppe, deren geomorphologische Sonderstellung S. O. MORAWETZ (1930) gekennzeichnet hat, werden die verhältnismäßig tiefen *Karseen* (Radlsee, Hochalmsee, Kesselesee und Quarzsee) stark abgesenkt und durch Sperrmauern bis zu

35 m hoch aufgestaut. Die Füllung der tektonisch vorgezeichneten Karwannen der Mühldorfer Speicherseen erfolgt größtenteils durch Hochpumpen aus einem 1200 m tieferen Horizont.

Unter dem Karniveau ist oft ein System von Hochtälern eingesenkt, die als charakteristisches Merkmal eine ganztalige Troggestaltung mit Felsriegeln aufweisen. Die Naturseen, die in den *glazial gebildeten Speichertrögen* lagen, sind meist verlandet. Die Verlandung konnte durch Senkung des Seespiegels bei Wasserabfluß über die Riegelkrone erfolgen oder durch Hebung infolge Zuschüttung. Als Ergebnis beider Vorgänge ragt heute der Felsriegel oft nur mehr einseitig über den flachen Aufschüttungsboden auf. Er bietet aber häufig noch eine solide Basis für die Fundierung einer künstlichen Sperre, durch die das Seebecken reaktiviert werden kann. Speichermöglichkeiten dieses Typus sind die großen Becken des Tauernmoosbodens, des Mooserbodens und Wasserfallbodens in den gestuften Tauerntälern der Stubache und Kapruner Ache. In jenem liegt seit 1926 mit einem Speichermutinhalt von 21 Millionen Kubikmeter der Tauernmoossee des ÖBB-Werkes Enzingerboden. Eine verhältnismäßig kleine Gewichtsmauer sichert das Stauziel von 2003 m und fügt sich unauffällig in die hochalpine Umrahmung mit Ödenwinkel- und Riffelkees. Die naturgegebene Sperrstelle auf dem Felsriegel Höhenburg (2108 m) im obersten Kapruner Tal trennt die an der Grenze zwischen Oberer und Unterer Schieferhülle angelegten Speicherseen des Mooserbodens und Wasserfallbodens.

*Abflußrinnen*, wie sie durch rückschreitende Erosion der Kapruner Ache und durch die frühere Entwässerung des Mooserbodens durch das Drossental geschaffen wurden, erfordern besondere geomorphologische Beachtung. Rinnen, die das ehemals überfließende See- oder Bachwasser in den Riegel eingeschnitten hat, wurden häufig verlegt, auch von der Seite her zugeschüttet. Solche epigenetische Rinnen liegen oft unter Geländeschutt und sind schwer zu erkennen. Über den Riegel vorstoßendes Gletschereis konnte die Rinnen früherer Abflüsse mit Moränenschutt auffüllen, sie förmlich ausschmieren, so daß sie nun mitunter durch Vegetationsbedeckung maskiert sind.

Ein bezeichnendes Beispiel für den Typus der durch Gletschertätigkeit ausgestalteten Speichertröge stellt der vom Faggenbach durchflossene, geröllreiche Mandarfenboden unterhalb des Gepatschhauses im innersten Kaunertal dar. Eine Felsschwelle aus Augengneis des Ötztaler Kristallins, zum Großteil überdeckt von umgelagerter Moräne und Hangschutt, bildet die untere Abgrenzung des glazialen Troges, der den Gepatschspeicher aufnehmen soll. Die 97 m hohe Erddammschüttung wird ein Stauziel von 1767 m bei 4 km Seelänge ergeben und ab dem Jahr 1966 einen Nutzinhalt von 140 Millionen Kubikmeter bieten. Diese Wassermenge soll in zwei Stufen (441 m Gefälle bei Feuchten, 430 m bei Prutz) ausgenutzt werden. Durch diese Speicheranlage dürfte sich auch die Winterarbeit der im Bau befindlichen Stufe Prutz-Imst zumal in der kritischen Zeitspanne November bis März merklich erhöhen.

Täler ohne Sohle sind schon frühzeitig als Stauräume verwendet worden. Wenn auch solche *Schluchttalstrecken* und *Kerbtäler* einen engen Querschnitt aufweisen, sind sie doch zumeist tief und langgestreckt, so daß trotzdem ein ausreichendes Stauvolumen zustande kommt. Als Beispiel sei der Wochenspeicher Gmünd im Gerlostal angeführt, den in der Opferstockschlucht die erste Gewölbestaumauer Österreichs (Jahr 1945) abschließt. Fester Quarzitschiefer an beiden Flanken der Schluchtstrecke verhindert hier seitliche Abflußmöglichkeiten, die sonst spezielle technische Beachtung erfordern. So wird die volle Ausnutzung einer 600 m hohen Gefällsstufe des Gerlosbaches ermöglicht. Eine vorgezeich-

nete Sperrenstelle bildet auch die Verengung des Kapruner Talbodens zur Sigmund Thun-Klamm im Kalkglimmerschiefer. Infolge der Enge und Steilwandigkeit sowie der Frische der hellen Kalksteinwände ist die Abspermmöglichkeit in der „Schlucht durch den Stein“ im Tal der Mitterndorfer Salza am Grimming besonders günstig. Der 5 km lange Salzasee wurde 1948 als erstes Staubecken des oberen Ennsgebietes errichtet. Ein altbekanntes Beispiel einer Stauanlage mit Klammcharakter gibt die Sperre Erlaufklause (erster Vollstau 1912) bei Mariazell. Auf hellem Ramsaudolomit fußt ein 35 m hohes Bruchsteinmauerwerk aus den Baujahren 1908 bis 1911.

*Abdämmungs- und Wallwannen* nicht glazialer Entstehung wurden verschiedentlich auch als Stauräume in Betracht gezogen. Sie sind durch Bergstürze oder seitliche Murkegel, Schutt- oder Schwemmkegel abgedichtet oder umwallt worden. Bergsturzsutt ist im allgemeinen sehr wasserdurchlässig. Nur leicht verwitternde, feldspatreiche und dadurch feinschuttliefernde Gesteine fördern einigermaßen die Abdichtung. Wenn sich dennoch hinter Bergsturzdämmen mitunter Seen bilden, so liegt das hauptsächlich am Seeschlamm, der sich absetzt, bevor die schwellenartige Aufblockung oder Umschüttung durchschnitten wird. Als westalpines Beispiel ist die Situation am Klöntalersee bei Glarus zu erwähnen.

Besser sind Schuttkegeldammwannen für Stauzwecke geeignet. Wenn bei der Aufschüttung von Murkegeln das Wasser lediglich für breiige Aufweichung tonreichen Schutttes ausreicht, nicht aber für Ausbreitung und starke Auswaschung, bleiben meist große Mengen von Feinmaterial zurück. Diese können dann abdichtend wirken und allenfalls künstliche Sperren einbauen lassen. Das ist zum Beispiel der Anlage des Hollersbachdammes teilweise zugute gekommen. Die vom orographisch rechten Ufer vorgeschobenen Murablagerungen des Bürgerbaches boten eine Grundlage für den Erddamm aus lehmigem Schuttmaterial mit Steinverkleidung. Allerdings stellte die Asymmetrie der Basisverhältnisse schwierige Abdichtungsaufgaben. Die Errichtung des geplanten 45 m hohen Dammes auf der über 100 m mächtigen Talverschüttung im ehemaligen Seebecken des Rotmooses (1300 m Mh.) oberhalb Ferleiten (im Fuschertal) dürfte ein ebenso diffiziles Stauproblem ergeben.

Im kalkalpinen Bereich spielen manchmal *Karsterscheinungen* für die Geomorphologie der Stauräume eine Rolle. Im Salzkammergut, wo zur Verkarstung neigende Kalkmassen vorherrschen, war dies bei dem Projekt der Gosauseen der Fall. Diese liegen in klüftigem Kalkstein am Fuß des Dachsteinmassivs und weisen von Natur aus infolge unterirdischer Entwässerung beträchtliche Spiegelschwankungen zwischen Sommer und Winter auf. Auch beim Offensee und Schwarzensee ergaben sich ähnliche Probleme wie bei den Versuchen am Formarinsee.

Stellenweise treten im Untergrund sonst glazialer Becken in den Kalkalpen *Gipslagen* auf; vor allem im Verband der Raibler Schichten der alpinen Trias sind sie verbreitet. Der Lünensee unter der Scesaplana dürfte durch einen Einbruch infolge Ausfällung unterirdischer Gipsvorkommen entstanden sein. Er hatte keinen Oberflächenabfluß, sondern entwässerte durch Schichtfugen und Klüfte der schmalen Hauptdolomitbarre, die das Seebecken gegen das Brandner Tal abriegelt. Nach mehrmaligen Absenkungen, Färbversuchen und Quellenfassungen erfolgte die systematische Abdichtung der unterirdischen Abflüsse und Verluststellen im Fels.

Das *Problem der Sedimentation in alpinen Stauräumen* ergibt sich besonders dort, wo das Einzugsgebiet Gletscher und perennierende Schneefelder auf-

weist. Quantitativen Messungsergebnissen ist zu entnehmen, daß die Schwebstoffablagerungen und der Schlammhaushalt sowie der Gehalt an Sink- und Schwerstoffen an der Stauwurzel und im Stauraum der großen alpinen Speichertöpfe recht unterschiedlich verteilt sind. Es gibt Speicher, deren Verlandung nur sehr langsam fortschreitet (Lünersee, Spullersee, Großer Mühldorfersee), während andere relativ rasch ihren ursprünglichen Stauraum durch Feststoffablagerungen einbüßen (Saalachspeicher bei Reichenhall). Bei dem Reißspeicher Großer Mühldorfersee ist die Geschiebefracht der Zubringer gering; das Seewasser an der Oberfläche erscheint klar. Dies läßt auf vollkommene Sedimentation selbst des suspendierten und gelösten Materials schließen. Die Ablagerungen auf dem Karwanenboden, welche sich seit dem Ende der Vereisung abgesetzt haben, besitzen allerdings eine Mächtigkeit von 5 bis 7 m, wie anlässlich der durch den Speicherausbau bedingten Absenkung des Seespiegels festgestellt wurde. Eine aus dem gefüllten Seebecken entnommene 10-Liter-Probe benötigte zur Klärung eine Woche Ruhelagerung und enthielt 250 mg getrockneten Rückstand in Form eines äußerst feinen lichtgrauen Pulvers. Bei einer Reihe von Proben wurde eine qualitative Schwebstoffanalyse vorgenommen. Die Untersuchung ergab, daß die Hauptmasse des Feststofftriebes zu etwa gleichen Teilen aus Quarz und Glimmer besteht. Die Quarzteilchen haben kantig-splitterige Form. Das größte beobachtete Längenmaß betrug  $\frac{3}{100}$  mm. Die Mehrzahl der Körner erreichte aber kaum ein Ausmaß von 1 Mikron. Von gleicher Größe waren auch die Glimmerplättchen, die durch ihre ausgefranzten Ränder auffielen. Die Feldspäte dagegen wurden bei Zutritt von Schmelzwasser am stärksten zersetzt und hatten breiiges Aussehen.

An zwei Vergleichsbeispielen aus dem Tauerngebiet soll die variable Füllung von Stauräumen mit Geschiebefracht dargelegt werden. Grundverschieden sind die Verlandungserscheinungen bei dem im Kalk gelegenen Langzeitspeicher Spullersee und dem im Kristallin ausgebildeten Tauernmoossee. Obwohl im Kalk der Gesteinszerfall als Folge der Verwitterung im allgemeinen stärker ist als im Kristallin, bleibt die Verlandung des Spullersees unbedeutend. Der Deltavorbau des Albaches als Hauptzufluß erfolgte während der fast vierzigjährigen Beobachtungszeit nur langsam. Der Grund hierfür liegt wohl darin, daß das Einzugsgebiet unvergletschert und das Längsprofil des Albachlaufes zwar steil, aber ziemlich ausgeglichen ist. Auch Hangschutthalden als Nährareal von Feinmaterial treten kaum auf, wohl aber ausgedehnte flachgeböschte Böden als Geschiebeablagerungsstätten. Bei großen Niederschlägen führen der Albach und die seitlichen Rinnsale reichlich schluffartiges Feingeschiebe aus mergeligen Verwitterungsprodukten. Diese setzen sich vorwiegend im Totraum des Spullerseebeckens ab, wurden aber quantitativ noch nicht erfaßt.

Die geomorphologische Beschaffenheit im Geschiebeeinzugsgebiet des Tauernmoosbaches und Speicherbeckens weist andere Züge auf. Im 15 qkm großen Einzugsgebiet dominiert Granitgneis der Granatspitzgruppe, 30 Prozent der Fläche sind vergletschert (Ödenwinkelkees). Das Längsprofil des Tauernmoosbaches zeigt ein steiles Ansteigen zur Ödenwinkelscharte. Seine Talsohle ist von Moränenmaterial erfüllt. Infolge seiner steilgeböschten Lage übt der Gletscher des Ödenwinkels eine stark erodierende Wirkung aus, die den mäßig widerstandsfähigen feldspatreichen Muskovitgneis bis zu kolloidalem Feinstkorn zerkleinert. Der aus dem Gletschertor austretende Tauernmoosbach zeigt eine intensive Trübe, deren feinstsuspendierte Teilchen auch im Tauernmoossee mit seiner 1,45 qkm großen Fläche bei 2 km Durchflußlänge nicht völlig sedimentieren, sondern als Schweb durch die Kraftwasserwege der Stubachwerke ab-

gehen. Die erodierende Tätigkeit des Tauernmoosbaches, die in den Moränenlagen vor dem Ödenwinkelkees reichlich Nahrung findet, trägt trotz der kurzen Laufstrecke von 1,7 km Länge bis zur Stauwurzel bedeutend zum relativ starken Feststofftransport bereits bei mittlerer Wasserführung bei.

Innerhalb der *Geschiebemischung der Auflandungen* können nach der Korngrößenverteilung drei Formen auftreten. Die Schwerstoffe (vom Grobkorn bis 0,2 mm Durchmesser) sedimentieren beim Eintritt in das Becken verhältnismäßig rasch im Bereich der Stauwurzel, wobei eine langgestreckte Deltaform entsteht. Die Sinkstoffe (0,2 bis 0,03 mm Korngröße) werden weit in den Stauraum hineingetragen und setzen sich bei ruhigem Seespiegel entsprechend ihrer flachen Sinkkurve allmählich ab. Sie sind für die großflächige Verlandung des Stauraumes von Belang. Die Anreicherung des Wassers mit Sinkstoffen nimmt mit der Seetiefe zu. Beim Aufstau des Sees werden die Feinstteile auch in höhere Horizonte verfrachtet; sie verändern ihre Lage stets bei länger anhaltendem starkem Wellengang. Bis jetzt konnte diese bedeutende Geschiebekomponente in Stauräumen quantitativ nicht genau erfaßt werden. Man schätzt sie zumindest ebenso groß wie das Ausmaß der Schwerstoffe.

Um das Größenmaß des Feststofftriebes zahlenmäßig zu erfassen, wurde seit Nutzung des Tauernmoosspeichers (1927) die Sedimentation speziell durch Schwerstoffe an der Stauwurzel geodätisch vermessen (O. TRÆG 1961). Ein im Gelände vermarkter Raster von 20 m Punktabstand gestattete stets dieselben Punkte nivellistisch zu bestimmen und aus den Höhenunterschieden den Auflandungsbetrag rechnerisch zu ermitteln. Wo Bestandskoten nicht vorhanden waren, konnte die Sedimentationsmächtigkeit mittels Tellerbohrer festgelegt werden.

Das *Ergebnis der Sedimentationsmessungen* im Tauernmoosspeicher beträgt für den Zeitraum 1928 bis 1938 42.480 Kubikmeter Schwerstoffspende, für 1939 bis 1949 47.800 Kubikmeter. Das Meßergebnis des folgenden Jahrzehnts von nur 18.000 Kubikmeter kann nicht berücksichtigt werden, weil der Seespiegel während der Aufnahmezeiten überaus rasch anstieg und deshalb ein Großteil der Auflandung nicht erfaßt werden konnte. Somit ergibt sich als Mittelwert für die 21jährige Beobachtungszeit (1928 bis 1949) eine Schwerstofffracht von zirka 4300 Kubikmeter pro Jahr bzw. 300 Kubikmeter pro Jahr und qkm Geschiebe-einzugsgebiet.

Bei der Annahme einer zutreffenden jährlichen Sinkstoff- und Schwebstoffspende von 11.500 Kubikmeter (Ermittlung durch Schöpfproben in den Jahren 1927/28) und einer gemessenen Schwerstofffracht von 4300 Kubikmeter pro Jahr würde der Nutzraum des Tauernmoosspeichers von 22 Millionen Kubikmeter ohne Gegenwirkung in etwa 1400 Jahren verlandet sein. Diese Überschlagsrechnung läßt erkennen, daß die Sedimentation keine wesentliche Beeinträchtigung der aktuellen Speichernutzung zur Folge hat.

Bei der Auffüllung der Stauräume in der Glockner- und Reißbeckgruppe he- tragen die feinstsuspendierten und gelösten Teile des Feststofftriebes oft über 90 Prozent des gesamten Frachtmaterials. Es gelangt zwar nicht der ganze Schwebanteil zur Beckenfüllung, doch sind es erfahrungsgemäß nur wenige Promille, die weitertransportiert werden. Sie gelangen zum Teil als lästige Neben- erscheinung durch die Turbinen, zum Teil sind sie für die Dichtung des Sperr- mauerbetons von Bedeutung. So füllt sich zum Beispiel der Margaritzenspeicher über Erwarten rasch mit Schweb- und Sinkstoffen, die durch Zerreiben von Ge- stein bei der Bewegung von Schnee und Eis gebildet werden. Man rechnet mit etwa 5000 Kubikmeter Feststofffracht pro Jahr je qkm Einzugsgebiet. Das be- deutet einen durchschnittlichen jährlichen Abtrag von 0,5 mm oder eine Ein-

ebnung um rund 1 m in 2000 Jahren. Dieser Größenwert konnte auch bei Untersuchungen in anderen alpinen Stauräumen mit vergleichbarem Einzugsgebiet annähernd ermittelt werden.

#### Schrifttum

- GRENGG H. 1962. Die neuere Entwicklung des österreichischen Talsperrenbaues. Die Talsperren Österreichs, H. 12, 26-29, Wien.
- KLEBELSBERG R. 1955. Geologie alpiner Stauräume. Österr. Wasserwirtschaft, 7, (8/9), 202-204, Wien.
- LANSER O. 1961. Gliederung und Morphologie der Stau- und Speicherseen. Wasser und Abwasser, 13-34, Wien.
- LINKE H. 1950. Die Speicherseen der Ostalpen. Jb. ÖAV, 75, 130-144.
- MORAWETZ S. O. 1930. Beiträge zur Geomorphologie der Kreuzeck- und Reißeckgruppe. Veröffentl. a. d. Geograph. Inst. d. Univ. Graz, H. 3.
- STINI J. 1955. Die baugelologischen Verhältnisse der österreichischen Talsperren. Die Talsperren Österreichs, H. 5, Wien.
- TRAEGL E. 1961. Probleme der Verlandung des Tauernmoosspeichers. (Unveröff.). Die Talsperren Österreichs. Schriftenreihe hrsg. v. d. Österr. Staubeckenkommission u. d. Österr. Wasserwirtschaftsverband, H. 12: Statistik 1961, Wien 1962.

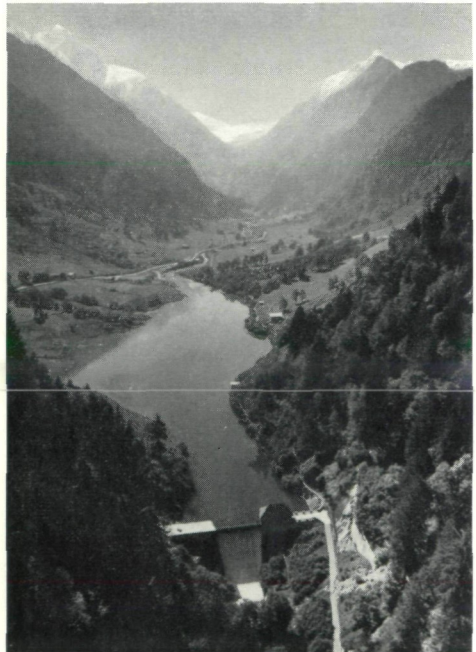
Anschrift des Verfassers: Dr. Herfried BERGER,  
Geographisches Institut der Universität Wien,  
Wien I., Universitätsstraße 7.





*Bild 1:* Der Felsriegel Höhenburg (2108 m), von der Erosionsrinne der Kapruner Ache zerschnitten, trennt die an der Grenze zwischen Oberer und Unterer Schieferhülle angelegten glazialen Becken des Mooserbodens (2036 m, links Moosersperre, rechts Drossensperre) und Wasserfallbodens (1672 m, Limbergssperre). Im Hintergrund Kitzsteinhorn.

Werkfoto der Tauernkraftwerke.



*Bild 2:* Abriegelung an der Verengung des Kapruner Trogtalbodens zur Sigmund Thun-Klamm durch die Sperre Bürg, Klammspeicher (847 m Mh.) mit 210.000 m<sup>3</sup> Nutzinhalt auf Kalkglimmerschiefer als Basisgestein, an den Flanken mächtige Überlagerung durch Moränen und Hangschutt.

Werkfoto  
der Tauernkraftwerke.





*Bild 3:* Margaritzensee (2000 m Mh.) mit Margaritzensperre (links, 93 m Höhe) und Möllsperre (rechts, 37 m) auf Kalkglimmerschiefer. Speichernutzzinhalt 3,2 Millionen m<sup>3</sup> mit Möllüberleitung zum Speicher Mooserboden des Tauernkraftwerkes Glockner-Kaprun. Stauraum und Sperrstellen des Margaritzensees lagen in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts noch unter Eis und sind erst durch den anhaltenden Gletscherrückgang der Pasterze freigeworden. Im Hintergrund der Großglockner. Werkfoto der Tauernkraftwerke.



*Bild 4:* In der durch bedeutende Reliefenergie ausgezeichneten Reifbeckgruppe nutzt ein Winterspeicherwerk mit der z. Zt. größten Rohfallhöhe der Erde (1772,5 m) die in Zentralgneis eingebetteten Karseen: Großer und Kleiner Mühlendorfersee (im Vordergrund), Radlsee, Kessele- und Quarzsee, Hochalmsee (2379 m Mh.). Im Hintergrund die vergletscherte Ankogel-Hochalmgruppe. Werkfoto der Österr. Draukraftwerke.